



Пут и саобраћај

Бр. 5—8 1993. • МАЈ—АВГУСТ • Год XXXIX



Пут и саобраћај

Часопис Друштва за путеве Србије и Црне Горе

5-8

Година XXXIX • Мај – Август 1993.

САДРЖАЈ

Др Имре Пап, дипл. инж. технологије ИСТРАЖИВАЊА УТИЦАЈА ПОЛИМЕРА НА ПОБОЉШАЊЕ РЕОЛОШКИХ СВОЈСТАВА БИТУМЕНА И АСФАЛТА	3
Др Смиљан Вукановић, дипл. инж. саобр. УТИЦАЈ ПАРКИРАНИХ ВОЗИЛА НА КАПАЦИТЕТ ГРАДСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА	10
Драган Башкаловић, дипл. инж. грађ. ИСТОРИЈСКИ ПРЕГЛЕД ПРОУЧАВАЊА ФЕНОМЕНА ЗАМОРА МАТЕРИЈАЛА	14
Дарко Вукосав, дипл. инж. грађ. Проф. др Михаило Малетин, дипл. инж. грађ. ПРОГРАМ ЗА ДЕФИНИСАЊЕ КРИВЕ МИНИМАЛНЕ ПРОХОДНОСТИ ВОЗИЛА	24
Мр Бранислав Мишић, дипл. инж. грађ. УТИЦАЈ ФАКТОРА СРЕДИНЕ НА ЦЕМЕНТНО-БЕТОНСКЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ	30
Мр Стојанка Мишић, дипл. инж. ПРОЈЕКТОВАЊЕ СИСТЕМА ЗА ПОДПОВРШИНСКО ОДВОДЊАВАЊЕ ПУТЕВА	35
Др Милоад Смиљанић, дипл. инж. технологије КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ЕКСТРАХОВАНОГ БИТУМЕНА ИЗ ХАБАЈУЋЕГ СЛОЈА АУТОПУТА БЕОГРАД – НИШ	43
Милорад Игњатовић, дипл. инж. хорт. Љубиша Станојевић, дипл. инж. грађ. ОЗЕЛЕЊАВАЊЕ СЛОБОДНИХ ПОВРШИНА АУТОПУТА	47
Љубиша Станојевић, дипл. грађ. инж. ОПШЕЋЕЊА БЕТОНА НА МОСТОВИМА АУТОПУТА БЕОГРАД – НИШ	51
САВЕТОВАЊА И КОНГРЕСИ Саветовање на тему: Стање, развој и коришћење информационе основе у путевима	53
ИЗ ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ СРБИЈЕ Извештај о раду Друштва за путеве Србије	56
НОВИ ДОКТОРИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА	58
НОВИ МАГИСТРИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА	59
IN MEMORIAM	61
SUMMARY	63

Издавачки савет:

Капларевић Вићентије, Зувдија Аскалић, Антонић Славољуб, Вајда Војислав, Васиљевић Миливоје, Гвозденчевић Миленко, Ђукић Божидар, Ђукић Живорад, Ђурић Никола, Јовановић Која, Кркић Предраг, Лукић Радојко, Петровић Драгослав, Сејдија Исет, Станојевић Љубиша, Форџан Александар, Др Цмиљанић Слободан, Шурбановић Бранко

Уредништво и редакција:

Др Анђус Војо, др Кузовић Љубиша, Луковић Градимир, др Мијушковић Вера, др Миливојевић Милан, Миловановић Владета, др Митровић Петар, др Радојковић Зоран, др Терзић Милорад, мр Узелац Ђорђе, др Цветановић Александар и мр Мишић Стојанка (секретар редакције)

Главни и одговорни уредник:

Проф. др Здравко Јоксић

Технички уредник:

Мирјана Рапајић

Лектор:

Алекса Поповић

Часопис издају:

Друштво за путеве Србије и Друштво за путеве Црне Горе

Претплата за часопис:

Претплату за часопис слати на жиро рачун Друштва за путеве Србије код Народне банке 60816-678-4223, а огласе и остало на Друштво за путеве Србије, поштански фах 452, Кумодрашка 257.

Годишња претплата за 1993. годину:

за радне организације 25.000.000.000 динара; за остале претплатнике 5.000.000.000 динара; за иностранство 50 УСА долара. Претплата се плаћа унапред на жиро рачун Друштва.

Појединачни примерци

за радне организације 4.000.000.000 динара

за појединце у продаји 900.000.000 динара

Цене огласа:

по четвороброју на корицама 8.000.000.000 динара спољашња и 5.000.000.000 унутрашња страна; унутрашње стране у текстуалном делу 1/1 4.000.000.000 динара; 1/2 стране 2.200.000.000 динара; 1/4 стране 1.500.000.000 динара.

За иностранство по четвороброју: 1/1 страна 50 УСА долара; 1/2 стране 30 УСА долара; 1/4 стране 20 УСА долара.

Колективна чланарина одређује се сразмерно величини и значају радне организације – колективног члана и не може бити нижа од 100.000.000 динара. Колективни чланови, уплатом чланарине – доприносе за часопис а добијају одређени број примерака часописа бесплатно.

Решењем Републичког комитета за културу бр. 413-6/83-06 од 11.1.1983. године часопис је ослобођен пореза на промет.

Истраживања утицаја полимера на побољшање реолошких својстава битумена и асфалта

Др Имре Пап, дипл. инж. технологије
Институт за путеве, Београд

Научни рад
УДК: 625.85.068:665.77.035.6:678.7

РЕЗИМЕ

У чланку су приказани резултати истраживања реолошких, адхезивних и кохезивних карактеристика полимер-битумена на бази SBR- и SBS-каучука и њихов утицај на својства асфалта.

Истраживања су показала да SBR и SBS имају различите утицаје на својства битумена, односно асфалта. Тако SBS-полимер даје битумену већу еластичност а асфалту већу отпорност на вискозне и затезне деформације, а SBR- полимер омогућује боља адхезивна и кохезивна својства битумену и већу отпорност на замор, односно дужи век трајања асфалта. Комбинацијом SBR и SBS полимер-битумена у одгосу 60:40 добијен је полимер-битумен који има оптимална својства.

1. УВОД

Овај чланак је синтетски приказ дисертације која је под истим насловом одбрањена на Технолошко-металуршком факултету у Београду 28.12.1992. године.

Истраживања у оквиру дисертације била су усмерена на решавање проблема добијања хомогених и стабилних мешавина полимер-битумена треће генерације, односно на добијање полимер-битумена и одговарајућих асфалтних мешавина унапред одређених реолошких својстава. Избор оптималних метода за реолошка испитивања производа, затим утврђивање корелација између реолошких својстава полимер-битумена и одговарајућих асфалтних мешавина и њиховог понашања у примени, као и дефинисање оптималних својстава полимер-модификованих битумена били су најважнији циљеви дисертације.

У истраживањима су, као битуменска компонента коришћени битумени произведени у рафинеријама у Новом Саду и Панчеву, а као полимерна компонента комерцијални SBR-и и SBS-полимери. Рад се заснива на ставу да је могуће утврдити поуздане корелације између количине SBR- и SBS-полимера у полимер-битумену и реолошких својстава полимер-битумена и да се додавањем мешавина SBR- и SBS-полимера, с обзиром да они сваки за себе дају полимер-битумену својства која

представљају две различите карактеристике, могу добити производи унапред дефинисаних реолошких својстава.

2. ОПШТИ ДЕО

Потреба за побољшањем квалитета путног битумена јавила се током седамдесетих година са порастом интензитета саобраћаја и осовинског оптерећења. Тада су се појавила оштећења на путевима типа колотрага. Колотрази су се ефикасно решавали применом асфалтних мешавина са мањим садржајем и са тврђим типом битумена. Међутим, онда су се појавила друга оштећења: пукотине услед замора, термичке пукотине, дезинтеграција површине, ударне рупе и др. Пројектовање оптималног састава, односно физичко-механичких карактеристика асфалтне мешавине постаје компромис између стабилности и трајности. Већ тада постаје јасно да је постигнуто максимално што се могло са конвенционалним битуменом и да су његове експлоатационе карактеристике недовољне за одређене категорије путева. Потребно је било побољшати својства битумена додатком модификатора-адитива који повећавају отпорност битумена на трајне деформације, на термичке пукотине и пукотине услед замора, као и отпорност на "старење".

У табели 1. приказани су најчешћи адитиви који се користе за модификацију битумена као и њихов утицај на поједине врсте оштећења асфалтног застора.

Као што се види из табеле, од свих модификатора, полимери су се показали као универзални и најефикаснији адитиви за побољшање својстава битумена. Тако су настали полимер модификовани битумени или полимер-битумени.

Према дефиницији полимер-битумени представљају мешавину природног или синтетског полимера и битумена чија су виско-еластична својства модификована додатком око 2-10% полимера.

Међутим ни сви полимери немају исти утицај на битумен што зависи од типа структуре која се формира. Једино су термопластични еластомери посебно три-блок-кополимери стирен-бутадиен-стирена (SBS) и стирен-бутадиен-каучука (SBR) значајни за модификацију битумена.

Табела 1. Врсте адитива за битумен и њихов утицај на општење асфалта [1]

Врсте адитива	Општења асфалта				
	пластичне деформације	термичке пуко-тине	пуко-тине од за-мора	губи-так адхе-зије	ста-рење
1 ПОЛИМЕРИ – пластомери (EVA, PP, PE, PVC) – еластомери (SBR, SBS)	X X	X	X	X	X
2 ОПТАДНА ГУМА – аутомобилска гума (грануле, пунило)		X	X		
3 ФИЛЕРИ – графит – кречњак	X			X	X X
4 ВЛАКНА – полипропиленска влакна – целулоза, азбест			X		
5 ЕКСТЕНДЕРИ – сумпор	X				
6 КАТАЛИЗАТОРИ – једињења мангана	X				
7 АНТИОКСИДАНСИ – хидратисани креч					X
8 УЉА, БИТУМЕНИ, СМОЛЕ – природни асфалти – Гилсонит, тринидал	X				
9 ДОПОВИ – гашени креч, цемент – масне киселине, амини				X	

X – позитиван утицај

Постоје више класификација полимер-битумена али је најзначајнија она коју је дао ЗЕНКЕ 1976. године [2] и који је дефинисао три генерације полимер-битумена:

1. ПОЛИМЕР-БИТУМЕНЕ I ГЕНЕРАЦИЈЕ који представљају мешавину природног или синтетског каучука и битумена. Њихова примена је отежана због добијања нехомогених мешавина услед разлике у молским масама полимера (> 100.000) и битумена ($600 - 10.000$).

2. ПОЛИМЕР-БИТУМЕНЕ II ГЕНЕРАЦИЈЕ који представљају мешавине полимера и битумена чија су својства претходно прилагођена у циљу компатибилности и добијања стабилних мешавина.

3. ПОЛИМЕР-БИТУМЕНЕ III ГЕНЕРАЦИЈЕ који представљају вишеккомпонентални систем састављен од два или више различитих полимера чија

својства омогућавају подизање унапред дефинисаних-програмираних карактеристика полимер-битумена.

Према досадашњим сазнањима полимер-битумен III генерације још није остварен. Истраживања приказана у овом раду била су усмерена ка добијању полимер-битумена III генерације.

Да би полимер био ефикасан за модификацију са битуменом морају бити испуњени следећи захтеви [3]:

- да је лако доступан и да га има у довољној количини;
- да је његова примена економски оправдана;
- да је термостабилан;
- да је компатибилан са битуменом;
- да повећава отпорност битумена на течње на повишеним температурама;
- да побољшава флексибилност битумена на ниским температурама;
- да са битуменом формира хомогене и стабилне полимер-битуменске мешавине чија се својства неће мењати у току лагеревања, производње и експлоатације асфалта;
- да са битуменом формира физичке и хемијске стабилне мешавине чија се својства неће мењати током интеракције са каменним материјалом и
- да не повећава еквивискозне температуре у мери која ће онемогућити примену конвенционалне опреме за умешавање и збијање асфалтне мешавине.

Од свих наведених услова, за примену неког полимера као адитива за битумен, најважнији услов је компатибилност полимерне и битуменске компоненте јер од тога зависе трајност и стабилност структуре полимер-битумена и сви они позитивни ефекти које омогућује додатак полимера.

3. ДОБИЈАЊЕ СТАБИЛНИХ МЕШАВИНА ПОЛИМЕР-БИТУМЕНА

Полимер-битумен се може најједноставније добити умешавањем полимера у врели битумен. Међутим, да ли ће се при том добити стабилна мешавина или не зависи од степена компатибилности битуменске и полимерне компоненте, односно од њиховог хемијског састава и равнотеже хемијских конституената. У нас је тај проблем више изражен јер хемијски састав домаћих путних битумена није најповољнији за модификацију са полимерима. У нашим рафинеријама путни битумени се производе комбинованим поступцима вакуум-дестилација и "дувања" и намешавањем мекших са тврђим врстама битумена. Поступком "дувања" настају битумени неповољне колоидне структуре са повећаним садржајем асфалтена и то највећим делом "тешких" асфалтена и недовољном ароматичношћу малтенске фракције. Такве структуре су нестабилне још и пре умешавања са полимерима.

Да би се добиле хомогене и стабилне мешавине SBR- и SBS-полимера са домаћим битуменима било је потребно модификовати хемијски састав полимерне и битуменске компоненте применом вишенамениских адитива. Ради тога употребљени су растварачи на бази вишних масних киселина (ФА

МЕРИМА-Крушевац) за бубрење SBR-полимера (YUKA1500 ФСК – Елемир) и пиролизничког уља (PU-ХИП ПЕТРОХЕМИЈА – Панчево) за растварање SBS-полимера (CARIFLEX TR – 1101 SHELL). Бубрењем полимера са одговарајућим растварачем у лабораторијској гњетилици типа LABOR – KNETER DUPLEX (50 о/мин), на температури од 80°C у времену од 1–4 часа, добијени су вишенамениски адитиви за битумен:

а) MEREZ (FA / SBR = 45 / 55),

б) PYRES (PU / SBS = 50 / 50) и

в) МЕРУ (MEREZ + PYRES = 50 / 50).

4. Адитиви (6,0%) су затим умешани са битуменом БИТ 60 произведеним из нафтеске нафте СЕВ (Рафинерија ПАНЧЕВО) и алифатско-нафтеске нафте ВЕЛЕБИТ + КЕЛЕБИЈА (Рафинерија НОВИ САД), у класичној лабораторијској мешалици (300 о/мин), у атмосфери азота, на температури од 180°C и у времену од 3 – 4 часа. Хомогеност мешавина је контролисана микроскопом при увећању од 60 пута. Мешавине битумена са MEREZ и PYRES дају хомогену структуру која под микроскопом подсећа на "гриз"-структуру.

С обзиром да је полимер-битумен на бази МЕРУ имао карактеристике и SBS- и SBR-полимера, припремљене су мешавине са различитим односом полимерних компоненти да би се установила корелација између реолошких својстава полимер-битумена и концентрације SBS- и SBR-полимера. То је омогућило добијање мешавина унапред дефинисаних карактеристика, односно производњу полимер-битумена III генерације.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА УТИЦАЈА SBR- И SBS- ПОЛИМЕРА НА СВОЈСТВА БИТУМЕНА

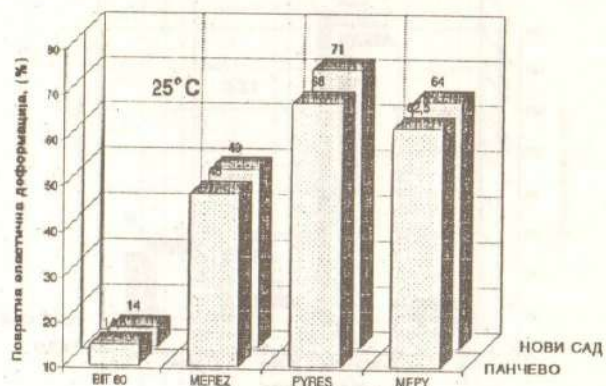
Постоји низ метода за испитивање својстава полимер-битумена од оних стандардних, који се користе за оцену квалитета путних битумена (ЈУС У.МЗ.010), па до посебних помоћу којих се испитују најважније карактеристике полимер-битумена као што су: еластичност, кохезија, адхезија, хомогеност, термостабилност и трајност.

4.1. Еластична својства полимер-битумена

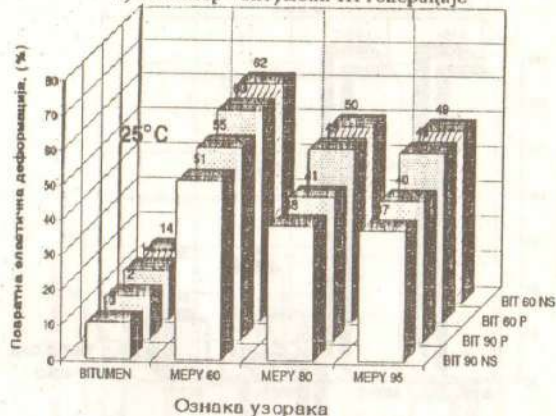
Еластичне карактеристике полимер-битумена одређене су помоћу модификованог теста дуктилитета на 25°C (4) и приказане у облику хистограма на слици 1 (а и б).

Као што се види са блок дијаграма, док немодификовани битумени поседују занемарљиво мали ефекат еластичности, дотле сви полимер-битумени поседују вишеструку еластичност. Већу еластичност показују SBS полимер-битумени у односу на SBR полимер-битумене. Са порастом учешћа SBR-, у односу на SBS-полимер, у полимер-битумену МЕРУ смањује се величина повратне еластичне деформације.

а) Полимер - битумени II генерације



б) Полимер - битумени III генерације



Слика 1 (а и б) – Повратна еластична деформација полимер-битумена на 25°C

4.2 Адхезивна и кохезивна својства полимер-битумена

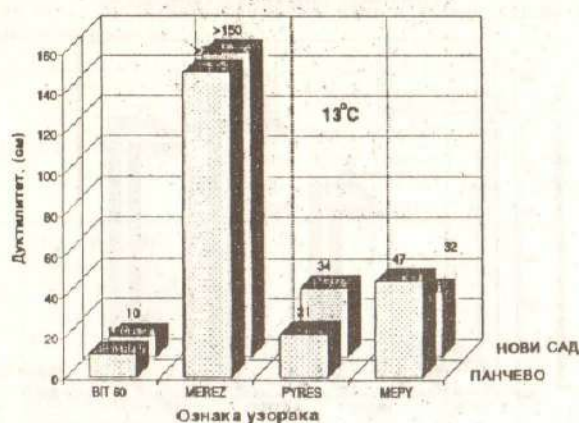
Адхезивна чврстоћа полимер-битумена представља меру физичко-хемијске интеракције са каменним материјалом, а кохезивна меру структурне интеракције између полимера и битумена и од поменутих карактеристика везива у великој мери зависе својства асфалтних мешавина као што су трајност и стабилност. С друге стране адхезивна и кохезивна својства зависе од компатибилности компонената и постигнуте хомогености полимер-битуменске мешавине.

Најједноставнији начин за одређивање адхезивних и кохезивних карактеристика полимер-битумена је мерење деформације у току истегања узорка, при дефинисаним условима температуре и брзине, помоћу методе за одређивање дуктилитета. По тој методи одређени су дуктилитети полимер-битумена на температурама 13° и 25°C при брзини развлачења од 50 мм/мин. (слика 2).

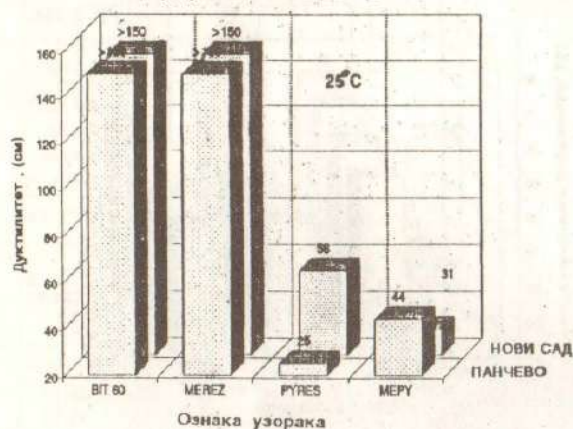
SBR- у односу на SBS-полимер повећава дуктилитет битумена што се јасно види код полимер-битумена на бази адитива MEREZ у односу на PYRES (полимер-битумени II генерације).

Оцена квалитета полимер-битумена обављена је према критеријумима који су предложили NEUMANN [5] и ZENKE [6] (табела 2).

а) Дуктилитети на 13 °C



б) Дуктилитети на 25 °C



Слика 2 – Дуктилитети полимер-битумена II генерације на 13°C и 25°C

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА УТИЦАЈА SBR- И SBS-ПОЛИМЕР-БИТУМЕНА НА СВОЈСТВА АСФАЛТА

Утицај SBR- И SBS-полимер битумена истражен је на асфалтним мешавинама тима асфалтног-бетона АБ 11s. Оптимални састав асфалтних мешавина пројектован је према критеријумима ЈУС У.Е4.014/90 за ауто-путеве и путеве са врло тешким саобраћајним оптерећењем и одређен је Маршаловом методом.

5.1 Модул укочености асфалтних мешавина

Помоћу модула укочености S_m (Stiffness Modulus) могу се одредити две најважније карактеристике асфалта које дефинишу век трајања асфалтне конструкције и отпорност на пукотине услед замора.

Асфалтне мешавине отпорне на стварање пукотина услед замора треба да имају мање вредности модула укочености у односу на вредности модула еластичности на ниским температурама ($< 0^\circ\text{C}$) и при краткотрајним оптерећењима ($< 0.1\text{ s}$), односно: $\text{ОТПОРНОСТ НА ЗАМОР} = f(1/S_m)$.

На температурама од 30°C – 60°C и при трајању оптерећења $> 10\text{ s}$ асфалтне мешавине треба да имају веће вредности модула укочености у односу на

Табела 2. Критеријуми квалитета за полимер-битумене по NUMANN-у [5] и ZENKE-у [6]

Врсте испитивања	Критеријуми квалитета
Пенетрација на 25°C (1/10 mm)	60 – 80
Тачка размекшања по ПК ($^\circ\text{C}$)	51 – 61
Индекс пенетрације	+0.3 до +1.7
Тачка лома по Frass-у	($^\circ\text{C}$)
Дукталитет на 13°C (sm)	мин. 50
Повратна еластична деформација на 13°C (%)	мин. 50
Тест стабилности на $163^\circ\text{C}/14$ дана – разлика ПК ($^\circ\text{C}$)	макс. 3
– разлика пенетрације (1/10 mm)	макс. 3

вискозни модул да би биле отпорне на пластичне деформације, односно:

$$\text{ПЛАСТИЧНА ДЕФОРМАЦИЈА} = f(1/S_m).$$

Наведене захтеве за модул укочености највише испуњава асфалтна мешавина са полимер-битуменом на бази SBS-каучука (БИТ 90 ПАНЧЕВО + 4% sbs TR-1101) а затим мешавине битумена БИТ 60 са адитивима MEREZ, PYRES, односно MEPU јер је нагиб функције $S_m = f(S_b)$ код њих најмањи (слика 3).

5.2 Отпорност асфалта на вискозне деформације – опит пузања

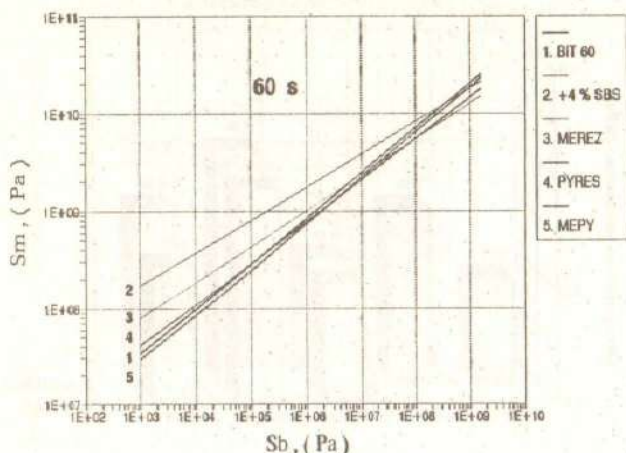
Отпорност асфалта на вискозне деформације најједноставније је одредити помоћу опита статичког течења при једноаксијалном притиску уз слободно бочно ширење – опит пузања [7], јер постоји добра корелација између дубине колотрага и резултата опита пузања [8]. По овом поступку узорак се непрекидно оптерећује притиском од 0,1 МПа при чему се региструје аксијална деформација у одређеним временским интервалима. Резултати се приказују, за недеформиране мешавине, у облику линеарне функције у дијаграму са двоструком логаритамском скалом.

На слици 4 приказане су деформације асфалта са различитим полимер-битуменима у функцији трајања оптерећења као и блок дијаграми деформације асфалтних узорака после 600 мин. трајања вертикалног оптерећења, односно одговарајући модули укочености на 40°C .

Као што се види са слике највећу отпорност на вискозне деформације показале су асфалтне мешавине са полимер-битуменом на бази SBS-каучука (PYRES).

5.3 Отпорност асфалта на деформације при затезању – бразилски тест

Одређивање затезних карактеристика асфалта представља важан параметар за оцену кохезивних својстава, односно отпорности асфалта према појавама прелина.



Слика 3 – Зависност модула асфалтне мешавине (S_m) од модула битумена (S_b)

Отпорност асфалта на деформације при затезању може се одредити поступком индиректног затезања методом дијаметралног притиска – бразилски тест [9]. Помоћу бразилског теста може се стећи увид у отпорност асфалта на деформације при затезању у носећим слојевима коловозне конструкције које се јављају услед вертикалног оптерећења на коловозном застору.

Бразилски тест је изведен на температури од 22°C и при брзини оптерећења од 51 мм/мин. На основу одговарајућих формула добијени су подаци за затезну чврстоћу, модул еластичности и укупну затезну деформацију асфалтног узорка при лому. Вредности наведених затезних параметара приказани су у табели 3 и у облику блок дијаграма на слици 5.

Из табеле 3 и дијаграма на слици 5 се види да већу отпорност на затезање, већи модул еластичности и мању деформацију при затезању, односно боља кохезивна својства имају асфалтне мешавине са полимер-битуменом на бази SBS-полимера (PYRES) у односу на мешавине са SBR-полимером (MEREZ).

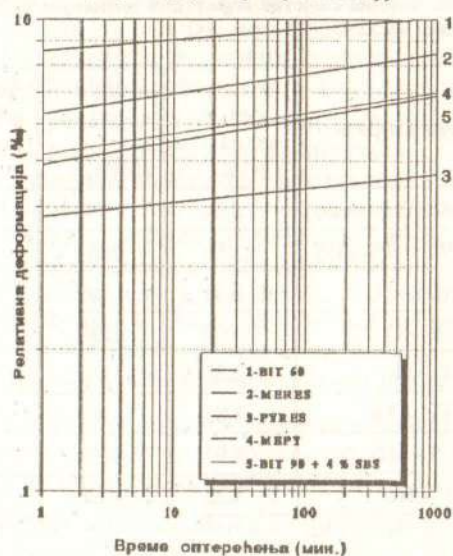
5.4 Отпорност асфалта на замор

Замор материјала представља феномен настанка прелина под деловањем поновљеног напона који има предност већу од затезне чврстоће материјала. У условима фреквентног саобраћајног оптерећења асфалтни слојеви флексибилне коловозне конструкције су изложени деловању релативне деформације при затезању чија величина варира од 30 до 200×10^{-6} када се јављају прелине у асфалту [10].

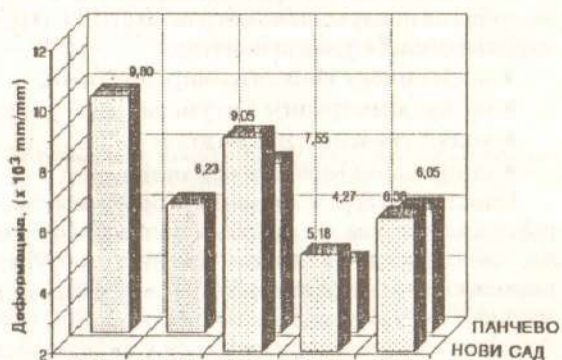
Отпорност асфалта на замор зависи од састава мешавине и карактеристика везива. Асфалтне мешавине са мање шупљина, односно мешавине које имају већи садржај пунила и битумена имају већу отпорност на замор. Исти утицај има и квалитет битумена; битумени са већим индексом пенетрације имају више изражен еластичан карактер што позитивно утиче на замор асфалта.

Отпорност на замор представља фундаменталан опит за карактеризацију понашања асфалта у условима који се јављају у саобраћају. Опит на замор се

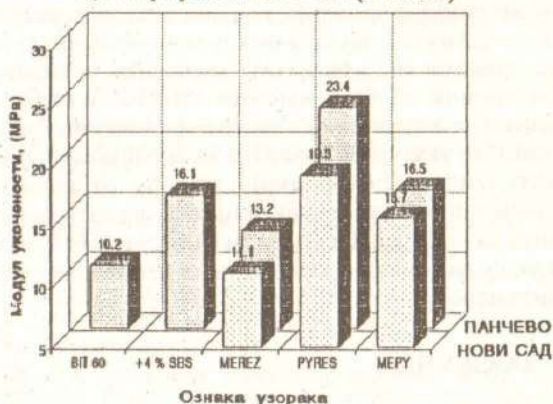
а) Деформација асфалта у функцији трајања оптерећења (Рафинерија нафте у Панчеву)



б) Деформација - D600



в) Модул укочености - S_m (0.1D600)



Слика 4 – Деформација асфалта са полимер-битуменом у функцији трајања оптерећења

изводи под деловањем динамичког оптерећења, који у узорку изазивају одређен константан напон или деформацију, при чему се региструје број циклуса који доводе до појаве прелина у узорку. Резултати се наносе на логаритамски дијаграм у облику зависности напона или деформације од ци-

Табела 3. Затезна својства асфалтних мешавина са полимер-битуменом на 22°C

Ознака узорка	Отпорност на затезање (MPa)	Модул еластичности (MPa)	Деформација при затезању (mm)
БИТ 60 (Панчево)	2.91	908	0.38
БИТ 90 + 4% SBS	3.55	1054	0.22
MEREZ – П	3.11	985	0.24
PYRES – П	4.09	1267	0.08
MEPY – П	3.58	1112	0.15
MEREZ – HC	3.05	962	0.27
PYRES – HC	3.91	1193	0.10
MEPY – HC	3.22	1090	0.20

класа примењеног оптерећења који изазивају оштећење узорка, тзв. дијаграм замора.

За предвиђање отпорности асфалта на замор може добро да послужи и помограм по SHELL [11], који користи следеће улазне податке:

- запреминску концентрацију битумена,
- индекс пенетрације битумена,
- модул укочености асфалта и
- иницијални ниво деформације.

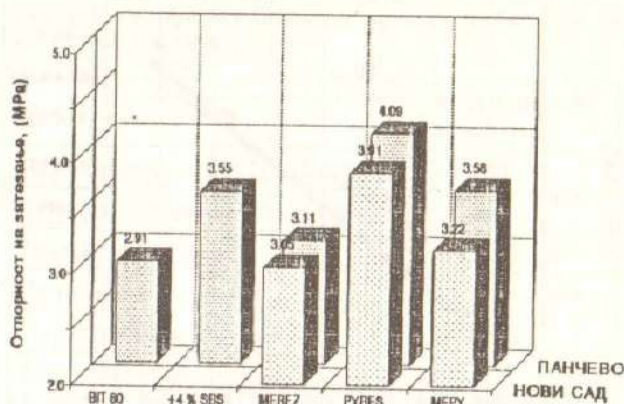
Помоћу помограма одређен је број циклуса оптерећења асфалта са различитим полимер-битуменима, који доводе до појаве прелина, у функцији примењене иницијалне затезне деформације и за вредност модула укочености асфалта на 0°C / 0.018 s. Добијене вредности приказане су у дијаграму замора и у облику хистограма на слици 6.

Са слике 6 се види да при истом нивоу иницијалне затезне деформације, код опита замора, потребно је око 2.5 пута већи број циклуса оптерећења до појаве прелина код асфалтних мешавина са полимер-битуменом на бази адитива MEREZ у односу на асфалтне мешавине са немодификованим битуменом. Ово указује да асфалтне мешавине са полимер-битуменом MEREZ имају највећу отпорност на замор, односно дужи век трајања у односу на мешавине са полимер-битуменом PYRES и MEPU као и у односу на асфалтне мешавине са немодификованим битуменом.

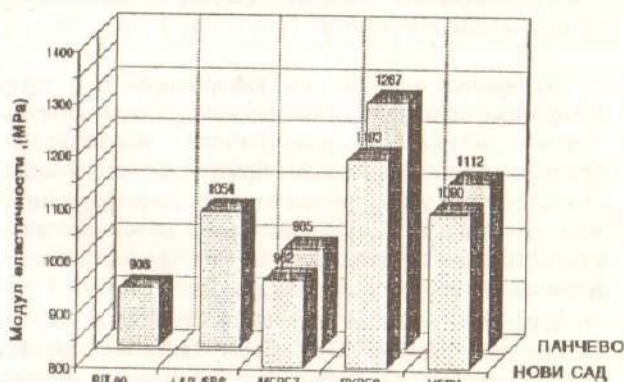
6. ЗАКЉУЧЦИ

1. SBR- и SBS-полимери имају различит утицај на карактеристике битумена. Тако, SBR (MEREZ) побољшава адхезивна и кохезивна својства битумена (прионљивост и дуктилитет), повећава интервал пластичности битумена (веће снижење тачка лома по Fraas него повећање тачке размекшања по ПК), повећава отпорност на старење, побољшава термостабилност и смањује осетљивост реолошких карактеристика битумена на промену температуре и трајања оптерећења, али истовремено у мањој мери утиче на еластична својства битумена.

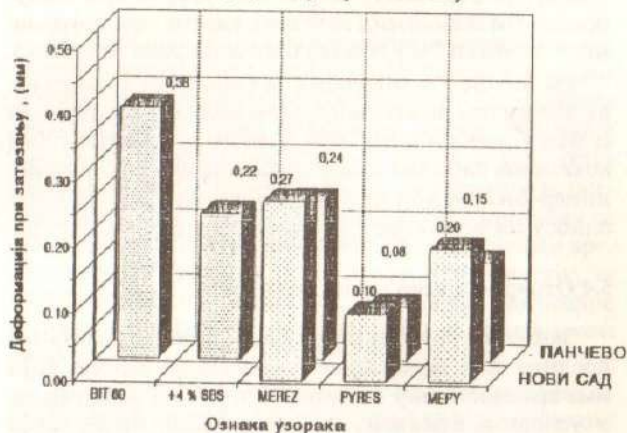
а) Отпорност на затезање



б) Модул еластичности

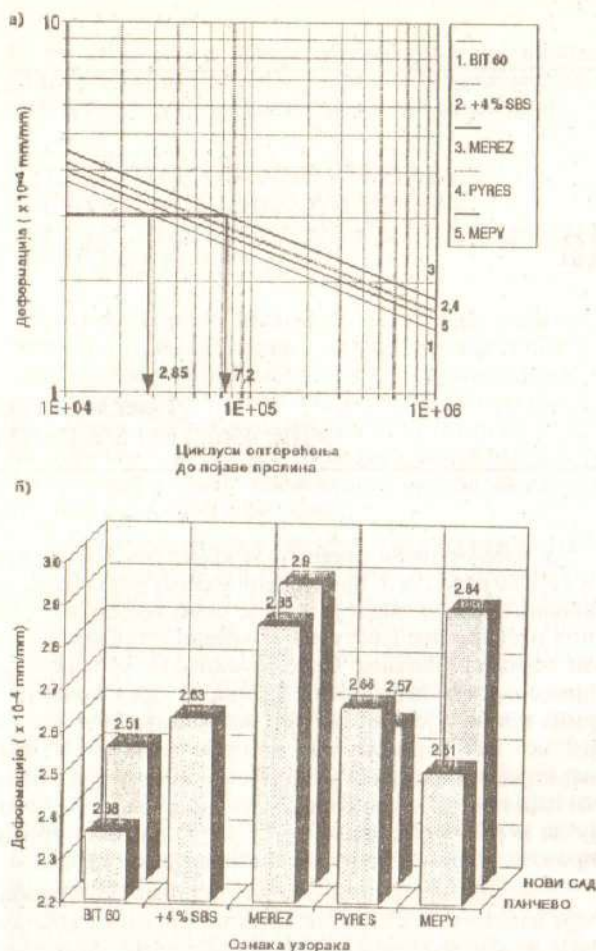


ц) Деформација при затезању



Слика 5 – Затезна својства асфалтних мешавина са полимер-битуменом на 22°C

SBS-каучук (PYRES), такође повећава интервал пластичности битумена, али за разлику од SBR, већим повећањем тачке размекшања по ПК него снижењем тачке лома по Fraas. У односу на SBR-, SBS-каучук значајно повећава еластична својства битумена (близу 5 пута) али зато не утиче, у тој мери, на карактеристике као што су: кохезивна чврстоћа, индекс старења, термостабилност и температура осетљивост. Показало се, међутим, да је једна од најважнијих карактеристика SBS полимер-битумена управо његова еластичност која и



Слика 6 – Отпорност асфалта са полимер-битуменом на замор на 0° C/0.018 s (1E + 05 циклуса)

највише утиче на отпорност асфалта на трајне деформације. Комбинацијом SBR- и SBS-полимера (MEPU 60) добијен је полимер-битумен који има оптимална својства.

2. Испитивањем асфалтних мешавина са полимер-битуменима I и II генерације показало се како одређене карактеристике SBR-, односно SBS-полимер-битумена, утичу на својства асфалта као што су: отпорност на трајне деформације и отпорност на замор. SBS-полимер-битумени, у односу на немодификоване битумене, поседују еластична својства која утичу на повећање модула еластичности и затезне чврстоће асфалта при деловању индиректног затезног напона (бразилски тест). Резултат је повећана отпорност асфалта на појаву деформација при затезању при деловању вертикалног саобраћајног оптерећења што је нарочито изражено у посећим слојевима коловозне конструкције. Еластична својства SBS-полимер-битумена, такође, утичу и на величину вискозне деформације у опиту пузања.

Резултат је повећана отпорност на трајне деформације асфалта у условима нискофреквентног саобраћајног оптерећења и летњих температура када се јављају оштећења асфалта типа колотрага.

SBR-, у односу на SBS-полимер-битумене као и у односу на немодификоване битумене, побољшавају адхезивна и кохезивна својства асфалта и тиме спречавају оштећења асфалтног застора као што су: осипање и дезинтеграција површине, губитак зрна и настапак "ударних рупа" и др. SBR-полимер-битумени, такође делују и на повећање иницијалне затезне деформације која доводи до појаве прелина у асфалту под дејством фреквентног саобраћајног оптерећења на ниским температурама (опит замора).

Резултат је повећана отпорност на замор и дужи век трајања асфалтног коловоза, чак и до 2.5 пута, у односу на асфалт са немодификованим битуменом.

Резултати истраживања су показали да се применом само SBR- или само SBS-полимер-битумена постижу одређена побољшања само неких карактеристика асфалта. Да би се постигла оптимална својства асфалта показало се да је најбоље употребити комбинацију SBR- и SBS-полимер-битумена у односу 60:40% (полимер-битумен III генерације).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S.F. Brown, R.D. Rowlett, J.L. Boucher, Asphalt modification, the US SHRP Conference "Sharing the benefits", The Institution of Civil Engineers, London (1990), 147-169.
- [2] G. Zenke, Zur Verarbeitung polymermodifizierter Bitumen in Asphaltmischwerken, Das Stationäre Mischwerk 10 (1976) 6,3-12.
- [3] J.H. Denning, J. Carswell, Improvements in rolled asphalt surfacings by the addition of organic polymers, TRRL, Report LR 989 (1981).
- [4] G. Lefebvre, Prescriptions contractuels Belges relatives aux enrobés drainants, 4rd EUROBITUME Symposium, Madrid (1989), 767-770.
- [5] H.J. Neumann, Bitumen und Seine Anwendung Export Verlag-Grafenau, 1981.
- [6] G. Zenke, Zur Langzeit - Veränderung von bindemitteln in Asphalt-Tragschichten, BITUMEN 39 (1976), 6.
- [7] P.J. Van De Loo, Creep Testing, A Simple Tool to Judge Asphalt Mix Stability, proc. Assoc. Asphalt Paving Technologists 43 (1974), 253.
- [8] J.F. Hills, D. Brien, P.J. Van De Loo, The Correlation of Rutting and Creep Tests on Asphalt Mixes, Journal of the Institute of Petroleum, Paper IP 74-001 (1974).
- [9] J. N. Anagnos, T.W. Kennedy, Practical Method of Conducting the Indirect Tensile Test, Research Report 98-10 (1972), Texas at Austin - Centar for Highway Research the University of Texas at Austin.
- [10] P.S. Pell, Bituminous pavements: materials, design and evaluation, Residential course at the University of Nottingham, Section J, Bituminous materials - fatigue cracking (1988), 1-10.
- [11] F. Bonnaure, A. Gravois, J. Udron, A new methode for predicting the fatigue life of bituminous mixes. Proc. Assoc. Asphalt Paving Technologists, 49 (1980), 499-529.

Утицај паркираних возила на капацитет градских саобраћајница

Др Смиљан Вукановић, дипл. инж. саобр.
Саобраћајни факултет, Београд

Прегледни рад
УДК: 656.11.021:656.13.053.6

РЕЗИМЕ

У раду се разматра утицај паркирања на капацитет градских саобраћајница. У првом делу дата су теоретска разматрања проблема. У другом делу изложени су резултати сопствених истраживања утицаја паркирања на капацитет градских саобраћајница. Показано је да је интезитет утицаја сличан ономе који је дат кроз корекционе факторе у ХЦМ из 1985. године.

УВОД

Назив теме је, вероватно ће многи помислити, често експлоатисан на многим скуповима, саветовањима и у објављеним радовима. Ова констатација је само делимично тачна јер већина радова на ову тему обрађује првенствено проблем паркирања на класичан начин. У овом раду покушано је да се укаже на одређене нелогичности и недоследности у примени постојећих модела за прорачун утицаја паркирања на капацитет као и на неке од могућности прорачуна капацитета које би на квалитетнији начин обухватиле утицај паркирања.

1. ПОСТОЈЕЋИ ПОСТУПЦИ ПРОРАЧУНА УТИЦАЈА ПАРКИРАЊА НА КАПАЦИТЕТ ГРАДСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА

Постојећи поступци утврђивања утицаја паркирања на капацитет углавном су везани за сигнализационе раскрснице. У приручнику НСМ из 1965. године [1] (о новом издању из 1985. [5] биће касније речи) који је коришћен и користи се још увек, утицај паркирања дат је у поглављу VI које обрађује капацитет сигнализаних раскрсница. У обзир је узето само ивично паркирање и његов утицај на капацитет али само у зони сигнализационе раскрснице. Тако је за једносмерну улицу ширине 7,5 м без ивичног паркирања базни капацитет (воз/х. зеленог) при нивоу услуге Е износио 2400 воз/х. зел., за исту улицу са једносмерним паркирањем 1600 воз/х. зел. и код обостраног паркирања, такође при нивоу услуге Е, 1200 воз/х.зел. Код двосмерне улице ширине прилаза 6,0 м базни капацитет, без паркираних возила на прилазу, износи 1800 воз/х.зел. а у случају паркираних возила 1150 воз/х.зел.

У прорачунима капацитета који су се користили и који се користе В. Британији, утицај паркирања на капацитет обухваћен је такође само код сигнализаних раскрсница. Поступак је поједностављен и своди се на утврђивање базне предности капацитета преко ефективне ширине прилаза. Ефективна ширина прилаза је ширина прилаза умањена за део који се не користи за пролаз возила. Утицај паркираних возила се утврђује на основу удаљености паркираних возила од зауставне линије. У случају да је растојање мање од 7,5 м утицај на ширину пролаза (као губитак ефективне ширине) је 1,65 м.

У новим Аустралијским упутствима [3] за прорачун капацитета сигнализаних раскрсница, која већим делом представљају модификацију упутстава В. Британије, утицај паркирања на прилазу раскрснице није ни узет у обзир. Слична је ситуација и у Шведским упутствима за прорачун капацитета [4]. У овим упутствима базни капацитет се утврђује на основу типа траке и њене ширине али без узимања у обзир утицаја паркирања.

Основне карактеристике наведених, и још доминантних у примени, поступака прорачуна утицаја паркирања на капацитет су:

- утицај ивичног паркирања посматра се само у зони сигнализационе раскрснице
- утицај паркирања на капацитет деоница-саобраћајница није наведеним поступцима обухваћен.

У већини земаља у свету законском регулативом решено је питање паркирања у зони раскрсница, посебно саобраћајница високог ранга. Следи да наведене и многе друге методе базиране на истим принципима нису од велике користи и не пружају могућност утврђивања стварног утицаја паркираних возила на капацитет саобраћајница.

Са друге стране у великом броју студија, анализа и пројеката не само код нас, читаоц ће се сустрести са констатацијом да паркирана возила утичу на капацитет и на ниво услуге али без јасне квантификације. Контра аргумент овим ставовима је да се капацитет саобраћајнице израчунава у зависности од ширине исте односно од њене ефективне ширине. Овај став је исправан за ванградске саобраћајнице где владају услови непаркираног тока. На градским саобраћајницама владају услови прекинутог и ометаног тока те се ови аргументи не могу у потпуности применити. Одређене аналогije могу-

ће су само са градским саобраћајницама високог ранга на којима постоји систем линијске координације и где је утицај јавног превоза минималан.

2. ПОСТУПАК ОБРАДЕ УТИЦАЈА ПАРКИРАЊА НА КАПАЦИТЕТ ГРАДСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА У НОВОМ ХЦМ ИЗ 1985. ГОД.

Highway Capacity Manual (HCM) из 1985. године [5] посветио је више пажње питању капацитета градских саобраћајница него што је то био случај са издањем из 1965. године. Од укупно 14 поглавља, 6 је посвећено проблемима капацитета и нивоа услуге на градским улицама. У овом раду анализиран је само третман утицаја паркираних возила на капацитет градских саобраћајница.

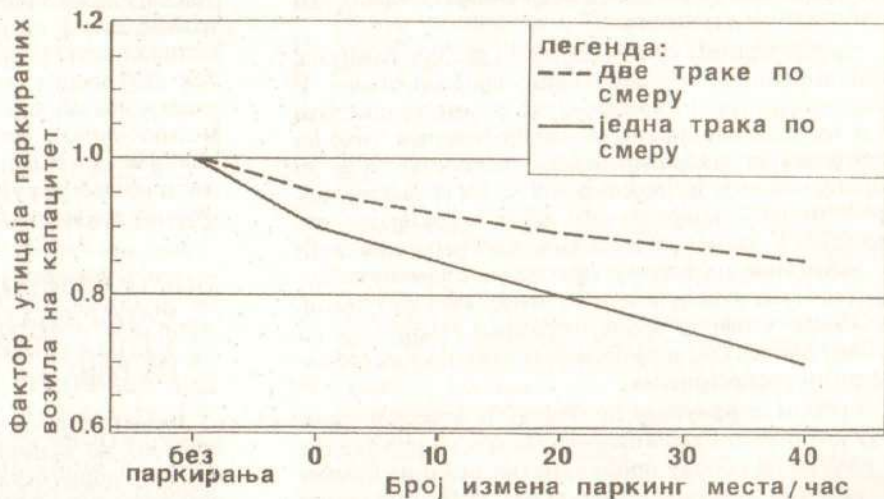
Код сигнализисаних раскрсница задржан је принцип утврђивања реалне вредности засићеног тока као производа базне вредности за ефективну ширину (која зависи од ширине и типа саобраћајне траке) и корективних фактора: утицај геометрије, саобраћајних услова и управљачких параметара.

Фактор корекције, смањења капацитета, услед паркираних возила посматра се у односу на ефективни број трака на прилазу и просечног броја паркинг маневара у току сата. Вредности корективних фактора за различите услове приказане су на слици 1. Може се уочити да су корективни фактори веома изражени и да је утицај броја маневара (број измена паркинг места по сату) веома значајан. Код високог броја маневара смањење капацитета иде и до 30% у односу на иницијалне вредности капацитета. Упореди са осталим корективним факторима (утикај теретних возила, аутобуса и слично) показује да је утицај броја маневара, поред утицаја возила у скретању, доминантан корективни фактор. Чињеница је да је ово прво упутство за капацитет које је обухватило на овај начин утицај паркирања и дало му изузетну тежину. Констатације када су у питању европски услови остају и даље а то су да је паркирање у зонама раскрсница законски регулисано односно није дозвољено. Код саобраћајница нижег ранга ово је дозвољено али се код њих питање капацитета и не поставља. Вероватно су услови у аме-

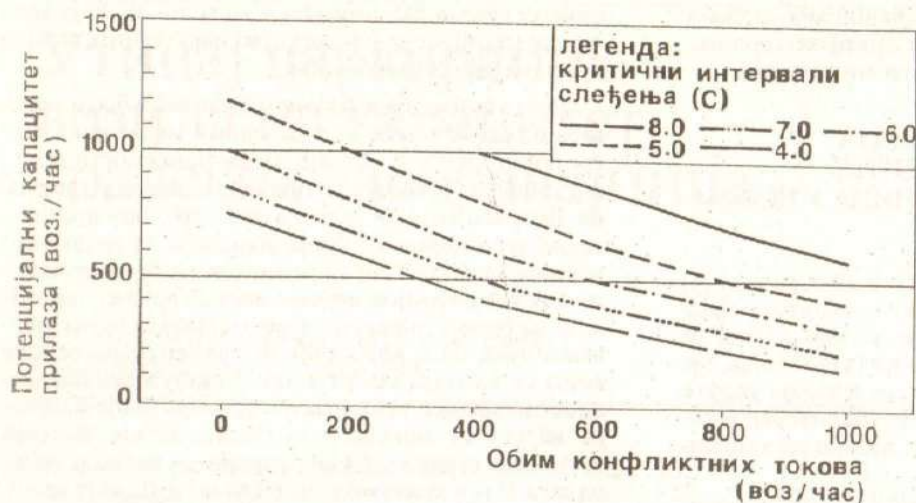
ричким градовима, имајући у виду топографију мреже, другачији те је и присуство паркираних возила у зонама раскрсница чешће.

Друга примедба је начин утврђивања броја маневара на сат. Имајући у виду опште карактеристике кретања (дневне и часовне неравномерности и сл.) сигурно је да је ова величина променљива у току дана. Давањем високог значаја овом фактору претпоставља и утврђивање броја маневара за различите периоде дана на бази мерења или на бази процене. Ако су већ потребна мерења онда је прихватљивије да се на терену директно мере реалне вредности засићеног тока него појединачни елементи на основу којих се, касније, аналитички, утврђује реална вредност засићеног тока. Реалне процене броја маневара на сат су могуће у ситуацијама где постоји временско ограничење паркирања на периоде мање од сата. У том контексту овај прилаз има своју тежину јер омогућава утврђивање утицаја паркинг политике на капацитет односно афирмише флексибилну паркинг политику (променљива тарифа и временска ограничења у функцији доба дана). Вредности корективних фактора у том смислу морале би да се провере у локалним условима и да се питање паркирања у зонама раскрсница посматра у функцији потребног нивоа услуге, а не решава само ригидном законском регулативом. То значи да овај поступак пружа аргументацију за увођење далеко флексибилније политике паркирања од постојеће када је у питању ивично паркирање.

За несигналисана раскрсница у овом приручнику дат је потпуно нов поступак утврђивања капацитета на бази критичног интервала слеђења и обима конфликтних токова. Експлицитно се утицај паркирања не узима у обзир, што на први поглед зачуђује јер је на овом типу раскрсница ивично паркирање често присутно. Увођењем критичног интервала слеђења КИС. Аутори су имплицитно укључили и утицај паркираних возила у зони раскрснице на капацитет. О КИС је доста речено у литератури и са теоријског и практичног аспекта. Оно што је значајно за овај рад је да, поред осталог, критични интервал слеђења зависи и од зоне прегледности раскрснице. Присуство паркираних возила на коловозу у зони раскрснице смањује зону прегледности и по-



Сл. 1. Утицај броја измена паркинг места на капацитет



Сл. 2. Потенцијални капацитет прилаза нижег ранга

већава критични интервал слеђења. Примера ради (слика 2) за обим конфликтних токова од 800 воз/час потенцијални капацитет прилаза нижег ранга креће се од 700 воз/час при КИС од 4 (s) до 200 воз/час при критичном интервалу слеђења од 8,5 (s) под условом да су остали базни елементи остали непромењени (број трака, брзина прилаза и сл.). Утврђивање КИС могуће је извести кроз мерења на типским раскрсницама. Такође, не мала је улога пројектанта режима саобраћаја који утврђује зону прегледности и на основу ње утврђује реалне вредности КИС. Потребно је напоменути да зона прегледности зависи од визуелних препрека које могу бити проузроковане не само паркираним возилима (разно монтажни објекти, ограде и сл.). Поступак даје изузетно пуно елемената и пројектантима решења а и онима који су одавно заборавили значај зоне прегледности. Није претенциозно ако се каже да поступак реafirмише значај зона прегледности на градским саобраћајницама.

Вероватно најзначајнији део у новом НСМ [5] је третман градских и приградских саобраћајница највишег ранга. Далеко више пажње посвећено је овим саобраћајницама у односу на ранији приручник као и у односу на остале приручнике ове врсте који се у свету користе. Ниво услуге се утврђује на основу разлике између времена путовања на саобраћајници при идеалним условима (и без утицаја саобраћаја) и при реалним условима.

Саобраћајнице су подељене по два критеријума: функционални и саобраћајно-пројектантски. У оквиру друге групе критеријума један од елемената је и третман паркирања на саобраћајници. Тако на приградским саобраћајницама претпоставља се да паркирање није дозвољено док се на градским саобраћајницама подразумева да је паркирање дозвољено. У зависности од типа саобраћајнице који се дефинише на основу претходно споменутих два критеријума утврђује се и почетно "идеално" време путовања. Стварно време путовања утврђује се на основу односа Q/C и временских губитака на сигнализаним раскрсницама.

Губици се рачунају по меделу Вебстера и коригују квалитетом координације. На крају ниво услуге се рачуна на основу прорачунатих реалних брзина (из времена путовања). Тако за NU "А" брзине у току

морају бити веће од 40 km/h за ниво услуге "D" веће од 15 km/h а за NU "E" веће од 11 km/h.

Овај поступак може се подврћи разнородној критичности: начин утврђивања "квалитета координације", временских губитака, "идеалних" времена путовања до некомпатибилности са процедуром утврђивања утицаја паркираних возила на капацитет код индивидуалних сигнализаних раскрсница. Нелогично је да се узимају иницијални прорачуни губитака као да је у питању индивидуална раскрсница а да се не узимају у обзир локални услови паркирања на раскрсницама у систему.

Са друге стране класификације саобраћајница по два основна критеријума омогућава поделу истих на шест типова. Тиме су многи случајеви на градској мрежи генерално обухваћени и исказани кроз однос "идеалног" времена путовања и израчунатог по процедури. Као полаз веома је интересантан јер даје велику флексибилност пројектанту режима саобраћаја да комбинацијом различитих саобраћајних и управљачких решења дође до жељеног квалитета услуге. Општи је закључак да је овај НСМ [5] далеко више окренут пројектантима саобраћајних решења него претходни. НСМ омогућава далеко више испитивања разнородних комбинација саобраћајних решења него што је то био случај са НСМ из 1965. године. Такође приказане процедуре претпостављају далеко више "локалних" мерења и прилагођавања што у сваком случају представља изазов у истраживачком раду. Управљање саобраћајем путем светлосних сигнала овде је добило прави третман и показало је колико исто утиче на капацитет и ниво услуге. Нажалост, сем часних изузетака, у нашој земљи има неоправдано мало радова који аналитички истражују нове концепције НСМ када су у питању градске саобраћајнице.

3. ИСТРАЖИВАЊА КАРАКТЕРИСТИКА САОБРАЋАЈА У БЕОГРАДУ: УТИЦАЈ ПАРКИРАЊА НА ВРЕМЕ ПУТОВАЊА

Вишегодишња истраживања карактеристика саобраћаја на основној мрежи Београда (1985-1991) пружају поред осталог базу за испитивање глобалног утицаја паркирања на време путовања. Карак-

тер спроведених истраживања и методолошке поставке нису омогућавале анализу локалних утицаја паркирања на време путовања и ниво услуге.

С обзиром на карактер рада приказани су само они резултати који недвосмислено указују на утицај паркирања на време путовања. Као деонице на којима су више година вршена истраживања а на којима је присутно паркирање на коловозу издвојене су:

- Улица Војислава Илића (нови део) са по две саобраћајне траке по смеру, физички одвојени смерови, паркирање на коловозу нерегулисано,

- Хилендарска улица, једносмерна са обостраним нерегулисаним паркирањем на коловозу,

- Булевар револуције, део од Господара Вучића до Батутове са нерегулисаним паркирањем на коловозу,

- Улица кнеза Милоша, без паркирања на коловозу,

- Улица булевар Југословенске армије део који је физички одвојен са по две саобраћајне траке по смеру, смерови физички одвојени, паркирање на коловозу не постоји.

Од посматраних улица и деоница највећи обим саобраћаја је био у Улици кнеза Милоша, затим Булевар револуције, Булевар Војислава Илића те Хилендарској.

Као основни показатељ узет је однос чистог времена путовања T_n које искључује временске губитке настале услед разних ометања и стварног времена путовања T_e које укључује временске губитке односно ометања.

Што је тај однос ближи јединици то је утицај ометања мањи и обрнуто. У табели 1 приказане су ове релације за карактеристичне делове мреже Београда.

Табела 1

Део мреже – улица	Однос T_i/T_s
Кнеза Милоша	1.00
Булевар револуције (ка центру)	0.74
Булевар револуције (од центра)	0.77
Војислава Илића (ка центру)	0.70
Војислава Илића (од центра)	0.68
Жичка (ка центру)	0.80
Жичка (од центра)	0.64
Хилендарска	0.57
Булевар ЈА (Авалски друм)	1.00

Може се закључити, на основу података датих у табели 1, да су ометања изузетно висока на саобраћајницама на којима је присутно паркирање на коловозу. На основу спроведених истраживања не може се са потпуном поузданошћу тврдити да су једини узрок ометања паркирана возила. Анализа деоница, сличних карактеристика, на којима није присутно паркирање на коловозу указује, да ако нису једини, да су паркирана возила доминантни узроци ометања. Практично време путовања на овим саобраћајницама је увећано и за преко 30% у односу на саобраћајнице сличних геометријских, управља-

чких и саобраћајних карактеристика а на којима није дозвољено паркирање на коловозу. Извесна аналогија података приказаних у табели 1. са корективним факторима датим у новом HCM је присутна. У новом HCM смањење капацитета иде и до 30% на саобраћајницама на којима је присутно паркирање у односу на саобраћајнице истих карактеристика на којима није дозвољено паркирање. Утврђивање стварних релација може се спровести тек након свеобухватних испитивања и истраживања.

ЗАКЉУЧАК

У овом тренутку, на основу постојећих сазнања и стања у стручној литератури у свету и код нас, тешко је донети дефинитивне закључке о утицају паркираних возила на капацитет саобраћајница. Неки елементи указују да се корективни фактори капацитета у нашим условима крећу и до 70%, што указује на одређену аналогију са поставкама датим у новом HCM из 1985. године. Било би неопходно у будућности приступити свеобухватним мерењима, истраживањима и израдама стандарда односно упутстава за прорачун капацитета градских саобраћајница. Досадашња искуства и резултати у овој области указују да је то неопходно. У међувремену, нови HCM би се могао користити уз неопходна прилагођавања локалним условима. Ово је посебно важно за пројектанте саобраћајних решења, пројектанте система управљања саобраћајем и оне који се баве испитивањима варијанти режима саобраћаја и примена разнорондних регулативно-режимских мера. У том смислу нови HCM представља изванредну базу, у делу градске саобраћајнице, за све саобраћајне пројектанте.

Поступци су тако конципирани да од пројектанта захтевају поштовање одређених правила али му дају и велику слободу у изналажењу оптималних решења. Можда не у потпуности али када је реч о градским саобраћајницама нови HCM је афирмисао неке од сунгтинских саобраћајних постулата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] "Highway Capacity Manual" (1965), Special Report 87, Highway Research Board, Washington
- [2] "Research on road Traffic" (1965), HMSO, London
- [3] R. Akcelik, "Traffic Signals: capacity and Timing Analysis" Arrb, Research Report 123, Australia
- [4] Peterson, B.E., and Imre, E., "Swedish capacity manual" (1977), Stockholm
- [5] "Highway Capacity Manual" (1985), Special Report 209, Transp. Research Board (209), Washington
- [6] Кузотин, Л. и Тополник, Д. "Капацитет друмских саобраћајница" (1989), Грађевинска књига, Београд
- [7] Станић, Б. "Истраживања ефеката сигналног плана при засићеном току", (1991), Саобраћајни факултет, докторска дисертација, Београд
- [8] Вукановић С. и Станић, Б. "Пројектовање сигнализационих раскрсница помоћу нове методе HCM – предности и недостаци" Саобраћај 2/1990, Београд
- [9] Радош, Ј., Вукановић, С., и други, "Карактеристике саобраћаја на основној мрежи Београда" (1985–1991), Београд
- [10] Вукановић, С. "Временски губици, капацитет и потрошња горива као критеријуми рада светлосних сигнала" (1980), Саобраћајни факултет, магистарска теза, Београд

Историјски преглед проучавања феномена замора материјала

Драган Башкаловић, дипл. инж. грађ.
Институт за испитивање материјала Србије, Београд

Прегледни рад
УДК: 625.8.004.6:620.184+620.178

РЕЗИМЕ

Замор материјала је једно од централних питања функционалности и трајности коловозних конструкција. Начини приступа овом феномену током историје његовог проучавања били су, генерално речено, различити. Заједнички именитељ свих покушаја била је тежња да поступак испитивања у што већој мери приказује реално стање у којем ће се коловозна конструкција налазити у току експлоатације да би на тај начин и резултати били ближи реалности. Историјски гледано, уочавају се три генерална правца разматрања овог проблема:

- први, глобални (макроскопски), где се замор разматра испитивањем модела у размери 1:1 (опитни путеви по САД и Великој Британији),
- други, феноменолошки, ишао је ка сужавању испитивања на поједине материјале из коловозне конструкције и покушају да се читав процес симулира у лабораторијским условима у умањеној размери и
- трећи приступ, са становишта механике лома, где се замор разматра у светлу процеса ширења пукотина од неког почетног до неког критичног (тј. коначног) стања.

У чланку су детаљније разматрана последња два приступа.

1. УВОД

Проблем замора материјала, толико присутан у савременој техничкој пракси, још представља недовољно разјашњен феномен губитка употребне вредности неке конструкције услед поновљених (најчешће дугогодишњих) напрезања. Ово питање, када је реч о коловозним конструкцијама, постало је један од централних циљева даљег развоја научно-истраживачког рада из области путарства с обзиром да било какво концептирање нових метода пројектовања коловозних конструкција мора, као једну од полазних тачака, имати и својства материјала у погледу замора. Досадашњи начин третирања овог проблема као подлогу је имао првенствено емпиријски приступ при чему су искуства стечена на мрежама путева по САД и Великој Британији имала пресудан утицај. Нарочито драгоцени подаци добијени су изградњом експерименталних путних праваца у поменутих земљама захваљујући чему су

настале прве савремене методе пројектовања коловозних конструкција које се барем на индиректан начин баве проблемом замора материјала. Овде је, наиме, основни предмет проучавања било понашање употребљених коловозних конструкција под мешовитим саобраћајним оптерећењем у току времена. Стање коловозних конструкција у одређеним временским интервалима оцењивано је делимично субјективно (оценама стручњака од 0 до 5) а делом објективно (мерење параметара као што су равност, испуцалост и сл.) те је на основу таквих оцена добијен тзв. ПСИ индекс (Present Serviceability Index) који је бројно исказивао уочено стање деонице пута. Дефинисањем минимално дозвољеног ПСИ на крају пројектног периода могло се употребом одговарајућег емпиријског помограма добити захтевана укупна дебелина конструкције. Не улазећи у детаље целокупног поступка, иако се може видети да је проблем замора испитиван глобално, узимајући у обзир захтеве корисника путног правца (првенствено удобност војње). Ово је разумљиво ако се зна да је најважнији циљ био изналажење методе пројектовања коловозних конструкција која ће обухватити практично уочену чињеницу да прорачун коловозних конструкција не може бити заснован само на класичним принципима статике конструкција (димензионисање према највећем оптерећењу тј. према највећем очекиваном напону) већ мора узети у обзир и утицај поновљеног оптерећивања при коме долази до прекорачења чврстоће на затезање битуменом или цементном везаног материјала на самим тим и до лома конструкција (иако су оптерећења често мања од максимално очекиваних). Тако се, дакле, макроскопским мерењима одређених субјективних осећања (удобности), индиректно ступило на терен замора коловозне конструкције (истина посматране као целине).

Даљи ток размисљања у вези замора материјала ишао је ка сужавању предмета испитивања и то првенствено на испитивање понашања појединих материјала у коловозној конструкцији услед поновљеног оптерећивања при чему су коришћени узорци (било припремљени у лабораторији или исечени из реалне коловозне конструкције) у облику гредница, цилиндара и сл. Начин и величина оптерећивања зависили су од услова који су се

оčekивали на терену (саобраћајно оптерећење, положај слоја у коловозној конструкцији итд.). Настojало се, према томе, да читав систем испитивања што боље симулира напонско-деформацијско стање у реалној коловозној конструкцији. Овакав, у суштини феноменолошки приступ, до сада је највише коришћен у расветљавању проблема замора материјала и дао је за праксу највише употребљивих резултата. Највећи део овог текста посвећен је управо овом приступу проблему при чему је посебан акценат стављен на замор битуменом обавијених материјала (асфалтне мешавине).

Посебно интересантан приступ са становишта механике лома материјала у коловозној конструкцији дао је Мајзадех (Majdzadeh) са сарадницима [1]. Овом потенцијално новом правцу приступа питању замора материјала посвећен је такође извештај простор.

Напредак истраживања могућ је глобално речено у два правца:

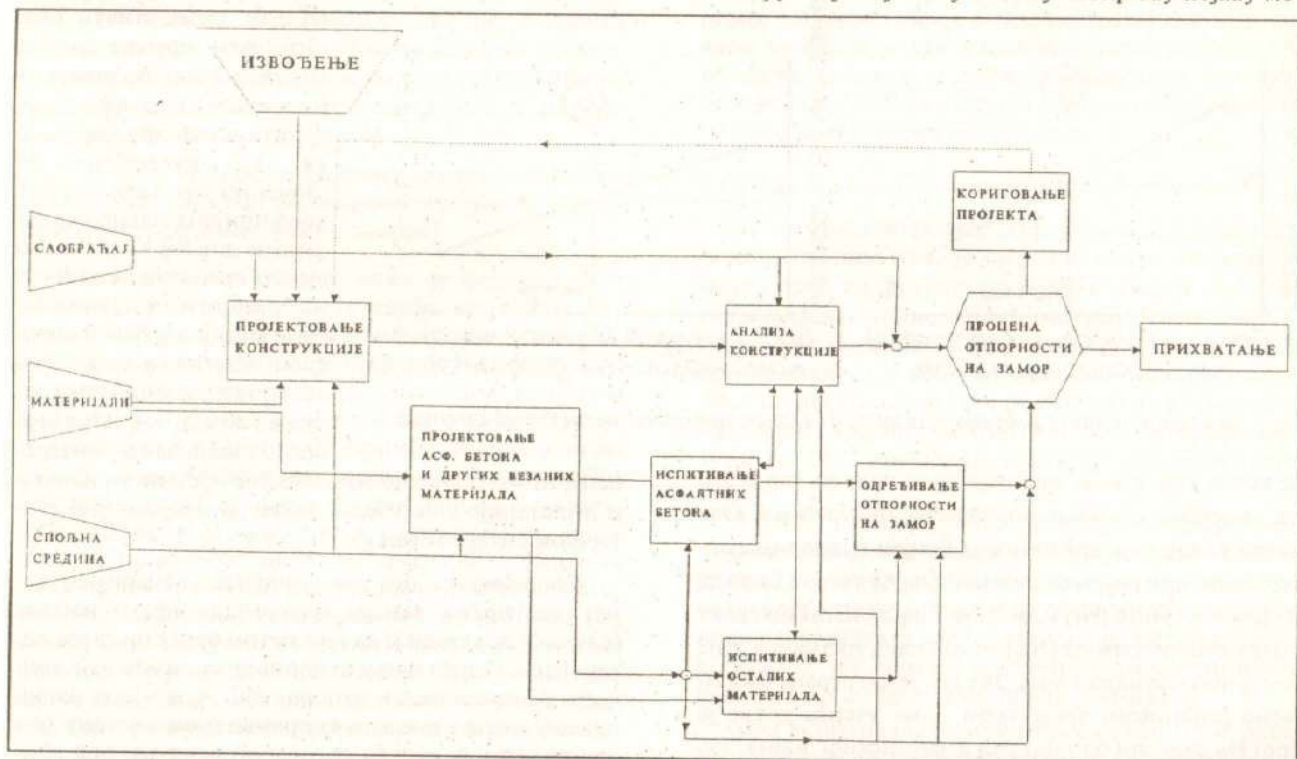
- први, испитивање коловозних материјала обавијених везивом са становишта најдубљих својстава материјала а нарочито у погледу проучавања интензитета интермолекуларних веза унутар везивних материјала (битумен, цемент) при чему би на овај начин био учињен значајан помак ка потпуном детерминисању феномена замора, с обзиром да све манифестације овог процеса имају свој узрок управо у променама у структури материјала услед поновљених напрезања.

- други, са становишта тренутне инжењерске праксе далеко јаснији пут, је проучавање напонско-деформацијских стања у реалним коловозним конструкцијама и то не само у већ изграђеној путној мрежи, већ и лабораторијским моделирањем и ис-

питивањем реалних ситуација којима једна коловозна конструкција може бити изложена у пракси. Овај правац могао би у будућности довести до извесне стандардизације поступака и уређаја за испитивање замора материјала да би свака ново-пројектована коловозна конструкција могла бити испитана и њена целисходност у погледу замора материјала доказана пре извођења на терену. Неки од могућих поступака у свету се већ дуго примењује (ротационе осовине, испитивање помоћу клатна итд.), али до неког општеприхваћеног метода још није дошло делимично и због тога што су материјални издаци за опремање оваквих лабораторија изузетно велики тако да су испитивања сконцентрисана готово искључиво у истраживачким центрима развијених земаља.

2. УТИЦАЈНИ ФАКТОРИ ЗАМОРА МАТЕРИЈАЛА У КОЛОВОЗНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ

Досадашња искуства су показала да је питање замора материјала изузетно сложен проблем чија комплексност потиче првенствено из два извора: први, велики број утицајних фактора и њихова међусобна зависност и други, стохастички карактер величине фактора услед кога могу настати проблеми њиховог оцењивања као и проблеми постизања стандардом предвиђених вредности појединих утицајних фактора и у лабораторији и на терену. Приближан увид у сложеност појаве замора материјала као и сложеност процеса пројектовања коловозне конструкције који би узимао у обзир ову појаву мо-



Сл. 1. Приближан увид у сложеност појаве замора материјала и сложеност процеса пројективања коловозних конструкција

же се стећи из слике 1. Јасно се могу уочити три глобалне групе фактора:

1. Фактори оптерећења у која улазе:

- а) историја оптерећења (просто или мешовито оптерећење коловозне конструкције),
- б) брзина напонења оптерећења,
- ц) облик криве оптерећења (синусоидални, правоугаони, полусинусоидални итд.).

2. Фактори мешавине:

- а) тип битумена,
- б) агрегат (тип, гранулација),
- ц) мешавина (крутоћ, проценат шупљина, садржај битумена)

3. Фактори спољне средине:

- а) температура,
- б) влага,
- ц) промена својстава материјала током времена (старење битумена).

2.1. Фактори оптерећења

Замор материјала у коловозној конструкцији може се манифестовати у три основна вида:

- лом безивом обавијених материјала услед понављањих оптерећивања,
- појава колотрага услед великих саобраћајних оптерећења,
- појава пукотина у коловозу услед температурних промена.

Третирање ове појаве у лабораторији као полазну тачку има управо ова три вида манифестовања замора материјала при чему се лом услед замора у испитивањем узорку може дефинисати у виду тач-

броја бити међусобно једнака у случају да се губитак носивости дефинише као тотални лом узорка.

2.1.1. Историја оптерећења

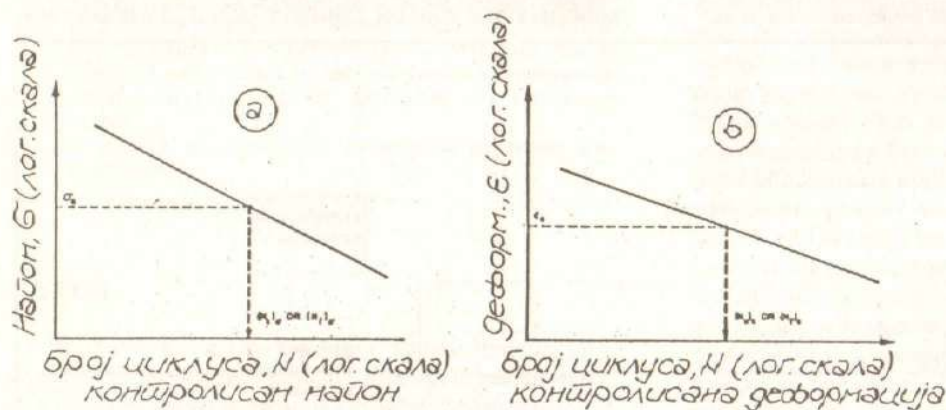
Лом узорка услед замора може настати његовим излагањем различитим условима оптерећивања. Ако се услови оптерећивања не мењају током експеримента тада се ради о простом оптерећивању док у случају промене интензитета оптерећивања по неком унапред дефинисаном плану, тада је у питању мешовито оптерећивање. Треба нагласити да овај други случај не подразумева само промену напона, већ и промену спољних фактора (на пример температуре). Уочава се да други случај оптерећивања знатно више одговара реалним условима у којима се налази коловозна конструкција, али често захтева знатно сложеније уређаје за испитивање.

Начин оптерећивања је појам који означава на који начин се мењају напони и дилатације током експеримента. У том смислу јављају се два основна типа експеримента: са контролисаним напонам (напон односно оптерећење се одржава константним док се деформација мења – расте) и контролисаном дилатацијом (дилатација константна а напон опада).

Најчешћи облик зависности напона (σ) – број понављања оптерећења до лома узорка (N_f) односно дилатација (ϵ) – (N_f), јесте експоненцијална крива облика:

$$N_f = K_1 \cdot (1/\delta)^{n_1} \text{ односно } N_f = K_2 \cdot (1/\epsilon)^{n_2} \quad (1)$$

Овај емпиријски уочен закон замора материјала на узорцима различитих облика може имати свој линеарни приказ ако се апсциса N_f и ордината σ (односно ϵ) прикажу у логаритамском облику (слика 2). Експонент n_1 (односно n_2) тада постаје коефицијент нагиба праве линије док $\log K_1$ (односно $\log K_2$) представља одсечак на ординати $\log \sigma$ (односно $\log \epsilon$) када је $\log N_f = 0$ односно представља логаритам статичке отпорности узорка на лом за случај када је број понављања оптере-

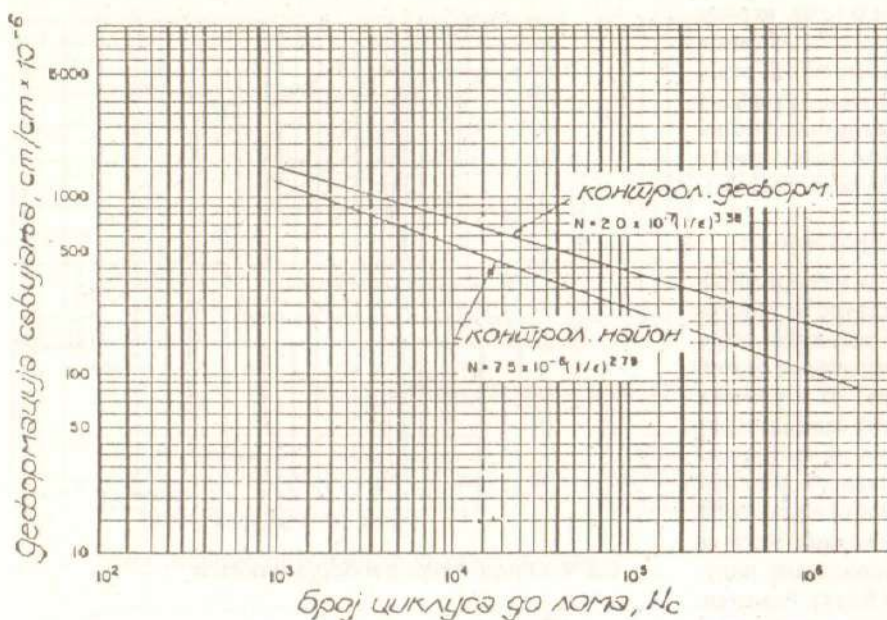


Сл. 2. а) Однос напона и броја циклуса, б) Однос деформација и броја циклуса

ке после које узорак престаје да се понаша као целина способна да носи поновљена оптерећења. Ова тачка условно је дефинисана бројем понављања оптерећења при којем се губи носивост узорка било да је лом наступио (N_f) или да је узорак изгубио сваку практичну носивост (N_m) иако услед трења још није наступио нормалан лом. Док је с једне стране број N_f јасно дефинисан тренутком лома узорка дотле је број N_m зависан од унапред дефинисаног појма "губитак носивости" или "губитак употребне вредности" узорка. Само се по себи разуме да ће ова два

ћења $N_f = 1$ (односно максималне вредности напона и дилатације које узорак може да издржи при статичком оптерећивању).

Упоредивање ова два концепта експерименталног третирања замора материјала преко напона (слика 3) показало је да при истом броју циклуса оптерећења узорка мању отпорност на замор даје концепт контролизованог напона, при чему је и нагиб праве у логаритамском координатном систему (n_1) нешто већи од нагиба одговарајуће праве при контролисаном дилатацији (n_2). Ово је логично ако се има у виду да су за одржавање константног напона,



Сл. 3. Однос деформација савијања и броја циклуса до лома

са повећањем циклуса оптерећења, потребне све веће дилатације (тј. угиби) узорка, док, на другој страни, одржавање константних дилатација доводи до све нижих и нижих вредности напона у сваком следећем циклусу оптерећења. Другим речима, концептом контролисане дилатације напон из циклуса у циклус све више опада што, логично, мора довести до дужег века узорка у односу на концепт где је напон у сваком циклусу константан. До сличног закључка долази се поређењем ова два концепта према дилатацијама с обзиром да концепт контролизованог напона подразумева пораст дилатација из циклуса у циклус док се код контролисане дилатације она одржава константном.

У вези са претходно реченим поставља се односно питање: који тип експеримента користити у лабораторијском испитивању замора?

Одговор на ово питање може се оквирио дати анализом коловозне конструкције постојећих путних праваца са становишта вишеслојне еластичне теорије и тежњом да изабрани концепт експеримента што боље апроксимира реална стања напона и дилатација у будућој или постојећој коловозној конструкцији која се испитује. Принципијелно, у коловозној конструкцији са везаним површинским слојевима мање дебљине услови напона и дилатација су боље приказани типом контролисаних дилатација (практично до 5 cm дебљине асфалтних слојева) док је концепт контролисаних напона погоднији за коловозне конструкције веће дебљине (на самим тим и крутости – практично за дебљине асфалтних слојева до 15 cm и више). Ово је логично ако се има у виду да тања и флексибилнија коловозна конструкција има далеко изразитије деформације (дилатације) у току свог века експлоатације него напоне, те су стога прве критичнија категорија са становишта замора материјала, док је код дебљих

и крућих коловозних конструкција ситуација обрнута – деформације релативно мале а напони високи. За дебљине коловозне конструкције између претходно назначених најприкладнији би био неки "међутип" експеримента где се ни напон ни деформација не одржавају константним тј. где би напон постепено опадао са повећањем броја циклуса а дилатација постепено расла. С обзиром да је ово врло чест случај у пракси, потребно би било испитивањем реалних стања напона и дилатација у таквим коловозним конструкцијама доћи до неопходних параметара промена напона и дилатација током експерименталних испитивања који би у таквим

случајевима имали најреалнију практичну подлогу. Известан покушај Монисмита и Дикона (Monismith и Deakon) [1] у овом смислу увођењем тзв. "фактора начина испитивања" (mode factor, за тип контролизованог напона $MF = -1$, за тип контролизоване дилатације $MF = 1$, док је за "међутип" $MF = 0$), показао је да се концепт контролизованог напона никад не остварује у пракси иако су овакви услови најприближнији у случају коловозних конструкција већих дебљина. Ипак, с обзиром да овај тип испитивања по правилу даје ниже вредности отпорности на замор то би се, у случају недоумица, његовом употребом у лабораторијским испитивањима било свакако на страни сигурности.

2.1.2. Брзина напона оптерећења

Монисмит (Monismith) [1] је уочио да фреквенција оптерећивања између 3 и 30 циклуса у минути нема утицаја на резултате замора узорка. Каснија истраживања Монисмита и Дикона (Monismith & Deakon) [1] су показала да фреквенција у интервалу 30 до 100 циклуса у минути значајно смањује отпорност узорка на замор (чак до 20%). Овај закључак је изведен на узорцима асфалтног бетона на температури од 24°C применом концепта контролизованог напона.

Тејлор (Taylor) [1] је испитивао утицај фреквенције оптерећивања узорка у облику торзионе греде (узорак у облику ваљка суженог на средини распона) на резултате замора и установио да су највеће промене резултата наступале у области фреквенција од 80 до 200 обрта у минути (испитивани опсег фреквенција од 80 до 2500 обрта у минути).

При испитивањима гредица од асфалтног бетона димензија 7.5 x 7.5 x 37.5 cm (3 x 3 x 15 инча – оптерећених на трећинама распона) најчешће примењиване фреквенције биле су око 120 циклуса у ми-

пути (0.1 сек. трајање оптерећења и 0.4 сек. период између два оптерећења). Ово се поклапа са већ раније истакнутим принципом перније симулације реалних услова обзиром на емпиријски утврђену чињеницу да се сопствена фреквенција флексибилних коловозних конструкција најчешће креће у распону од 2 до 5 Hz (што зависи од структуре саобраћаја).

2.1.3. Остали фактори везани за оптерећивање

Од такође значајних фактора треба истаћи облик криве оптерећивања као и тип апаратуре на којој се врше испитивања. Нека упоређења резултата добијених у апаратури за торзионни замор асфалт бетонског узорка у облику цилиндра са суженим средњим делом и резултата добијених савијањем асфалт бетонских гредица оптерећених на трећинама распона Епс и Монисмит (Erps & Monismith, 1969.) [1] указују на велику сличност у зависности $\log \epsilon - \log N_f$.

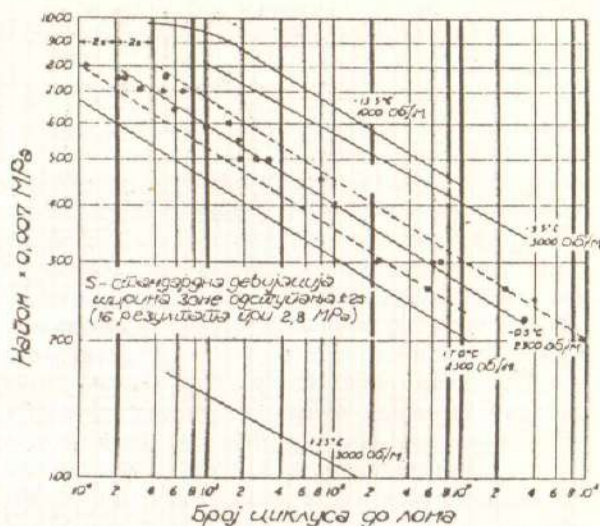
У погледу облика криве оптерећивања могу се уочити три најчешћа случаја: синусоидални, полусинусоидални и правоугаони (или блок). Различитост резултата по овом основу није до данас много проучавана тако да се у литератури појављују ограничене информације у том смислу.

Пре сваког испитивања замора материјала у лабораторији потребно је одлучити се за облик криве оптерећивања, брзину наношења оптерећења, тип апаратуре за испитивање (односно облик асфалтног узорка), услове оптерећивања (просто или мешовито) и сл. Најчешће примењиван облик криве оптерећивања је правоугаони (блок) и полусинусоидални док су слободно ослоњена гредица или конзола у облику цилиндра суженог на средини изложена торзионном замору два најзаступљенија облика узорка у досадашњим испитивањима.

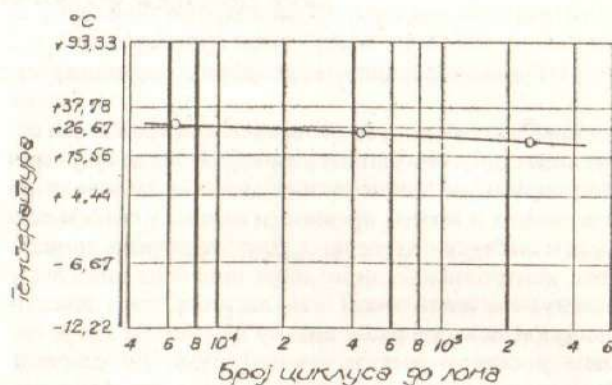
2.2. Фактори спољне средине

Температура као један од фактора спољне средине има изузетан значај с обзиром на познату температурну осетљивост битумена. На северној хемисфери температуре у коловозу се налазе у интервалу од $+70$ до -20°C узрокујући знатне промене у крутости асфалтним везаним слојева. Графички приказ утицаја температуре на замор материјала испитиван опитом константног напона приказан је на слици 4.

Генерално, смањивањем температуре повећава се отпорност мешавине на замор. Ако се на дијаграму $\log T - \log N_f$ прикаже законитост замора при $\sigma = \text{const}$ добија се облик као на слици 5. Уочава се повећање издржљивости узорка са смањењем температуре при чему је нагиб криве релативно благ Хименез и Галовеј (Jimenez & Gallaway, 1962.) [1]. Пел и Тејлор (Pell & Taylor, 1969.) [1], показали су да се утицај температуре на замор материјала може приказати величином крутости асфалтног узорка. Тако се смањењем температуре повећава крутост асфалтне мешавине те је, да би се постигао одређени напон, потребна мања деформација која доводи до дужег издржљивости узорка. Испитивањима, у температурном опсегу од 0 до 30°C , која су спровели горе по-

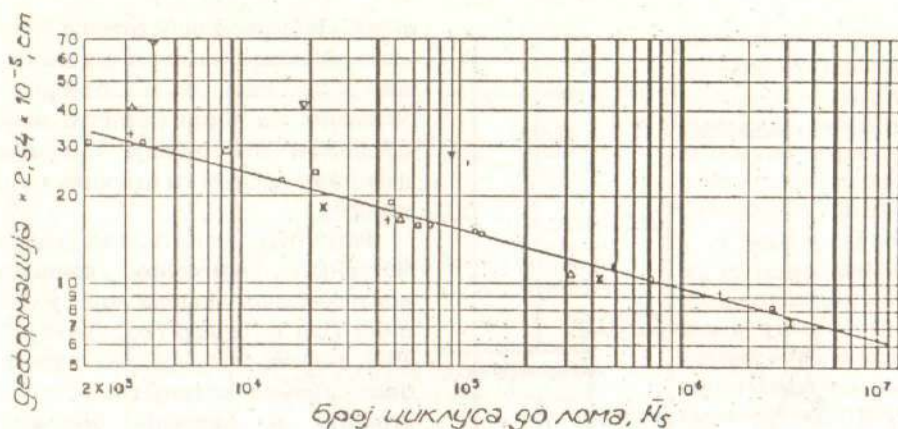


Сл. 4. Однос напона и броја циклуса



Сл. 5. Однос утицаја температуре на замор материјала и броја циклуса до лома

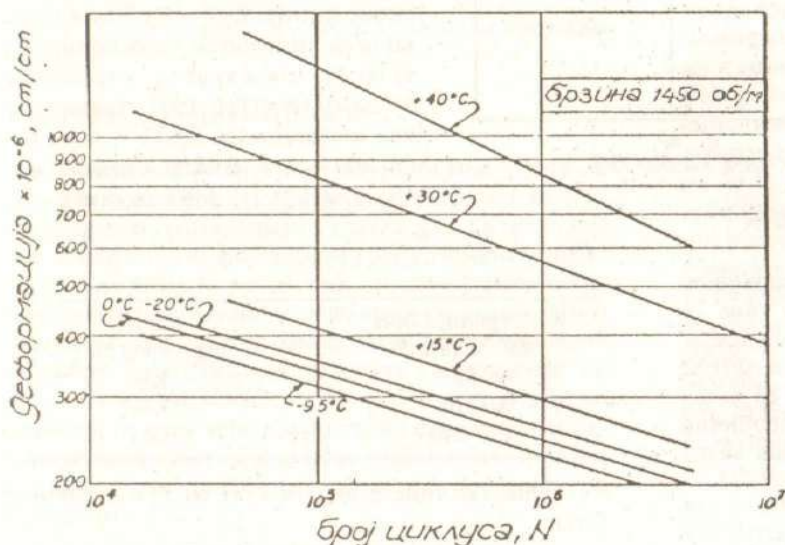
менути аутори дала су дијаграм на слици 6. Треба нагласити да повећањем температуре долази до повећања нагиба праве $\log \epsilon - \log N_f$ што је свакако последица **нелинеарног** понашања асфалтних мешавина у условима високих температура. Утицај температуре у опиту контролисаних дилатација приказан је на слици 7. Генерално, повећањем температуре повећава се и издржљивост узорка на замор. Ова чињеница на први поглед изражава супротност у законитости у односу на опит контролисаних напона (слика 4) где се повећањем температуре смањује отпорност узорка на замор. Ово је, међутим, логично ако се имају у виду ранија разматрања око упоређења ова два концепта испитивања замора (стр. 4) обзиром да повећањем температуре долази до смањења крутости узорка тако да је контролисану дилатацију могуће постићи са мањим напоном у материјалу што доводи до дужег века узорка. Такође, као друга страна исте ствари, може се рећи да је брзина, постигања пукотина у узорку смањена са повећањем температуре обзиром на особину битумена да се у таквим условима понаша пре као течни него као чврсти материјал.



серија	Ф	Г
температура, °C	+10	0 +10 +20 +30
симбол	+	x o Δ ▽

серија	б
брзина, об/м	б
симбол	■

Сл. 6. Однос деформације и броја циклуса до лома



Сл. 7. Однос деформације и броја циклуса

Утицај апсорбовања воде није до данас посебно обрађиван. Може се, међутим, наслутити да повећањем влаге у асфалтној мешавини долази до смањења крутости мешавине и, у складу са тим, до промене отпорности материјала на замор на начин објашњен у претходном пасусу.

Температура и влага су фактори који се не могу контролисати у природним условима те је стога прилагођавање коловозне конструкције овим факторима једино могуће решење са гледишта повећања њене отпорности на замор. Овај захтев се може реализовати испитивањем пројектоване мешавине, одабирањем одговарајућих компонената као и савеснијим извођењем на терену.

2.3. Фактори мешавине

2.3.1. Крутост

Крутост, као однос напона и деформација, је величина која, када су у питању асфалтне мешавине,

има сличну намену као Јунгов модул еластичности E , с том разликом што је зависна од дужине трајања оптерећења и температуре:

$$S(t, T) = \sigma / \epsilon$$

где су: t – време, T – температура, σ – напон, ϵ – дилатација, $S(t, T)$ – крутост.

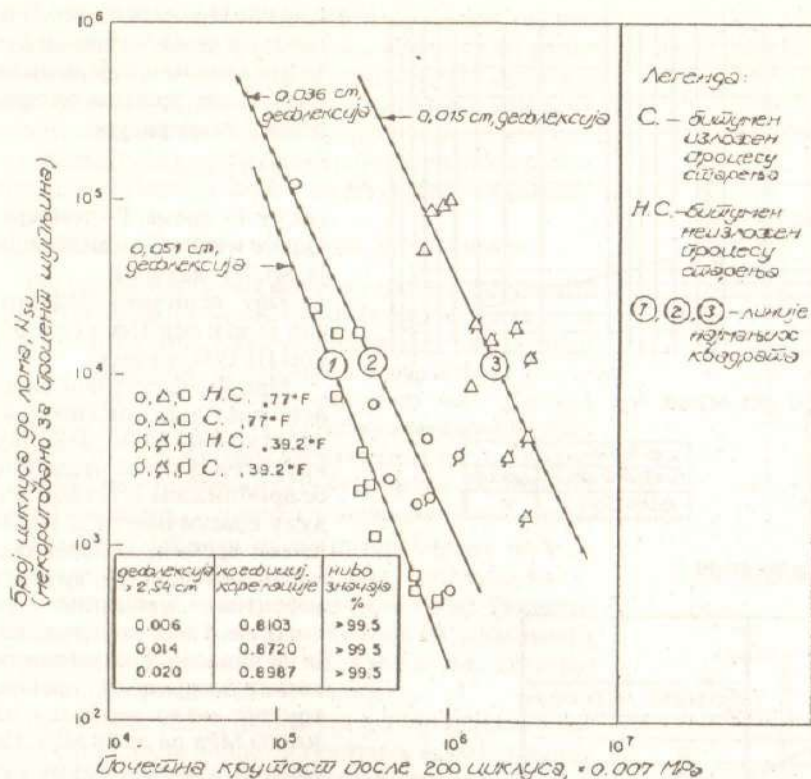
Ову величину дефинисао је ван дер Поел (van der Poel [1] 1954. године.

При краткотрајном оптерећивању или ниским температурама (или заједно), крутост асфалтне мешавине се приближава Јунговом модулу еластичности E . Повећањем времена оптерећивања и температуре крутост асфалтне мешавине се смањује. Тако, за услове који се јављају у коловозним конструкцијама у пракси, крутост може варирати од 300000 МПа па до 70 МПа. Са гледишта замора, крутост је изузетно значајна величина обзиром да су напони и дилатације у асфалтном материјалу услед покретног саобраћајног оптерећења директно зависни од крутости мешавине (ова зависност се детаљније разматра у поглављу о утицају температуре).

Занимљив покушај предвиђања трајности асфалтног узорка на замор у зависности од крутости мешавине после 200 циклуса оптерећења применом концепта контролисане дилатације дали су Сантучи и Шмит (Santucci and Schmidt [1] 1969. год. (слика 8). Очигледно да се отпорност на замор при контролисаној дилатацији смањује повећањем крутости мешавине што је, како је већ раније напоменуто, у супротности са резултатима добијеним применом концепта контролисаног напона.

2.3.2. Процент шупљина

Испитивање утицаја процента шупљина у мешавини на замор показала су обрнуту пропорционалност било да се ради о концепту контролисаног напона или дилатација. Типичан изглед дијаграма $\log \epsilon - \log Nm$ дат је на слици 9. На замор утиче и структура шупљина (величина облик, степен повећаности што доводи до различите отпорности на замор различитих мешавина при истим процентима шупљина).

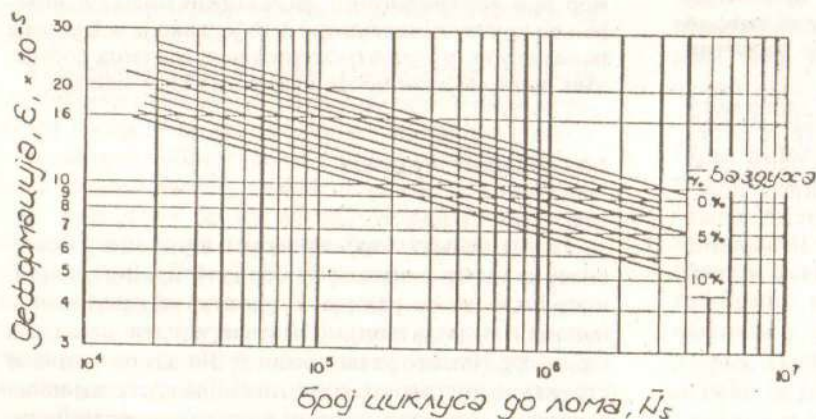


Сл. 8. Однос броја циклуса до лома и крутости

У погледу процента битумена у мешавини уочава се да постоји одређени оптимум при коме се јављају максималне отпорности узорака на замор. Овај оптимум је зависан од врсте агрегата и његове грануларности. Овај садржај битумена чини се да одговара максималној крутости мешавине и обично је нешто виши од процента везива потребног за остварење максималног стабилитета.

2.3.3. Тип битумена и пенетрација

Ефект ова два фактора може се приказати преко крутости мешавине. Тако, при контролисаном на-



Сл. 9. Однос деформације и броја циклуса до лома

пону, смањењем пенетрације битумена (повећањем његове конзистенције) повећава се и отпорност мешавине на замор. Обрнуто, мање предности пенетрације битумена дају ниже вредности отпорности на замор.

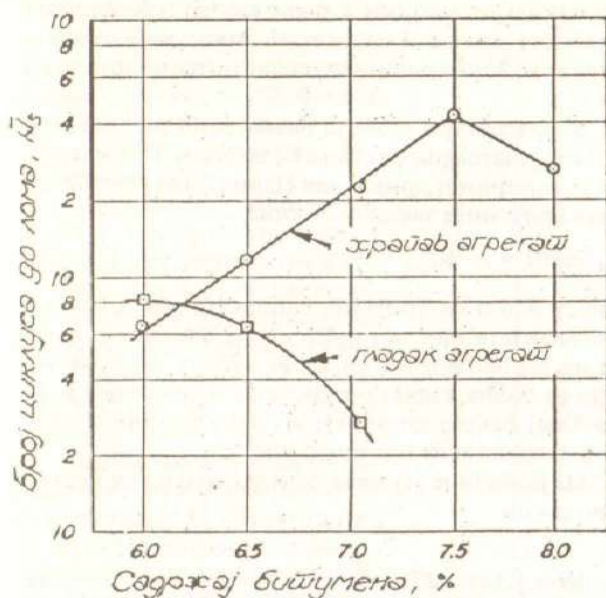
Резултати испитивања замора материјала применом концепта контролисаног напона која су обавили Пел и Тејлор (Pell; Taylor) [1] 1969. године на узорцима идентичног гранулометријског састава агрегата и садржаја битумена справљених од различитих типова битумена показали су да нагиби правих линија у дијаграму $\log \delta - \log N_f$ зависе од нелинеарног понашања мешавине у опсегу употребљених напона. Нагиб регресионе линије $\log \epsilon - \log N_f$ за мешавине са линеарном зависношћу $\sigma - \epsilon$, тј. $S(t, T) = \text{const}$ креће се у границама 5.0 до 6.0 Пел (Pell, 1967. године), док код мешавина са $S(t, T) \neq \text{const}$ ови нагиби могу имати следеће вредности (Пел, [1], 1967. године):

пенетрација при 25° °C (mm)	нагиб $\log \epsilon - \log N_f$
40-50	3,5
90-110	3.4
190-210	1.6

Узроци нелинеарности $\sigma - \epsilon$ (тј. $S(t, T) \neq \text{const}$) могу бити:

- висок процент шупљина у мешавини,
- високе температуре при испитивању,
- неадекватне количине филера и/или везива,
- битумен ниске конзистенције.

Процес старења битумена је такође важан фактор у разматрању замора материјала у реалним условима. Резултати испитивања узорака (претходно подвргнутих поступку вештачког старења при контролисаном напону) показали су да мешавине са већом крутошћу услед примењеног тврђег битумена имају веће отпорности на замор иако су нагиби линија $\log \epsilon - \log N_f$ били готово идентични за све испитиване мешавине. С друге стране, при контролисаној дилатацији зависност је обрнута: мекши битумен већа отпорност на замор.



Сл. 10. Однос броја циклуса до лома и садржаја битумена

2.3.4. Карактеристике агрегата

Основне карактеристике агрегата које утичу на својства мешавина су: облик зрна, површинске текстуре зрна и гранулација. Угласта зрна са хрпавом површином и униформнијом гранулацијом у пракси се теже збијају услед чега се може јавити повећан процент шупљина у мешавини па самим тим и смањена отпорност на замор. Мешавине направљене од добро гранулисаног агрегата састављеног од угластих зрна хрпаве површинске текстуре дају, по правилу, далеко веће крутости па самим тим и отпорности на замор при контролисаном напону него мешавине од заобљених зрна глатке текстуре (слика 10).

Пел и Тејлор (Pell и Taylor) [1] 1969. год. су показали да при контролисаном напону, природа крупног агрегата у добро гранулисаним мешавинама (крупни шљунак или дробљени крупан агрегат) нема значајног утицаја на замор. С друге стране, мешавине чије све фракције агрегата имају хрпаву површинску текстуру по правилу имају више оптимуме садржаја битумена што доводи до већих отпорности на замор (Хименез и Галовеј (Jimenez и Gallaway) [1], 1962.).

Утицај гранулометријског састава на замор може се генерално исказати следећим ставом: добро гранулисана мешавина (затворена гранулација) даје веће отпорности на замор него униформно гранулисана мешавина (отворена гранулација). Може се констатовати да мање варијације у гранулометријском саставу агрегата немају битног утицаја на карактеристике замора материјала Кирк (Kirk [1], 1967.).

Сумарни приказ досадашњих разматрања може се дати табеларно (табела 1), Епс и Монисмитх (Erps и Monismith [1], 1971.).

Приказана табела може корисно послужити при пројектовању мешавина. Тако, на пример, ако је планирана дебљина асфалтних слојева велика (15 cm и више) тада је најповољније испитивање применом концепта контролисаног напона, па се у том смислу може контролисати и промена фактора ради добијања оптималне мешавине са становишта замора.

За случај коловозних конструкција са средњим дебљинама асфалтних слојева (у интервалу 5 до 15 cm) препоручује се употреба битумена средње пенетрације (на пример 85–100). Садржај битумена мора да буде релативно висок и маса добро збијена. Овај захтев се у пракси најлакше реализује употребом добро гранулисаног агрегата са хрпавом текстуром зрна с обзиром да се тако достиже релативно висок садржај битумена у мешавини уз одржавање релативно високог стабилитета масе.

Приказани фактори (табела 1) нису од подједнаког значаја за проблем замора материјала у асфалтним мешавинама. Тако су се тип битумена и његов садржај показали далеко значајнијим за промену отпорности на замор него на пример тип агрегата и његов гранулометријски састав. При разматрањима

Табела 1. Ефект промене фактора на отпорност на замор материјала

Фактор	Промена	Кругост	Контролисани напон	Контролисана дилатација
Пенетрација битумена	опада	расте	расте	опада
Садржај битумена	расте	расте ^(а)	расте ^(а)	расте ^(б)
Тип агрегата	расте хрпавост и угластост	расте	расте	опада
Гранулометријски састав	отворена према затвореној	расте	расте	опада ^(а)
Садржај шупљина	опада	расте	расте	расте
Температура	опада	расте ^(у)	расте	опада

Легенда уз табелу:

- а) приближава се оптимуму на нивоу вишем од оног при коме се добија максимални стабилитет
- б) недовољно података било на располагању; супротности које настају повећањем крутости и смањењем дилатације чине закључак дискутабилним
- ц) приближава се горњој граници на температурама нижим од тачке мржњења
- д) недовољно података било на располагању

замора материјала мора се узети у обзир и низ других чињеница као на пример промена процента шупљина у току прве две до три године експлоатације коловозне конструкције у односу на ону добијену одмах по уграђивању (наиме, под утицајем саобраћајног оптерећења долази до накнадног збијања асфалтне масе), старење битумена и сл. што све заједно указује на спу комплексност овог питања и на проблеме с којима би се морало суочити у евентуалном експерименталном третирању истог.

3. ТРЕТИРАЊЕ ЗАМОРА СА СТАНОВИШТА МЕХАНИКЕ ЛОМА

У досадашњим разматрањима феномена замора проблему се приступало са феноменолошког становишта при чему је појава описивана експоненцијалним законом (једначине 1). Примена теорије лоба у проучавању замора материјала представља свакако један принципијелно другачији приступ овом проблему. Тако се, на пример, отпорност на замор материјала, за дато стање напона, дефинише као период времена током кога оштећења материјала у коловозним конструкцијама расте по неком закону пропагације пукотина од неког почетног до неког критичног (тј. коначног стања).

Овај метод узима у обзир промену напонског стања као резултат пуцања, геометријске и граничне услове, карактеристике материјала и њихове стохастичке варијације при чему начин оптерећевања (контролисани напон и дилатација) нема утицаја на добијену величину отпорности на замор.

У асфалтним мешавинама, почетно стање оштећења може бити приказано не само незатвореним површинама већ и унутрашњим оштећењима и микропелинама које стохастички варирају унутар материјала. Појава пукотина у везаним материјалима је управо у корелацији са поменутим дисконтинуитетима у материјалу при чему је највећа вероватноћа почетка пуцања у првом циклусу оптерећења.

Нехомогености у материјалу представљају тачке концентрације напона а то могу бити: честице глинне, шупљине, површинске ренегуларности, унутрашњи недостаци итд. Величине и распоред ових тачака у материјалу као и њихова међусобна повезаност имају одлучујући утицај на појаву пукотина те се стога заједно обухватају емпириски одређеним параметром C_0 који означава величину еквивалентне почетне пукотине.

Завршно стање оштећења се може приказати једном или више пукотина критичне величине и распореда. Код димензионалног система (на пример асфалт бетонске гредице) коначно стање оштећења може бити приказано еквивалентном величином пукотине C_f при којој узорак губи чврстоћу и способност да носи наменшено оптерећење. Величина C_f може бити једнака висини узорка (гредице) или одређени проценат исте.

За тродимензионалне системе као што је коловозна конструкција критично стање оштећења може се приказати величином испуцалости при чему су

основни критеријуми у овом случају: безбедност, удобност возње и економски захтеви (обично се изражава величином испуцалости по километру и сл.).

У литератури је доста разматрано питање (постизања) оштећења од стања C_0 до стања C_f . Сматра се да је највернији приказ дао Пари (Paris) [2] 1962. диференцијалним законом облика:

$$dc/dN = A \cdot K^n \quad (1)$$

где су A и n материјалне константе док K (фактор интензитета напона) представља параметар којим се на јединствен начин карактеришу фактори као што су облик узорка оптерећење и гранични услови. Овај фактор омогућује и оцену величине пластифициране зоне око пукотине.

Из једначине (1) може се изразити отпорност на замор као:

$$N_f = \int_{C_0}^{C_f} 1/(A \cdot K^n) \cdot dc \quad (2)$$

Претпоставља се при томе да овај закон важи од првог циклуса оптерећења па све док не наступи крти лом узорка или док величина C_f не достигне приближну вредност дебљине узорка.

Величина параметара A и n зависна је од температуре. При ниским температурама када се асфалт понаша као круто тело параметар A постаје константан (карактеристика материјала) док је $n = 4$. При писким температурама утицај течења постаје значајнији тако да A и n нису више константни.

Смањивање утицаја течења постиже се постављањем гредица на еластичну подлогу одређене крутости чиме се уједно успешније моделира реално стање напона и дилатација у коловозним конструкцијама. Показало се при томе да су, при довољно великим крутостима подлоге, параметри A и n константни и независни од услова ослањања на еластичну подлогу при чему је $n = 4$ у свим таквим случајевима.

У анализама овако ослоњених гредица методе одређивања величина пукотина су потпуно исте као и код слободно ослоњених гредица (X – зраци, обележавање мастилом) при чему је најефикаснији начин одређивањем гипкости гредице L (однос угиба и силе – δ/P). Величина гипкости за гредицу без пукотина L_0 је минимална док са повећањем броја пукотина расте и гипкост ($L > L_0$ слика 11).

Познавањем законитости $L/L_0 = c$ (слика 11) и једноставним одређивањем законитости $L/L_0 = N$ (нормална гипкост у зависности од броја циклуса) лако је доћи до законитости $c = N$.

Параметар A одређује се применом зависности $L/L_0 = c$ и Ирвинове једначине:

$$\sigma_1/\sigma_c = 2 \cdot (1 - \mu^2) \cdot K^2/(E \cdot p^2) \quad (3)$$

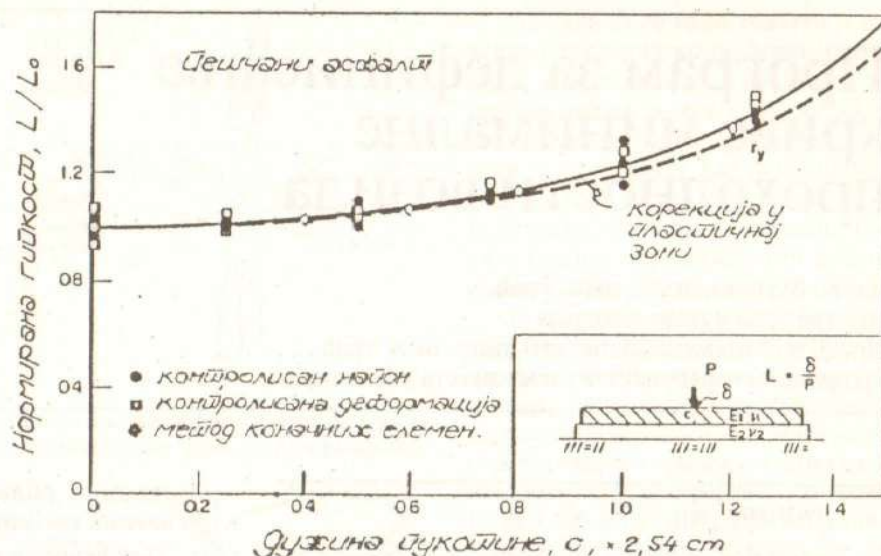
где су: μ – Поасонов коефицијент, E – Јунгов модул еластичности.

Типичан приказ законитости $K/P = c$ дат је на слици 12.

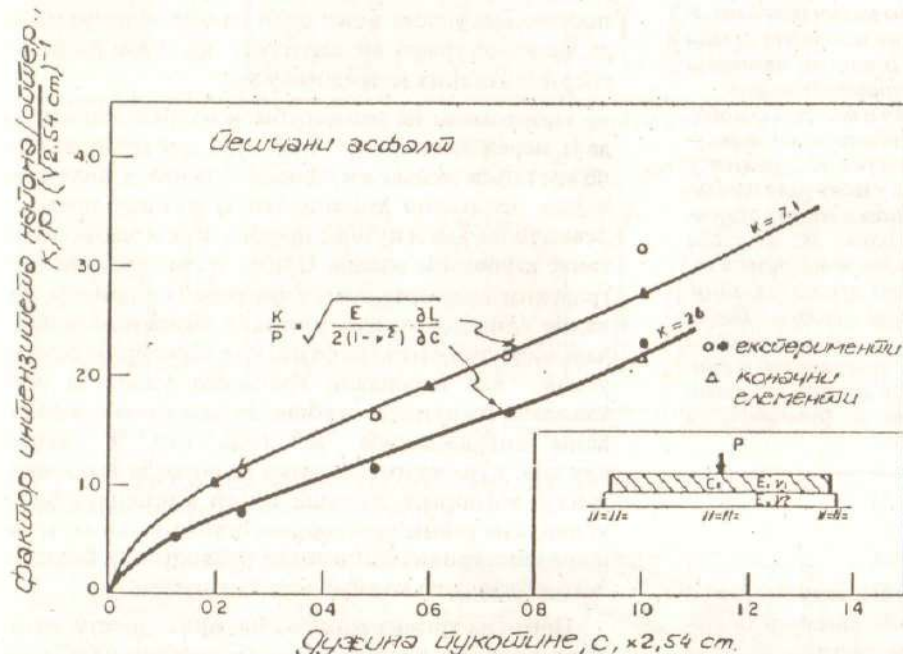
Упоредо са експерименталним приказани су и резултати добијени применом метода коначних елемената при чему се може констатова-ти готово потпуно поклапање.

Одређивање зависности $dc/dN - K$ може се извршити познавајући зависности $K/P - c$ (слика 12) и $c - N$. Експериментални подаци показују да општа форма Парисове (Paris) [2] једначине важи и у случају гредице на еластичној подлози.

Параметар A зависи од карактеристика мешавине и то првенствено од процента битумена у збијености мешавине. Опити су показали да је значај процентуалног учешћа



Сл. 11. Однос нормиране гуткости и дужине пукотине



Сл. 12. Однос фактора интензитета напона и дужине пукотине

битумена у мешавини мали у односу назначај фактора конзистенције битумена (при $n = 4$). Отпорност на замор расте порастом конзистенције

битумена што је у складу са закључцима изведеним за опит са контролисаним напоном.

Експерименти Мајзадеха (Majidzadeh и сарадника [2] 1969. године су показали да је утицај збијености мешавине на параметар A веома мали (за запреминске тежине у границама од 132 pcf (21.14 kN/m³) до 144 pcf (23.07 kN/m³) те се може сматрати да је статистички безначајан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Fatigue of Compacted Bituminous Aggregate Mixtures, ASTM, Atlantic City, N.J., July 1971.
- [2] Fatigue and Dynamic Testing of Bituminous Mixtures, ASTM, Philadelphia, June 1973.
- [3] Properties of Flexible Pavement Materials, ASTM, Houston, Texas, December 1981.
- [4] Test Procedures for Characterizing Dynamic Stress - Strain Properties of Pavement Materials, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1975.
- [5] Flexure Fatigue Test on Asphalt Paving Mixtures, ASTM, 1972.

Програм за дефинисање криве минималне проходности возила

Дарко Вукосав, дипл. инж. грађ.

Институт за путеве Београд

Проф. др Михаило Малетин, дипл. инж. грађ.

Грађевински факултет Универзитета у Београду

Научни рад

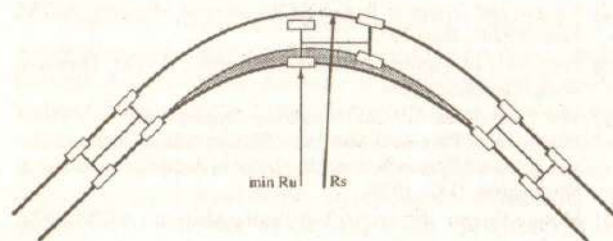
УДК: 625.723:519.68

РЕЗИМЕ

У пројектовању путева и градских саобраћајница веома често се јавља задатак обликовања пројектних линија уз коришћење минималних елемената, односно, уз услов да се возила крећу веома малим брзинама. У таквим условима јавља се значајно одступање путања предњих и задњих тачкова као и потреба познавања трајекторије критичних тачака каросерије возила. У овом раду је приказан рачунарски програм за дефинисање криве минималне проходности са одговарајућом графичком представом. Програм је развијен у окружењу AutoCAD будући да се у њему раде пројекти путева и градских саобраћајница а његова отворена структура је веома погодна за потребне интервенције. Програм је развијен за меродавна возила за градске услове (путнички аутомобил, комунално возило, аутобус и зглобни аутобус). Поред основних информација о математичком моделу дат је и приказ структуре рачунаског програма као и примери његове примене. Програм је оригинално развијен у оквиру дипломског рада Д. Вукосав[6] уз менторство М. Малетина.

1. ОСНОВНЕ ПОСТАВКЕ

У пројектовању и грађењу путева веома често се јавља проблем обликовања путних кривина са малим радијусима кроз које возила пролазе ниским брзинама, тј. брзинама мањим од 30 км/час. Свакако да су у оваквим условима захтеви за минималним заузимањем простора доминантни, тако да се и ге-



Сл. 1. Карактеристичне путање тачкова моторног возила кроз кривину минималног полупречника

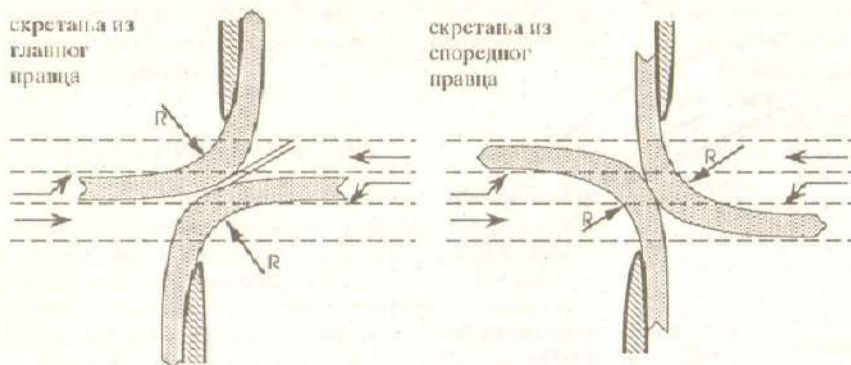
ометријски облик кривине мора дефинисати у условима тзв. минималне проходности возила.

При решавању овог задатка ваља имати на уму да су путање предњих и задњих тачкова различите (слика 1) као и да се до криве која би задовољила постављене услове може доћи на основу низа метода, почев од графо-аналитичког поступка па до експерименталних истраживања.

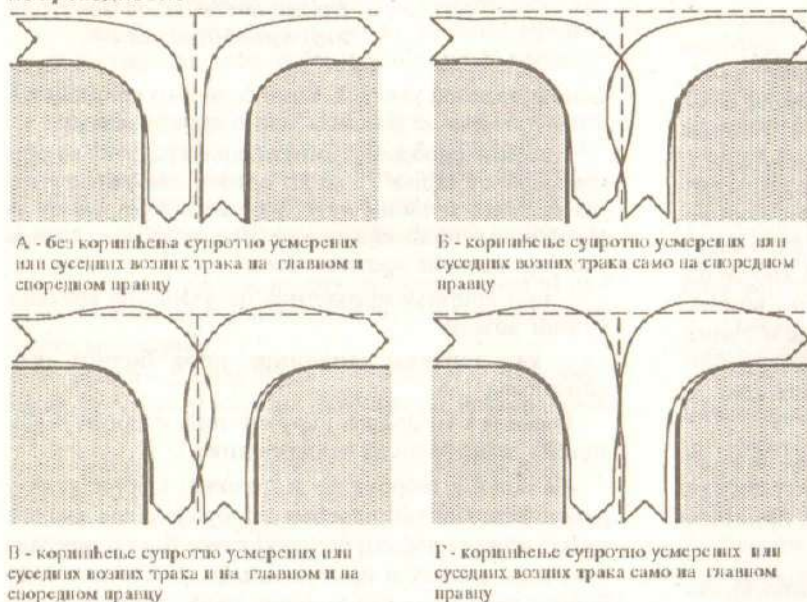
При томе се не сме изгубити из вида чињеница да је, поред доминантне улоге коју има крива описана кретањем задњег унутрашњег тачкова, у низу случајева неопходно дефинисати и путању предњег левог тачкова као и путање предње леве и задње десне тачке каросерије возила. Наиме, веома често ће се у градским условима јавити потреба (на пример, локалне улице, паркинзи, улице са умирењем саобраћаја, окретнице итд.) да се путање каросерије возила усвоје као меродавни гранични услов за постављање, на пример, стубова за осветљење, саобраћајне сигнализације, зеленила итд. У сваком случају, у градским условима ће потреба за обликовањем појединих деоница и/или елемената бити условљена већим просторним ограничењима, те ће и примена кривих минималне проходности бити далеко чешћа него код ванградских путева.

Примена кривих минималне проходности возила се јавља пре свега у зонама раскрсница када је, на основу провере проходности, могуће дефинисати минималне размере конфликтне зоне раскрснице и обликовати капљасте крајеве острва за каналисање саобраћајних струја (слика 2). Формирањем путања крајњих тачака каросерије меродавног возила може се проверити постојање евентуалних преклапања спољних контура за супротно усмерена лева скретања, проверити ширина канала за лева скретања и извршити правилно маркирање водеће линије.

За све градске саобраћајнице примарне путне мреже, неопходно је обезбедити потпуно мимоилажење возила (слика 3-А), међутим, код локалних саобраћајница са малим саобраћајним оптерећењем, односно малом вероватноћом истовременог наилазак возила, могуће су комбинације са коришћењем суседних возних трака, као што је приказано на слици 3-Б и 3-Г. Коришћење суседних возних трака на



Сл. 2. Провера размера конфликтне зоне и обликовање крајева острва за каналисање у зони површинских раскрсница применом кривих минималне проходности



Сл. 3. Могући односи спољних контура минималне проходности на површинским раскрсницама нижег ранга



Сл. 4. Провера проходности и могућности мимоилажења возила у зонама дисконтинуитета у ситуационом плану улице са умиреним саобраћајем

оба прикључна правца по правилу се дозвољава код најнижих категорија локалне мреже.

У зонама са тзв. умиреним саобраћајем јављају се и посебни делови улица на којима се смишљено формира дисконтинуитет у ситуационом плану (слика 4) да би се смањиле брзине возила. Веома често се то јавља на уличним деоницама где није могуће мимоилажење неких или свих врста возила, тако да се морају формирати и обликовати посебне деонице мимоилазница.

Свакако да се мора указати и на велику примену криве минималне проходности при пројектовању интерних мрежа и приступа објектима, нарочито код индустријских зона и складишта где доминирају теретна возила, као и у зонама где је неопходно обезбедити окретање возила (на пример, терминуси јавног превоза, следе улице итд.).

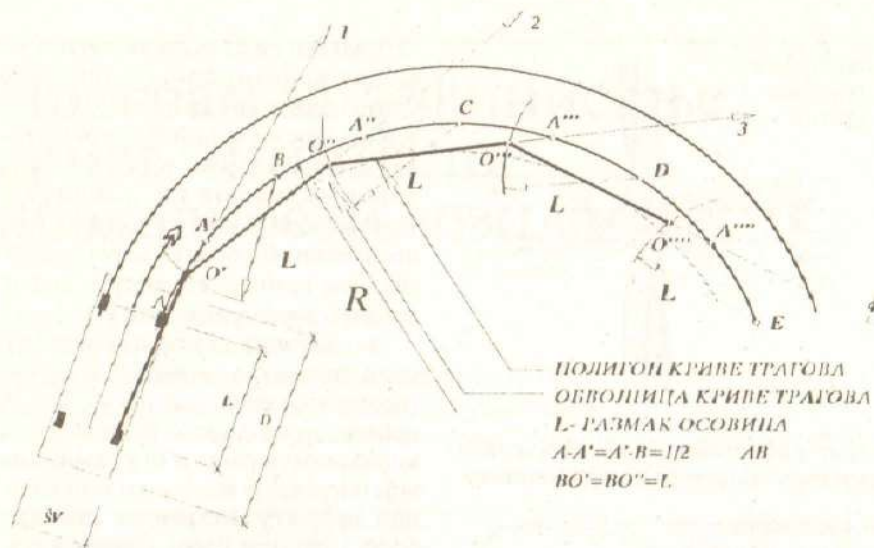
За класични приступ графичком пројектовању у многим земљама израђени су специјални шаблони за проверу проходности за више врста меродавних возила и то у размерама које одговарају идејном и/или главном пројекту раскрснице (размере 1:500, 1:200 или 1:100). Примена савремене рачунарске технологије за пројектовање саобраћајница поставила је веома актуелан задатак да се, као помоћно средство, развије рачунарска програма чијом применом би било могуће проверити проходност појединих делова или елемената саобраћајнице.

2. МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ

У новије време постоји више приступа математичком дефинисању криве трагова, но у практичним пројектантским задацима се најчешће користе тзв. Халтеров апроксимативни метод који је релативно једноставан за конструкцију а даје довољно тачне резултате (слика 5).

Крива трагова се овим поступком добија на следећи начин: предњи десни точак меродавног возила се креће од тачке А до тачке В по унапред дефинисаној путањи, а задњи десни точак се креће дуж праве линије О – А'. Тачка А' се налази на половини пута између тачака А и В. Тачка О' се налази као пресек праве ОА' са кружним луком полупречника $R = L$ (где је L дужина круте базе возила) и тачке В, као центра кружног лука. Сукцесивним понављањем конструкције, добија се крива трагова $O-O'-O''-O'''-...-O_n$, апроксимирана полигоналним низом правих линија. Овако конструисана крива задовољава и у погледу потребног проширења саобраћајне траке.

При изради програма било је потребно дефинисати криву по којој се возило креће. Халтеров поступак претпоставља кретање предњег унутрашњег тоčka по задатој путањи. Међутим, у реалним усло-

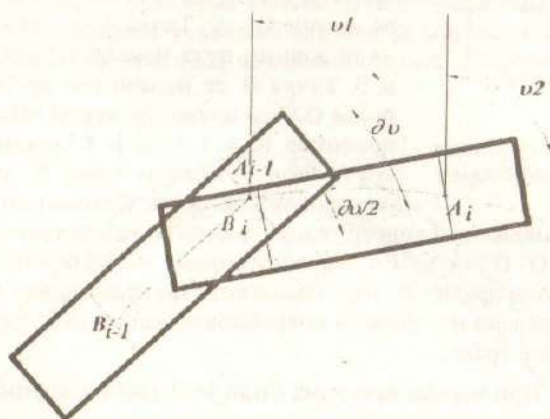


Сл. 5. Халтеров апроксимативни поступак за конструкцију криве трагова

вима често се јављају ситуације у којима путања предњег десног точка није једнозначно дефинисана. Тако се, на пример, при преласку возила из десне у леву кривину (или обротно) не може дефинисати место у којем до тада унутрашњи точка постаје спољни (и обротно). Такође се не може тачно одредити ни путању коју возач прати, јер она зависи од навика, искуства и психо-физичког стања возача. Због тога је усвојено да се средина предње осовине возила креће по задатој линији. На тај начин, једнозначно је дефинисана једна тачка возила која, у свим случајевима, прати путању.

Као последица ове апроксимације, као и ради прилагођавања математичког модела програмском језику "AutoLISP", примењен је поступак приказан на слици 6.

Да би се добио i -ти положај возила (слика 6), потребно је познавати његов $i-1$ положај, тј. знати место тачака у којима су се налазиле средине предње и задње осовине (A_{i-1} и B_{i-1}), као и тачку у којој се, при i -том положају налази средина предње осовине (A_i). Уз претпоставку да правац $B_{i-1}B_i$ полови угао $\partial v = v_1 - v_2$, применом познатих аритметичких израза се може лако добити растојање тачака B_{i-1} и B_i , а



Сл. 6. Поступак конструкције криве проходности возила

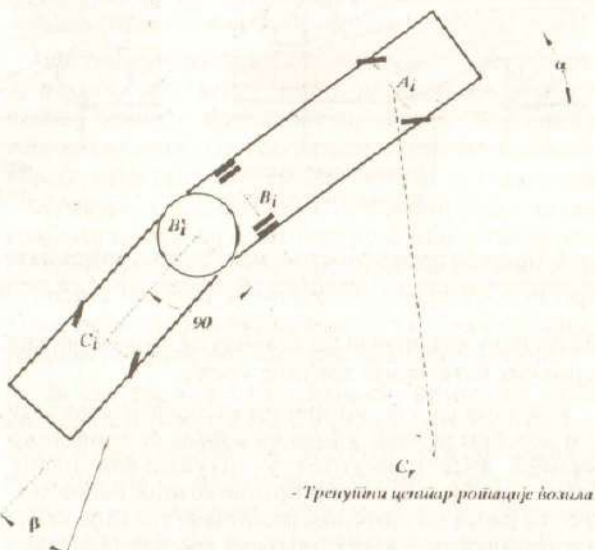
тине и положај тачке B_i . Како се ради о кретању малим брзинама не јавља се бочно проклизавање.

Посебан проблем је описивање кретања возила код којих су задњи точкови приколице управљиви (на пример, зглобни аутобус, тролејбус), па су за одређивање положаја приколице зглобног возила усвојене следеће претпоставке:

- при кретању приколица не утиче на кретање вучног возила
- код точкова приколице нема бочног проклизавања

Овим је i -ти положај крутог тела у равни једнозначно дефинисан на основу слике 7.

На основу теореме да је положај крутог тела у равни једнозначно одређен положајем две његове тачке, може се добити положај тачке B_i која припада и вучном возилу и приколици. Да не би дошло до бочног проклизавања точкова приколице, положај тачака A_i , B_i , B'_i и C_i мора бити као на слици 7. На



Сл. 7. Положај приколице у односу на вучно возило

основу познатог положаја две тачке које припадају приколици (B_i и C_i), једнозначно је одређен и положај целе приколице.

3.0 СТРУКТУРА ПРОГРАМА

На слици 8 приказан је блок дијаграм програма "ТРАГ". Програм је развијен у окружењу AutoCAD-а, и то из два основна разлога: то је систем у коме се по правилу раде пројекти путева и градских саобраћајница, а његова отворена структура је веома погодна за потребне промене или нове интервенције.

Први део програма формира слојеве (лејере) потребне за рад. Предвиђено је формирање следећих слојева:

- возило – у овај лејер се смештају блокови возила, уколико се од програма захтева њихово цртање,
- предњи – предвиђен је за цртање путање предњих точкова, или левог и десног краја предњег браника,
- задњи – садржај лејера је дефинисан од стране корисника. У њему се могу налазити путање левог и десног задњег точака, или путање леве и десне тачке које се налазе на каросерији возила изнад задње осовине (тј. тачке којима је дефинисана крива минималне проходности),
- зглобни – у овом лејеру се могу налазити путање точкова приколице, или путање меродавних тачака каросерије,
- грешка – у овај лејер се упртавају ознаке које показују места у којима је дошло до прекорачења

максималног закретања предњих точкова, односно зглоба возила.

Оваквом организацијом цртежа је омогућено кориснику да одређене елементе уклони са цртежа, промени им тип линије, или им при исцртавању додели различите боје (а тиме и одређене дебљине пера).

Корисник може бирати тип меродавног возила који одговара конкретном задатку. То подразумева формирање тзв. блока возила у оквиру програма. За рад програма су потребни одређени нумерички подаци о габариту возила. Ти подаци се дефинишу као атрибути у оквиру блока возила. Потребне су следеће бројне вредности:

- дужина круте базе,
- максимални могући угао закретања предњих точкова,
- растојање између предњег браника и предње осовине,
- растојање између задње осовине и задњег браника (или центра ротације зглоба код зглобног возила),
- максимална ширина возила (габарита) и
- осовинско растојање точкова.

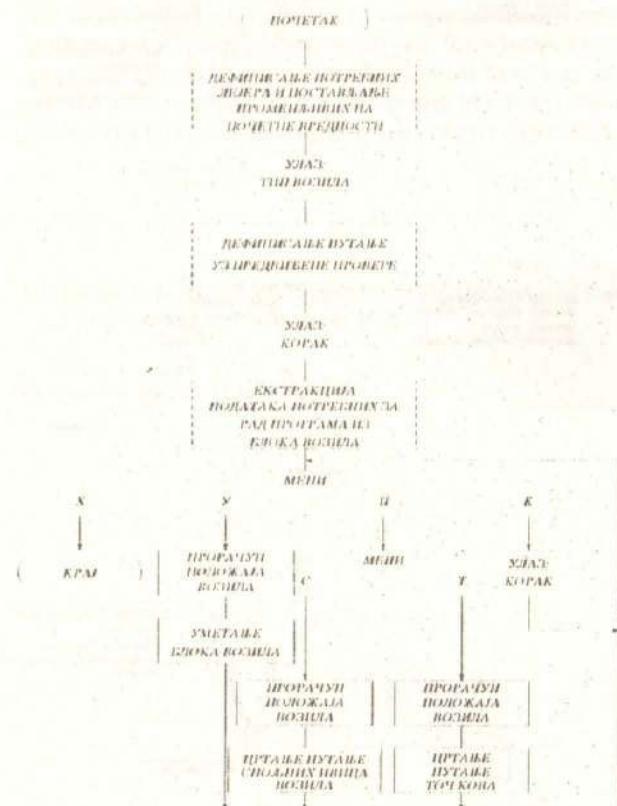
Атрибути потребни за прорачун и дефинисање криве минималне проходности за приколицу зглобног возила су:

- растојање од центра ротације зглоба до средине задње осовине
- максимални угао закретања зглоба у односу на вучно возило и
- дужина задњег препуста приколице.

У овом раду су развијени блокови меродавних возила са одговарајућим атрибутима (слика 9).

Главни мени обухвата четири опције:

- X (излаз) – којом се излази из програма "ТРАГ",
- K (корак) – којом се омогућује промена корака,



Сл. 8. Блок дијаграм програма "ТРАГ"



Сл. 9. Карактеристике меродавних возила за пројектовање градских саобраћајница



Сл. 10 – Почетни положај возила

– У – којом се од програма захтева уметање блока возила у тачкама путање са претходно задатим кораком,

– П – којом се од програма захтева цртање путање тачкова или меродавних тачака габарита, што се дефинише избором корисника у подменију (С – спољна контура или Т – тачкови).

У оквиру опција У и П обављају се потребни прорачуни и графичко представљање добијених резултата.

Да би се дефинисала путања возила потребно ју је претходно нацртали у програму "AutoCAD". Бира се приказивањем елемената путање, при чему је њихов редослед одређен смером кретања возила. При избору путање могуће су грешке, па су због тога предвиђене провере.

– Провера да ли се показани елемент наставља на претходни (тј. да ли имају заједничку тачку). При томе се као критеријум тачности узима вредност 0.001, што се може променити. У случају непостојања заједничке тачке, програм даје поруку о томе, а затим се враћа на последњи исправно изабран елемент и захтева избор елемента који задовољава потребне услове.

– Провера да ли је показани елемент претходно изабран. У случају да се исти елемент два (или више) пута покаже, програм игнорише његов поновни избор, и при томе обавештава корисника о томе.

Путања возила мора испуњавати следеће услове:

– мора бити континуална (последња тачка $i-1$ елемента је истовремено и почетна тачка i -тог елемента), са одређеном тачношћу,

– мора бити састављена од "AutoCAD" ентитета, и то линије, лука и полилиније.

Полилинија (polyline) је врста "AutoCAD" линије, састављена од праваца и кружних лукова који се настављају један на други, и при томе формирају један ентитет. Линија и лук представљају правац и кружни лук, а полилинијом се апроксимира прелазница. Програм подразумева да се полилинија састоји од правих линија, а не од кружних лукова.

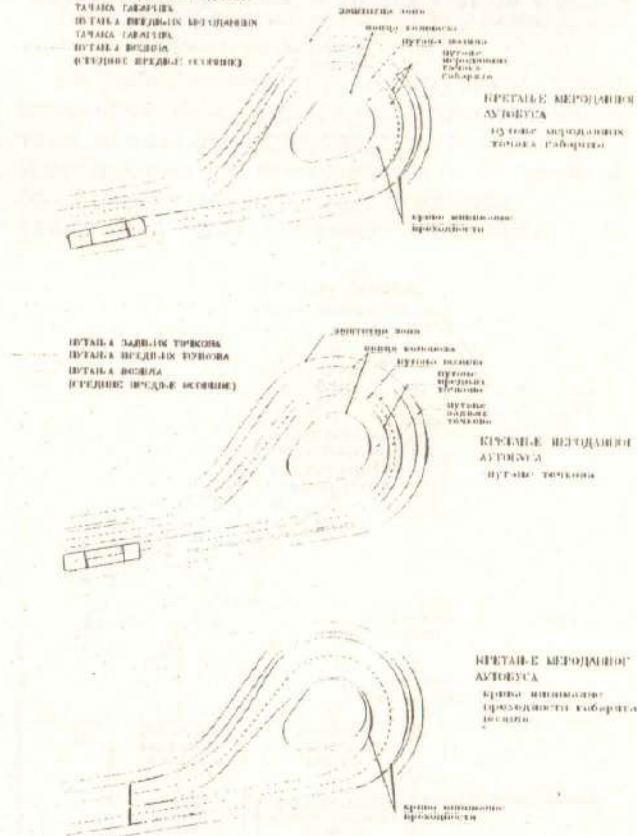
По завршетку избора путања програм захтева још два податка. Први је растојање (корак) између

две узастопне тачке у којима се обавља прорачун. Програм има ограничење у погледу величине корака. Максимална дозвољена дужина корака је једнака двострукој дужини круте базе меродавног возила. Ова вредност је усвојена јер даје минималну потребну тачност за формирање криве минималне проhodности. Претпостављено је да ће се, у већини случајева, захтевати већа прецизност (мањи корак). У случају да се зада корак већи од дозвољене вредности, предвиђено је његово умањење на максималну дозвољену вредност, и обавештавање корисника поруком на екрану. Минимална дужина корака није ограничена, али се, ради бржег извршавања програма, као оријентациона минимална вредност може препоручити половина дужине круте базе возила. Даље смањење ове величине нема значајнији утицај на повећање тачност.

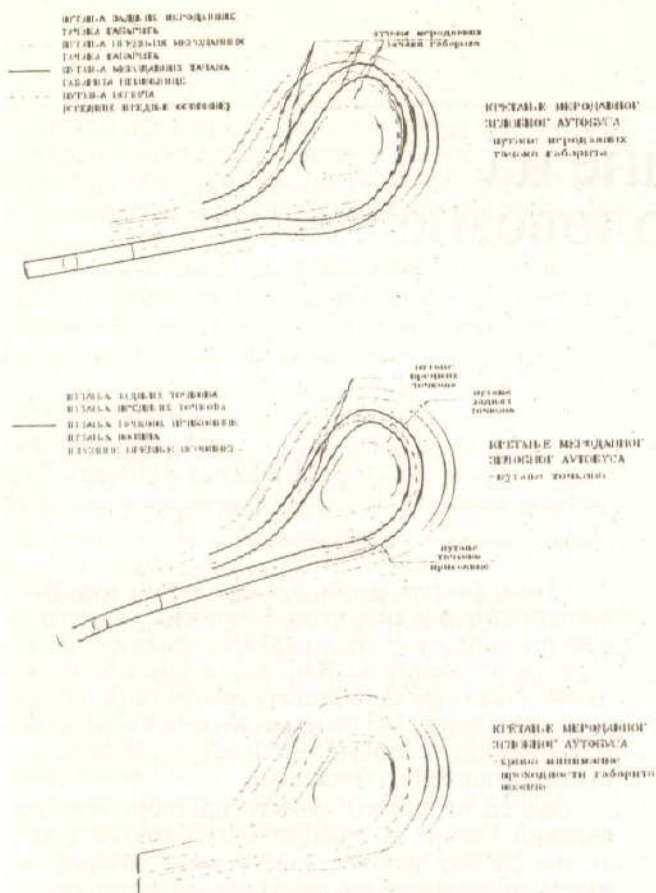
Друга захтевана вредност је величина почетног угла, тј. угла под којим се возило налази у односу на почетак путање. Овај угао се задаје приказивањем тачке, која, заједно са почетном тачком путање, дефинише правац пружања круте базе возила у почетном положају (слика 10).

4. ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ ПРОГРАМА

У оквиру рада извршена је и провера могућности примене развијеног програма за конкретне пројектантске задатке. На слици 11 приказане су путање меродавних тачака габарита, путање тачкова, као и



Сл. 11. Кретање меродавног аутобуса кроз стандардну окретницу

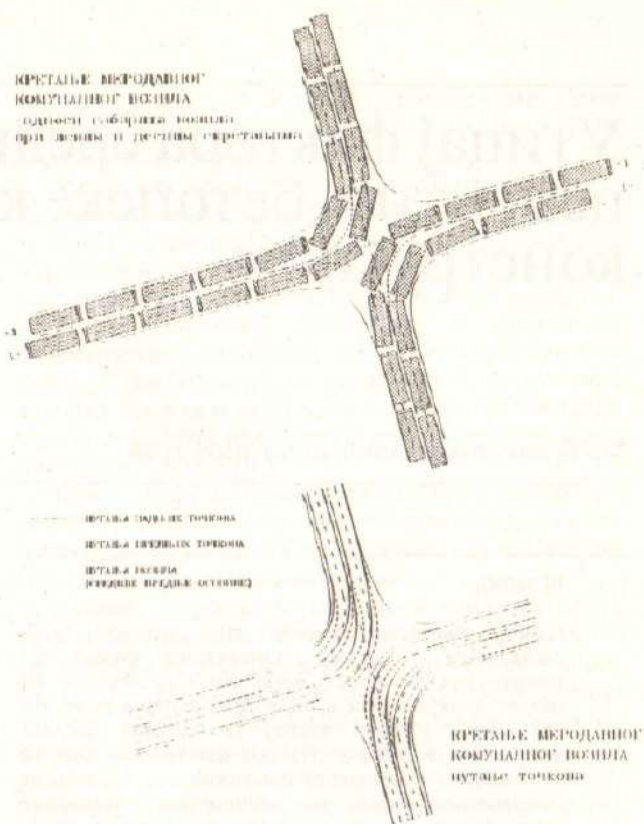


Сл. 12. Кретање меродавног зглобног аутобуса кроз стандардну окретницу

крива минималне проходности за аутобус у подручју окретнице, а на слици 12 су приказане те исте информације за зглобни аутобус. На слици 13 су приказане путање точкова меродавног комуналног возила у зони раскрснице, као и низ положаја габарита возила код маневра левих и десних скретања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Катанић, Ј., Анђус, В., Малетин, М.: Пројековање путева, Грађевинска књига, Београд, 1983.



Сл. 13. Кретање меродавног комуналног возила у зони раскрснице

- [2] Малетин, М.: Градске саобраћајнице, Грађевински факултет, Београд, 1992.
- [3] Meschik, M.: Simulation von Schleppkurven verschiedener Fahrzeuge, Wien, 1992.
- [4] Fong, K.T., Chenu, D.C.: Simulation of truck turns with a computer model, TRR 1100, Washington D.C., 1986.
- [5] AutoLISP – Programers Reference, Release 11. AUTODESK, Ltd., Guilford, 1990.
- [6] Вукосав, Д.: Пројекат деонице регионалног пута Београд – Смедерево, Дипломски рад одбрањен 1992. год. на Грађевинском факултету у Београду

Утицај фактора средине на цементно-бетонске коловозне конструкције

Мр Бранислав Мишић, дипл. инж. грађ.

Прегледни рад
УДК: 625.84.04:620.171.3

РЕЗИМЕ

Главни фактори средине чије утицаје треба сагледавати у свим производним фазама су: температура, влажност, оптерећење и подлога. На основу прикупљених и обрађених знања у свету и код нас [6], у овом чланку је изложен предлог методологије анализе утицаја фактора средине на понашање цементно-бетонских коловозних конструкција, као и дефинисање потребних параметара за анализу најбитнијих фактора средине за наше услове.

1. УВОД

Главни фактори средине чије утицаје треба сагледавати у свим производним фазама, почев од фазе избора и припреме основног материјала, па преко справљања, транспоновања, уграђивања и неговања, до понашања очврслог бетона у периоду експлоатације су: температура, влажност, оптерећење и подлога.

Делујући на цементно-бетонски коловоз, преко његових компоненти, а у зависности од конструкције плоче, растојања и типа спојница, ови фактори стварају напоне који, уколико достигну граничне вредности, доводе до његовог лома.

2. УТИЦАЈИ ФАКТОРА СРЕДИНЕ У КЛАСИЧНИМ ТЕОРИЈАМА ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ

У досадашњим разматрањима доминирали су утицаји саобраћајног оптерећења и подлоге. Ова два параметра и не представљају "праве" факторе средине, јер се саобраћајно оптерећење може лимитирати, а сама подлога у крајњој инстанци представља економску категорију. Она искључиво физички делује на цементно-бетонски застор у смислу равномерне носивости (до много мањег значаја је величина носивости), што је њен превасходни циљ, и као таква представља фактор средине на који се може утицати.

Према томе, основни фактори средине који у зависности од климе делују на бетонски коловоз пуним интензитетом своје непредвидљивости су температура и влажност.

Утицај фактора средине у класичним теоријама димензионисања цементно-бетонских коловозних конструкција је у општем случају изражен преко саобраћајног оптерећења. Напонско стање у бетонској плочи анализира се на основу интеракције оптерећења и подлоге. Основне разлике међу методама јављају се због специфичности захтева који се постављају у погледу оптерећења.

Тако се, на пример, за исти принцип димензионисања путних и аеродромских бетонских површина јављају разлике у величини оптерећења, начину и распореду његовог преноса на коловоз.

Дозвољена оптерећења у путном саобраћају су лимитирана. Тешка возила су меродавна, а меродавно је оптерећење по простој или тапдем осовини, док се код комерцијалних возила обавља еквивалентно претварање у меродавна оптерећења. У авио саобраћају оптерећења свакодневно расту. У последњих 55 година маса путничких авиона се увеличала 40 пута. Овај утицај се нивелише повољним распоредом точкова и стајних трапова, као и класица аеродрома према ICAO-у.

Утицај подлоге је у анализу увођен преко вредности CBR, модула реакције и модула еластичности. У овим параметрима се имплицитно налази утицај влажности.

Не постоји класична метода димензионисања цементно-бетонских конструкција, изузев методе коначних елемената, која узима у обзир напоне од температуре. Да би се испунили захтеви у том погледу препоручује се да се напони од оптерећења и температурних промена провере користећи једначину:

$$\sigma(r) + \alpha(\Delta T) < MR$$

где је:

$\sigma(r)$ = напон затезања у дну плоче услед оптерећења,

$\alpha(\Delta T)$ = напон затезања у дну плоче услед температурног градијента,

MR = модул лома бетона.

Ова врста контроле се примењује за неармиране бетонске плоче да би се избегло стварање пукотина у коловозу на местима највећих напона [8].

3. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ФАКТОРА СРЕДИНЕ

На основу прикупљених и обрађених знања у свету и код нас, у овом чланку је изложен предлог

методологије анализе утицаја фактора средине на понашање цементно-бетонских коловозних конструкција, као и дефинисање потребних параметара за анализу најбитнијих фактора средине за наше услове.

Класификацију меродавних података треба обавити на основу врсте утицаја (или произведене деформације) посматраних фактора средине на цементно-бетонски коловоз.

3.1 Температура

Температура утиче на напонска стања у цементно-бетонским коловозним конструкцијама у фазама свежег, очвршћавајућег и очврстог бетона, на неговање у смислу правовременог усецања спојница и на конструктивне елементе (спојнице).

Температура утиче директно:

- једноликом, униформном променом,
- температурним градијентом (разлика у температури на површини и дну плоче у функцији дебљине плоче),
- термичком некомпатибилношћу компонената бетона (ТНКБ),
- коефицијентом термичке дилатације (КТД) и индиректно, изазивајући:
- промене агрегатних стања водене паре,
- убрзавајући или успоравајући неке процесе и тиме отварајући простор за деловање додатних утицаја.

Бетони, изложени температурним променама, морају имати компоненте приближно истих коефицијената термичке дилатације, јер у супротном, услед термичке некомпатибилности, долази до различитих промена запремине појединих компоненти, што изазива напрезања и прелине у њима [9]. Овде треба истаћи чињеницу да кречњаци, који су у нашим условима најчешће коришћен агрегат, имају изузетно низак коефицијент термичке дилатације (двадесет и више пута нижи од цементног тела или кварцног агрегата), што с временом може бити узрок бржем пропадању бетона. Сама термичка некомпатибилност компоненти, осим у случају екстремно ниског коефицијента термичке дилатације агрегата, не може брзо и јако да оштети бетон. Међутим, у комбинацији с дејством мрза или соли, могућност разарања бетона расте експоненцијалном брзином.

Услед једнолике промене температуре у бетонској плочи долази до њеног издужења или скраћења којим се супротставља трење између плоче и подлоге. Константан пораст температуре у току лета може изазвати затварање привидних спојница и појаву подужног напона притиска, па се због тога експанзионе спојнице морају радити у периоду од октобра до априла. Узимајући у обзир утицај трења између плоче и подлоге, у случају хлађења одозго, долази до појаве додатних затежућих напона, а у случају загревања, до појаве притисака.

Због неједнолике промене температуре која зависи од локације, доба дана и године, боје плоче итд., у бетонској плочи долази до појаве додатних напона увијања, што изазива конвексно деформисање при загревању и конкавно при хлађењу одозго.

Тенденција плоча да се увије (издигне у вис), бива спречена сопственом масом плоче, што ствара напоне затезања у средишњем делу.

У фази неговања бетона, при температурама ваздуха вишим од 24°C, после уграђивања, потребно је транспорт, уграђивање и завршну обраду, обавити у најкраћем могућем року. Енергија збијања и вибрирања мора бити повећана. Губитак влаге најефикасније се спречава влажењем и додавањем пигментираних једињења која рефлектују сунчеве зраке. У комбинацији са релативном ниском влажношћу ваздуха и ветром, препоручује се употреба спреја за хлађење ради спречавања пукотина услед пластичног скупљања.

При утицају хладног времена (температуре испод 10°C) потребно је сушење топлим ваздухом коме се по потреби додаје влага. За време снежних падавина бетонирање се не дозвољава.

Сечење спојница је најделикатнија операција при изради цементно-бетонских коловозних застора, а обавља се у фази очвршћавања бетона у периоду неге. Избор времена кад треба приступити сечењу спојница је изузетно важна и компликована процедура, с обзиром на чињеницу да температура и релативна влажност могу знатно варирати у оквиру целог, па чак и посебног дела једног пројекта [5]. За израду и пројектовање дилатационих спојница у бетонском застору везано је пуно тешкоћа, судећи по појединим решењима и њиховој ефикасности, уз врло често сасвим супротна мишљења. То је сасвим нормално јер је проблем спојница веома сложен, због утицаја фактора средине, као и због чињенице да сва оштећења коловоза управо и почињу од спојница.

Формирање спојнице слабљењем пресека бетона (зарезом одређене дебљине и дубине), захтева прецизно одређено време да би се спречило неконтролисано пуцање плоча [5]. Нормално, температура коловоза достиже своју највећу вредност непосредно после везивања цемента затим постепено опада због смањене хидратације и хладнијих температура ваздуха за време прве ноћи. Скупљање коловозне плоче услед хлађења је спречено трењем са подлогом, што проузрокује напоне затезања у доњем делу плоче. Ови напони изазивају почетно формирање пукотина, у првих 24 часа, на растајању које варира од 30 до 60 м, зависно од особина бетона, стања подлоге и утицаја околине. Да би се изазвало стварање пукотина на предвиђеним местима, усецање зареза (до најмање једне четвртине дебљине плоче) треба да буде изведено кад бетон постигне довољну чврстоћу која омогућава просецање без изазивања мрвљења, чупања и крзања зрна агрегата. Уобичајено је да се усецање спојница обави између 4 и 8 часова по уграђивању бетона, а некад и после 12 часова. Ово време може бити и за половину мање (нарочито у топлим временском периоду) или два пута веће.

Најраније време усецања спојница се одређује пробом (опитом) и када се установи, зарезе треба комплетирати што је могуће пре, нарочито пре него што се у уграђеном бетону развију притисци услед пада температуре и сушења. Ако се у плочи развију исувише велики напони пре почетка усецања, пукотине се могу појавити испред (места сечења), као да

су зарези направљени. При појави неконтролисаног пуцања испред места усецања, могуће је ту појаву умањити усецањем у два пролаза, с тим да први пролаз иде до половине дебљине плоче.

Ако се са усецањем закасни, бетон испуца на непредвиђеним местима па спојнице остају без функције. С тога треба пазити да се "ухвати" време када је усецање најефикасније.

Извршеним испитивањима је утврђено да је најбоље да се спојнице усецају кад бетон постигне чврстоћу од 12 до 13 МПа и да тада треба сећи сваку трећу спојницу (на 18 m), а остале (на 6 m) после неколико дана при чврстоћи бетона од 25 до 30 МПа.

Основни параметри температуре које треба дефинисати за анализу напонских стања (напони од дилатирања, извијања, савијања, скупљања и ширења плоче у смислу површинског исушивања у фази свежег бетона, као и спреченог попречног и подужног ширења у фази експлоатације) су:

- максималне и минималне годишње температуре,
- максималне и минималне дневне температуре,
- температурни градијенти.

При неговању свежег цементно-бетонског коловозног застора треба дефинисати:

- апсолутне дневне максималне и минималне температуре,
- дужине њиховог трајања и присуство ветра.

Све меродавне температуре треба посматрати и анализирати за протекли период времена од 20 година.

При одређивању конструктивних карактеристика, где се пре свега мисли на дебљину плоче и ширину спојница, треба дефинисати максималне и минималне годишње и дневне температуре за период од протеклих 20 година, уз праћење индекса мраза.

3.2 Влажност

Влажност утиче на носивост постелице, бурење тла, могућност формирања ледених сочива у подлози као и на стварање напона савијања у бетонској плочи услед разлике у њеном садржају.

Влажност, као фактор средине, утиче директно:

- као вода,
- као водена пара,
- као лед,

и индиректно, утичући на квалитет и носивост подлоге, изазивајући појаве испирања и "пумпања" финих честица.

У спрези са температурним утицајима, влажност у процесу наизменичног мржњења и отапања, и физички разарајуће делује на бетон, а при том фреквентност процеса формира и нову категорију напона услед "замора" материјала. Стварањем поледице јавља се на бетон и утицај соли за отапање.

У фази неговања висина процента релативне влажности утиче на већу или мању евапорацију.

У конструктивном смислу присуство влаге у плочи и спојницама има кородирајуће дејство, што смањује носивост и изазива напоне услед спреченог ширења.

Треба имати у виду да температура и влажност утичу на бетонски коловоз у зависности од климатског подручја, а да су њихове вредности у оквиру подручја константне у смислу амплитуда промене (високе и ниске температуре, висока и ниска релативна влажност итд.).

У принципу, треба тежити да се влажност елиминисе водонепропусним мембранама испод бетонских плоча и условима доброг дренажа.

Основни параметри влажности за анализу помених стања треба да се дефинише подацима о:

- проценту релативне влажности за сваких 15 (минимално) до 30 (максимално) дана у току године, а за период од 20 година уназад,
- количини (висини) воденог талога месечних, сезонских и годишњих просечних падавина.

3.3 Подлога

Потребно је дефинисати носивост подлоге изражену првенствено преко повратног модула тла, а у недостатку опреме, преко модула реакције тла, вредности CBR-а и Поасонових коефицијената. Због великог утицаја влажности на карактеристике материјала у подлози, особине подлоге треба анализирати за сваки месец у години (а пожељно је на сваких 15 дана).

3.4 Оптерећење

За анализу оптерећења, као меродавног фактора средине, треба припремити податке о величини осовинског оптерећења, оптерећења по точку, о расподели оптерећења по стајном трапу (код авиона), броју осовина, величини контактеног оптерећења, радијусу контактне површине и расподели оптерећења у оквиру попречног профила коловоза, а у зависности од понављања оптерећења у току године и на крају пројектног периода.

3.5 Дејство комбинованих утицаја

Опити напрезања од оптерећења и температуре обављени у Лабораторији за путеве у Енглеској (TRRL) показали су да се утицај температуре манифестује појавом највећих напона затезања на површини плоче у раним јутарњим часовима и нешто мањим на дну плоче почетком поподнева. Промена дебљине плоче незнатно утиче на напоне на површини, а на дну плоче је занемарљива. У току ноћи напони од оптерећења и температуре су супротних дејстава, па не могу бити узрок стварања пукотина у очврслом бетону. У поподневним сатима се напони од температуре и оптерећења суперпонирају и морају се узети у обзир при анализи напонског стања.

Резултати AASHO опита [10] указују на промену напонског стања у зависности од дебљине плоче, температурног градијента, времена у току дана и годишњег доба. Највеће вредности напона савијања услед дејства температуре (без обзира на њену дебљину) могу се очекивати у касном пролећу, летњем периоду и раној јесени, док су најниже у зимском. Максималне вредности напона у плочи се поклапају са вредностима температурних градијената.

3.6 Замор материјала

Основни недостатак методе PCA, која се сматра најпознатијом за одређивање замора бетона, је што не узима у обзир термичке напоне. На основу испитивања [3] предложена је крива замора која узима у обзир и термичке напоне:

$$\sigma_{\max} / \sigma_s = 1 - \beta(1-R) \log N$$

где је:

$$\sigma_{\max} = \sigma_o + \sigma_t$$

σ_o = напон од оптерећења, N/mm²

σ_t = напон од температуре, N/mm²

σ_s = дозвољени напон на затезање при савијању, N/mm²

β = коефицијент чија се вредност креће у интервалу 0.07 до 0.21

$$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = \sigma_t / (\sigma_o + \sigma_t) = 0.00 \text{ до } 0.90,$$

N = број понављања оптерећења који изазива лом.

Замор материјала и настала оштећења изражени преко Минеровог кумулативног модела, гласе:

$$FD = \sum_{i=1}^{i=n} (n_i / N_i)$$

где је:

FD = оштећење настало услед акумулираног замора, у оквиру пројектног периода на ивици коловоза,

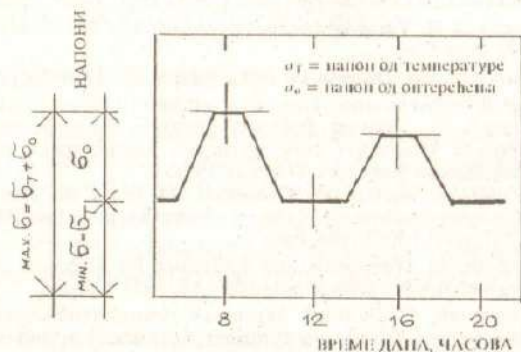
n_i = број прелаза осовинског оптерећења i -те величине,

N_i = могући (допуштени) број прелаза осовинског оптерећења i -те величине са гледишта замора очитан са криве замора.

Теоријски, до оштећења долази ако је $FD > 1$. Шематски приказ циклуса напона од оптерећења и температуре приказан је на слици 1, а односи напона на слици 2.

Вредност коефицијента R је променљива у времену, исто као и напони од температуре и оптерећења.

Услови за критични напон стварају се у плочи када се због позитивног термичког градијента појаве напони увијања (савијања), на пример, температура површине коловоза је виша него температура дна плоче (услови преко дана), па се претпостави да је доња граница поновљеног напона увек позитивна



Сл. 1. Шематски приказ напонских циклуса у бетонском коловозу

($\sigma_{\min} > 0$), исто као и коефицијент R . Да би се представио утицај коефицијента R на димензионисање коловоза у функцији односа σ_o / MR и σ_t / MR , конструисан је дијаграм на слици 2, где MR представља модула лома бетона. Линија (а), чија је једначина:

$$(\sigma_o + \sigma_t) / MR = \sigma_{\max} / MR = 0.5$$

дели раван дијаграм у два дела, А и Б, који представљају стања напона која производе оштећења услед замора, или их не производе, на пример, стања напона испод границе лома, која одговарају односу $\sigma_{\max} / MR = 0.5$.

Линија (б) представља сва стања напона у коловозу настала суперпонирањем максималног напона од оптерећења и напона савијања, који у том тренутку варира између нуле и $\sigma_{t, \max}$, док линија (с) представља све могуће комбинације максималног напона при савијању и придруженог саобраћајног оптерећења. Сва могућа стања напона у плочи представљена су површином омеђеном линијама (б) и (с). Само стања напона која се налазе у осенченој површини треба узимати у разматрање као изазивач лома конструкције.

Свака права линија повучена из координатног почетка коју дефинише једначина:

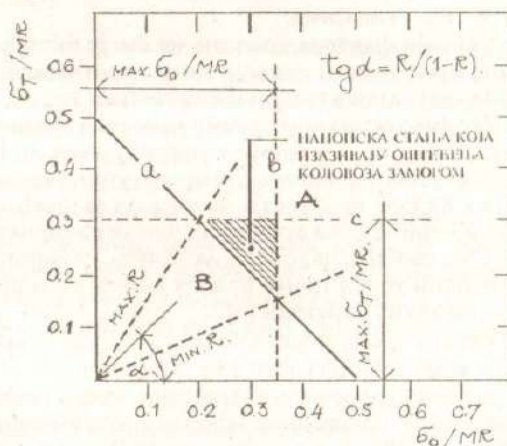
$$\sigma_t / MR = R \sigma_o / (1-R) MR$$

представља стања напона окарактерисана константним коефицијентима R , а граничне вредности за R , представљене испрекиданим линијама, дефинисане су једначинама правих:

$$\max R = \sigma_{t, \max} / 0.5 MR$$

$$\min R = 1 - \sigma_{o, \max} / 0.5 MR$$

и зависе само од коефицијената сигурности који се односи на максимални напон од оптерећења.



Сл. 2. Минималне и максималне вредности коефицијента R

4. ПРИМЕНА УТИЦАЈА МЕРОДАВНИХ ФАКТОРА СРЕДИНЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ

При пројектовању цементно-бетонских коловозних конструкција треба јасно истаћи све параметре који су узети у обзир (на пример, карактеристике материјала, применене методе за анализу напрезања од оптерећења и температуре, принципе вршења суперпонирања, утицаја.

Методолошки приступ сваком, па и овом проблему, мора да поштује основне постулате:

а. сврха истраживања,

б. начин на који се истраживање обавља, тј. технолошки поступак експеримента мора бити дефинисан на основу познатих процедура,

в. класификација и аналитичка обрада прикупљених, измерених или очитаних података,

г. примена аналитички обрађених података у сврху истраживања,

д. доношење закључака на основу добијених резултата истраживања и указивање на правце којим би се у конкретним случајевима наставило са радом или вишим нивоом праћења феномена.

Да би се рад на изналажењу укупног утицаја фактора средине на цементно-бетонске коловозе, израженог преко максималног напонског стања у плочи могао ефикасно обављати потребно је:

1. установити технолошки алгоритам брзог и тачног прикупљања података,

2. установити и унифицирати приступ проблематици, уз брзу и ажурну обраду података.

Уколико би претходне ставке биле испуњене, онда би се директно користили подаци ради спречавања разорних утицаја, а не као што је данас случај: припрема података са "сећањем на будућност" – у већ, давно прошлом времену, тј. у чврстом ставу на сломљеном коловозу.

5. ЗАКЉУЧАК

1. Температура, влажност и подлога су фактори средине који, без обзира на своју привидну апстрактност, утичу појединачно или комбиновано на бетонски коловоз.

2. Све компоненте бетона су мање или више подложне тим утицајима.

3. Утицаји фактора средине не смеју бити занемарени, јер су истог реда величине, као и евидентни и лако схватљиви утицаји оптерећења.

4. Уколико се за индексе узму просечне вредности напона добијене класичним прорачунима, онда у летњем периоду напони од температурних промена достижу 82,35% вредности напона од саобраћаја; у зимском периоду ова вредност (при непромењеним утицајима саобраћаја) опада на 33,48%, уз напомену да су напони услед трења између подлоге и плоче у овом прорачуну занемарени.

5. Уколико се за индексе посматрања узме њихова укупна комбинација (лето 4,03 МПа, зими 2,95 МПа), онда је однос напона од оптерећења, према осталим утицајима фактора средине, исказан у летњем периоду са 54,84 према 45,16%, а у зимском са 74,92 према 25,08%.

6. У укупном, апсолутном износу, утицаји фактора средине, изражени преко напона у бетонској плочи, крећу се у границама од 25% (зими) до 45% (лети); према томе, јасно је да занемаривања не сме да буде, јер би се екстремном променом било ког утицаја, под неповољним околностима суперпонирања дозвољени напони у бетону, врло брзо превазишли.

7. Ако треба спровести анализу утицаја фактора средине у току једне године, на пример, у нашим условима, онда би:

– у зимском периоду, у обзир узимали комбинацију утицаја оптерећења и температуре,

– у пролећном и јесењем периоду, комбинацију утицаја оптерећења, влажности, температуре и подлоге,

– у летњем периоду, доминантни су утицаји оптерећења и температуре.

8. Познавањем периода утицаја фактора средине (изузев оптерећења), могу се тачно, унапред одредити:

– повољности за рад уопште,

– времена везивања бетона,

– употреба и дозажа цемента и воде,

– употреба типа и дозажа додатака бетону,

– мере превенције.

9. Уколико је коловоз у експлоатацији, са утврђеним редоследом и интензитетом утицаја фактора средине (укључујући и саобраћај), може се, са великом дозом тачности, предвидети шта се може очекивати у смислу предузимања неких рехабилитација или реконструкција.

Досадашње анализе и методе [1], [2], [4], [8], као и уопште све класичне методе, су појаве деформација третирали као последицу неадекватног приступа избору одела саобраћајног оптерећења, броја поновљених оптерећења, уз основни циљ да се напони у цементно-бетонским коловозима одреде под тако усвојеним оптерећењем, мерењем дефлексија (угиб – теорија еластичности).

У новије време придаје се велики значај и утицајима осталих фактора средине, специјално температурним променама, што су многобројни аутори [2], [3], [5], [9], већ почели да истичу у својим теоретским радовима, који су сви до једног базирани на извршеним истраживањима у ААШО опиту.

Коначно, приступ оваквој методологији за утврђивање утицаја фактора средине на цементно-бетонске коловозе у смислу анализирања наведених података има двоструки циљ:

А. Подаци су потребни за директно извођење радова или за делимично коришћење у појединим фазама рада

Б. Подаци ће се користити у фази пројектовања (у бироу и у лабораторији) да би се потенцијалне напонске силе што приближније предвиделе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цветановић, А., Колуница, Б. "Приказ метода за димензионисање крутих коловоза" Пут и саобраћај 11–12/1980. Београд
- [2] Цветановић, А. "Основи путева", Научна књига 1989. Београд
- [3] Domenichini, A., Marchionni, A. "Influence of Stress Range on Plain Concrete Pavement Fatigue Design" 2 Int. Conf. on Concrete Pavement Design 1981. West Lafayette
- [4] Horoweff, R. "Planning and Design of Airports" Mc Graw Hill 1975. New York
- [5] "Joint-Related Distress in PCC Pavement" TRB 56/1979. Washington D.C
- [6] Минић, Б. "Утицај фактора средине на цементно-бетонске коловозне конструкције", Магистарски рад, Грађевински факултет, Београд 1991.
- [7] Nissoux, J., Verhee, F. "Chaussées en beton de ciment. Techniques de chaussée neuve et d'entretien pour l'an 2000" LCPC, special XVI/1990. Paris
- [8] Sargious, M. "Pavements and Surfacing for Highways and Airports" Applied science publishers Ltd. 1975. London.
- [9] Вељечанин, С. "Утицај термичке некомпатибилности компоната бетона на трајност бетонских коловоза". Посветовање о бетонским возишћима 1985. Љубљана
- [10] Јоксич, З. Резултати испитивања обављених на флексибилним и крутим коловозним конструкцијама у окриву ААСХО опита, ДГА–1222, Београд, 1972.

Пројектовање система за подповршинско одводњавање путева

Мр Стојанка Мишић, дипл. инж.
Грађевински факултет, Београд

Научни рад
УДК: 625.731.3:691.1:677.497

РЕЗИМЕ

У раду је приказана концепција пројектовања система за подповршинско одводњавање путева коришћењем модела на основу којих се захтевања ефикасност дренажања (као економска категорија) одређује у зависности од водопрпусности или попречног пресека дренажног слоја. Посебно је приказана методологија избора одговарајућег типа геотекстила као замене за филтарске слојеве од природног материјала.

1. УВОД

Изградњом путева ремете се природни услови струјања воде у тлу чиме се повећава могућност рушења тла. Због тога је потребно применити одговарајуће техничке мере да би се заштитила и природна средина и новонаизграђени објекти.

Елементима система за подповршинско одводњавање-дренирање, треба да се спречи продирање и задржавање воде у зони дејства саобраћајног оптерећења. Вишак слободне воде у тлу у коме се и од кога се обично граде објекти доњег строја саобраћајнице (узеци и насипи) главни је узрок разарања коловозне конструкције и стварања трајних деформација ма колико она била квалитетно пројектована и изведена.

2. ПРОЈЕКТНИ ПАРАМЕТРИ

Присуство и кретање воде кроз тло могу битно утицати на промену његових геомеханичких и филтрационих карактеристика као материјала у коме се, и од кога се гради доњи строј, па је потребно у свим случајевима у којима се може појавити вишак слободне воде или изражено капиларно пењање прихватити или спречити дренажним елементима њен негативан утицај чије последице се тешко сапирају.

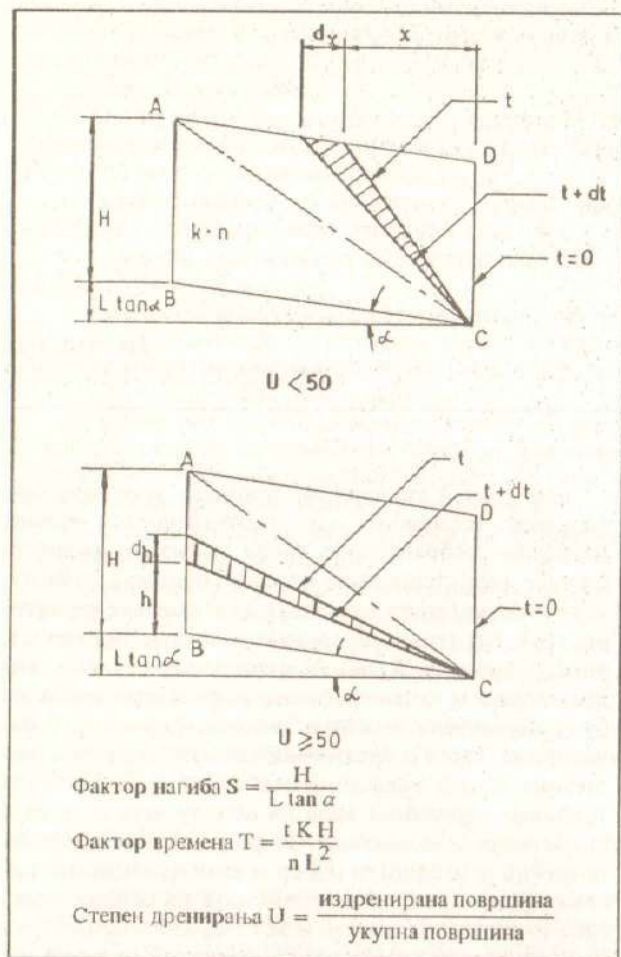
Потреба за постављањем и избор одговарајућих дренажних елемената зависи од начина појаве, места и количине воде у тлу што се анализира одређеним фазама пројектовања [1].

Већ у фази генералног пројекта у оквиру инжењерско-геолошких и геотехничких услова изградње саобраћајнице треба испитати хидрогеолошке карактеристике терена (положај, дубину, нагиб и хомогеност слојева) и геотехничке карактеристике тла (гранулометријски састав, порозност, водопрпусност, и др.). У оквиру климатских, хидролошких и хидрографских параметара треба да буду обухваћене између осталог информације о падавинама, карактеристикама сливног подручја (величина, нагиб, коефицијенти отицаја), нивоима и токовима подземних вода на основу чега се усваја концепција одводњавања. За фазу идејног пројекта потребно је извршити избор и димензионисање одговарајућих дренажних елемената на основу података из истих извора као и за генерални пројект, уз неопходно виши ниво детаљности, док се у оквиру завршног, извођачког пројекта дају извођачки детаљи.

Да би се обезбедио задовољавајући степен стабилности природних падина, косина усека и насипа који може бити угрожен ефектима појаве и промене порних притисака, потребно је коректно одредити параметре чврстоће тла у функцији нивоа тоталних ефективних напона. Ово се наводи из тог разлога што је чест случај у пројектантској пракси да се задовољавајућим параметрима сматрају предности кохезије и угла унутрашњег трења, не водећи при том рачуна ни о условима под којима су одређени (у лабораторији или на терену), нити о условима који ће бити доминантни у експлоатацији [7].

Да ли ће се прорачун стабилности радити за параметре тоталних или ефективних напона зависи од врсте материјала у коме се и од кога се граде објекти (усек, насип), као и од тога да ли је у питању привремена или трајна стабилност што је дефинисано стандардом чијом ће се обавезном применом [7] избећи досадашње грубе грешке.

Поред тога при кретању воде кроз порозну средину може доћи до хидрауличног транспорта чврсте фазе. У зависности од локалних хидрауличких услова и карактеристика тла развијају се при том процеси суфозије, ерозије и колмирања тла. Да би се ефикасно решио проблем дренажања потребно је познавати механизам настајања ових процеса јер се



Сл. 1. Модел за прорачун дренажања тампонског слоја

они техничким мерама могу контролисано одвијати или спречити.

За процену осетљивости тла на процес суфозије – идентификацију суфозионог тла, постоји више критеријума који се базирају на анализи гранулометријског састава тла (Истомина, Лубочков, Кезли) и збијености – порозности (Ковач, Радојковић) [12].

Одређена расподела величина зрна тла условљава и одређену расподелу величина пора тла која је такође неким ауторима (Караулов, Абрамов), [12] била основ за процену осетљивости тла на суфозију.

Поред тога потребно је испитати и хидрауличке услове настајања суфозије који су у литератури дати у виду емпиријских формула којима се успоставља зависност између критичне филтрационе брзине или критичног пада пијезометарске линије с једне стране, и коефицијента водопрпусности (Зихарт, Абрамов, Ковач), односно гранулације тла и збијености (Истомина) с друге стране [12].

Чак иако сви фактори који утичу на струјање воде у тлу и процесе који при том настају нису одређени са довољним степеном поузданости могућа процена помоћу њих ће увек бити ваљанија од интуиције или пресликавања неких већ нађених решења [2].

3. МОДЕЛИ И КРИТЕРИЈУМИ ЗА ПРОРАЧУН ДРЕНИРАЊА ДОЊЕГ СТРОЈА ПУТЕВА

Основу за пројектовање дренаже треба да чине закони струјања подземних вода чија решења могу бити аналитичка, графичка, нумеричка или аналогна зависно од сложености проблема (стационарно или нестационарно струјање у засићеној или незасићеној средини, са или без промене запремине чврсте фазе).

У иностраној стручној литератури приказани су различити теоријски модели за прорачун дренажања коловозне конструкције који су у већој или мањој мери показали слагање са резултатима теренских и лабораторијских мерења [9], [3], [4].

Једноставан модел о дренажању засићеног доњег носећег слоја код путева, приказали су Касагранде (Casagrande) и Шенон (Shannon) још 1951. године [9]. Уз претпоставку о водонепропусној постелици (хоризонталној или нагнутој) и равној слободној површини која почевши од положаја CD ротира кроз време око тачке С (слика 1), применом Дарсијевог закона и једначине континуитета успостављена је зависност положаја слободне површине у времену $dx(t)$ у функцији дебљине, (H), дужине (L), нагиба (α), водопрпусности (K) и порозности (n) слоја који се дренажа, за степен дренажања $U < 50\%$. У другом кораку за $U > 50\%$ успостављена је зависност положаја слободне површине $dh(t)$ у функцији истих параметара. Решења једначина овог модела приказана су касније од стране других аутора у виду помограма [2]. Резултати теренских истраживања су показали да су одступања од овог модела утолико већа уколико је нагиб слоја блажи и дебљина већа [9].

Овај модел представља основу за процену захтеваног квалитета дренажања према Америчким прописима за димензионисање коловозних конструкција [01], док је примена сложенијих модела описаних у наставку, на нивоу препорука.

Побољшање модела за водонепропусну постелицу извршено је уз важење Дипуије (Dupuit) претпоставке за параболу слободну површину. Ово је модел ТТИ (Texas Transportation Institute), [9].

У даљој разradi модела уведена је претпоставка да је постелица водопрпусна и да је процењивање кроз њу вертикално. Овај модел је показао добро слагање са резултатима теренских мерења и он се препоручује за даље коришћење у САД [9].

Такође су развијени и модели у којим се доњи строј третира као незасићена средина у којој на профил влажности поред хидрауличког утиче и температурни градијент [3]. Решење диференцијалних једначина је спроведено нумеричким поступком, имплицитном методом коначних разлика. Овакав модел показао је добро слагање са резултатима лабораторијских испитивања обављених на песку и песковитој прашини [4].

За димензионисање основног слоја према америчким препорукама меродавна је једночасовна кишна једногодишњег повратног периода. Количина инфилтриране воде добија се множењем интензи-

тета меродавне кише коефицијентом који се креће од 0.50 до 0.67 за цементно-бетонске и 0.33 до 0.50 за асфалтно-бетонске коловозе. За усвојени период времена за дренажање одређеног процента слободне воде, којим се дефинише квалитет дренажања, срачунавају се на основу једноставног, претходно описаног модела Касаграндеа, димензије пресека познате водопропусности којим се може издренирати срачуната количина воде, или се за усвојени пресек прорачунава потребна водопропусност.

Подсећа се да је водопропусност тла која се дефинише коефицијентом филтрације физичка величина чије вредности варирају у најширем интервалу (од 10^0 за шљунак до 10^{-10} м/с за глине) у поређењу са другим величинама. То је последица зависности коефицијента филтрације од степена збијености и грануларности порозне средине, и вискозности воде која зависи од температуре.

4. МЕТОДОЛОГИЈА ИЗБОРА И ДИМЕНЗИОНИСАЊА ЕЛЕМЕНАТА ДРЕНАЖНОГ СИСТЕМА

Дренажне елементе треба пројектовати у зависности од могуће појаве воде у тлу која утиче на промену стања напона и на настајање процеса филтрационе нестабилности тла у путном појасу, што се процењује на основу претходно наведених утицајних фактора. Располагање потребним бројем поузданих података први је услов рационалног пројектовања дренажног система. У другом кораку потребно је избор оптималног решења потражити из процене односа трошкова изградње и одржавања и одговарајућег изабраног степена заштите.

То значи да не постоји универзални образац за избор типа и критеријума за димензионисање дренажних елемената већ се они комбинују, а успешност решења зависи од нивоа ризика услед оштећења које се може јавити као последица слабе дренаже. При том, поред штете настале услед промашене инвестиције енормно се повећавају трошкови одржавања.

У зависности од хидролошких и хидрогеолошких параметара може се извршити систематизација типологије дренажних елемената за карактеристичне случајеве заштите који обухватају:

- снижавање високог нивоа подземне воде;
- прихватање воде у косини усека из изградњом пута пресечених водоносних слојева;
- сакупљање понируће атмосферске воде која продире кроз горњи строј, берме и банке;
- пресецање капиларног пењања воде у тлу.

Техничке мере своде се на ископ дубоких (1 до 4 м) и плитких ровова (до 1 м) или постављање дренажних слојева од природног филтарског материјала (мешавине шљунковито-песковитог материјала), и уграђивање дренажних цеви којима се прихвата и евакуише вишак слободне воде. Проблем контакта две порозне средине различитих карактеристика решава се употребом геотекстила као замене за слој од природног филтарског материјала.

4.1 Избор филтарског материјала

Задовољење два супротна услова – да филтар буде крупнозрни да би се обезбедила водопропусност, и истовремено довољно ситнозрни да може спречити суфозију тла – је основа на којој се заснивају филтарска правила.

Критеријуми за дефинисање филтарских правила темеље се на бројним, разноврсним експерименталним и теоријским истраживањима која су имала за циљ утврђивање међусобног односа гранулометријског састава тла које се дренира и филтра.

У табели 1 су приказана најпознатија, у литератури најчешће навођена и у пракси најчешће примењивана филтарска правила као и материјали са којима су вршена испитивања јер је њима условљено подручје примене, о чему се обично не води рачуна, и дата додатна објашњења за наведене критеријуме према редном броју из табеле.

Поред тога потребно је и на контакту филтарског слоја и дренажне цеви спречити испирање честица филтра што се постиже задовољењем додатних критеријума наведених у табели 2 којима је утврђен однос величине зрна филтра и перфорација цеви.

1. Прва и најчешће коришћена Терцагијева (Terzaghi) филтарска правила су највероватније настала на основу искуства. Испуњавају захтеване услове за равномерна, некохезивна тла код којих је $C_{ud} < 2$ (до 3), поред тога треба да је $C_{ud} < 2$ (до 3) и $C_{ud} \sim C_{uD}$. Стога је примена ових правила ограничена, односно често се погрешно користи као општеважећи критеријум. Модификацијом ових правила добијена су доцније правила која се могу применити на друге материјале.

2. Тако је Бертрам установио да је за слабо кохезивне прашине и ситан кварцити песак као филтарски материјал погодан песак равномерне грануларности за који важе наведени критеријуми (у табели 1).

3. USBR (US Bureau of Reclamations) предлаже критеријуме који се односе на:

а) филтарске материјале равномерне грануларности ($C_{ud} < 2$) са величином зрна између 4.76 мм и 3.36 мм (ASTM сита No 4 и 6).

б) филтарске материјале континуалног гранулометријског састава (природно градуиране) $C_{ud} > 2$

и) филтре од дробљеног стенског материјала (табела 1, редни број 3).

4. Филтарска правила US Army Corps of Engineers – Waterways Experiment Station (USACE – WES) произашла су на основу лабораторијских испитивања различитих прста тла – од ситнозрних до крупнозрних униформних пескова, док су за филтарски материјал коришћене природне мешавине шљунка. Уз поштовање наведених критеријума потребно је да филтарски материјал буде добро градуиран а линије гранулометријског састава тла и филтра приближно паралелне. Испитивањем кохезивног тла установљени су 1955. године критеријуми за одговарајуће филтре од песка и крупнозрног агрегата. У случају средње до високо пластичних глина критеријум за водопропусност треба изменити изразом $D_{15} = 0.4$ мм с тим да је $C_{ud} < 20$.

5. Филтарским правилом које су дефинисали Цистин (Cistin) и Цимс (Ziems) [14] одређује се однос средње честице филтра и тла D_{50}/d_{50} у функцији C_{uD} , слика узимајући у обзир коефицијент облика зрна δ ($\delta = 1$ за округла, $\delta = 1.3$ за угласта зрна). Уз то треба да је $I < 9$; $C_{uD} < 20$; $C_{uD} < 20$; $D_{\max} < 100 \text{ mm}$; $I_p < 10\%$ и $d_{10} > 0.002 \text{ mm}$.

6. Шобер (Schober) и Тајндл (Teindl) [14] су модификовањем критеријума Цистин Цимса дошли до критеријума приказани на слици 3, у којима уместо средњег пречника зрна филтра D_{50} фигурише одговарајући пречник поре D_p филтра добијен на основу релације $D_p/D_{50} = f(C_{uD})$, коју је утврдио Цимс.

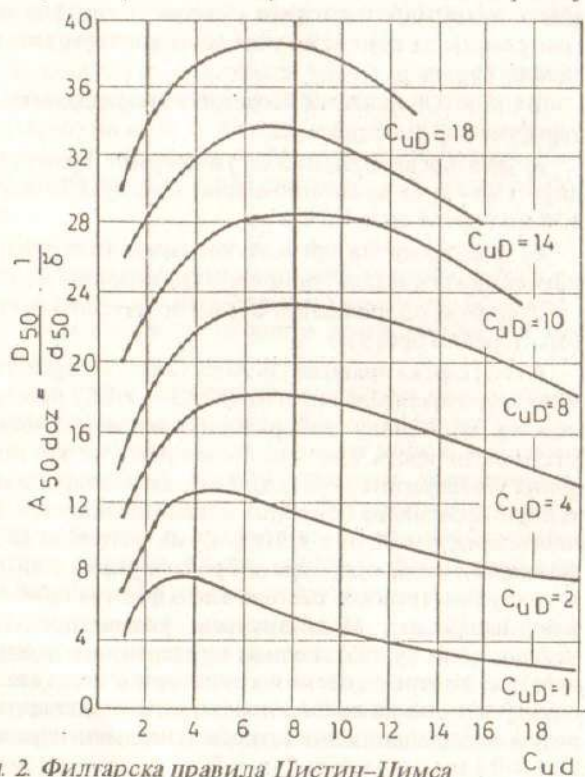
Наведени критеријуми често не могу бити испуњени изразом само једног филтарског слоја, већ је потребно израдити вишеслојни филтар, тако што се сваки нови слој пројектује применом филтарских правила у односу на претходни.

За изградњу једнослојних и вишеслојних филтара све се више уместо природних материјала користе различити геосинтетички производи: геотекстили самостално или у комбинацији са пластичним мрежама, решеткама и цевима, као готови елементи – геокомпозити.

Могућношћу масовне примене ових производа у геотехници отвара се истовремено широко подручје за научна и стручна истраживања у погледу врсте и квалитета производа, технологије грађења и одржавања објеката.

5. ПРИМЕНА ГЕОТЕКСТИЛА У ДРЕНАЖНОМ СИСТЕМУ САОБРАЋАЈНИЦА

Ни најсмелијим прогнозама пре двадесетак година није ни приближно процењен тако нагли развој



Сл. 2. Филтарска правила Цистин-Цимса

производње и примене широке лепезе геосинтетичких производа за решавање најразличитијих проблема у грађевинарству.

Основни проблем при употреби геотекстила своди се на правилан избор производа одговарајућих карактеристика којима се могу задовољити пројектни услови, тј. функција, која може бити механичка или хидрауличка.

Ограничавајући се у овом чланку само на хидрауличку функцију геотекстила у наставку су описане само хидрауличке карактеристике: водопрпусност геотекстила у његовој равни или управно на њу и расподела величина пора – порометрија.

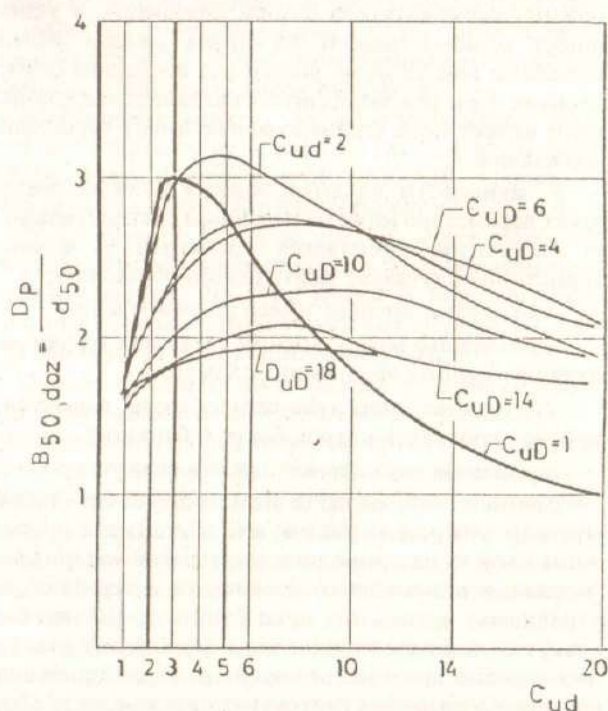
5.1 Хидрауличке карактеристике геотекстила

Водопрпусност се, слично као за природно тло, изражава коефицијентом водопрпусности (кр или k_p), који се утврђује лабораторијски, под прописаним условима.

Због изразито велике порозности геотекстила и изражене стисљивости под оптерећењем, водопрпусност је карактеристика која варира у врло широком интервалу па је уз коефицијент водопрпусности увек потребно дати и допунске податке о условима под којима је утврђена.

Како су сви фактори од којих зависи водопрпусност у директној зависности од дебљине геотекстила то се, често, за изражавање хидрауличких карактеристика користе појмови трансмитивности и пермитивности – којима је обухваћен утицај дебљине под одређеним оптерећењем.

Поред тога потребно је нагласити да се водопрпусност геотекстила на месту уграђивања, у контакту са тлом, може с обзиром на његову структуру



Сл. 3. Модификована правила Цистин-Цимса

Табела 1. Филтарска правила за природне материјале

Ред. бр.	Аутор	Критеријуми		Испитиван материјал	
		водопропусност	спречавање суфозије	тло	филтар
1	Терцаги	$D_{15} \geq 4d_{15}$	$D_{15} \leq 4d_{85}$ $D_{60} < 2D_{40}$	некохезивно тло $C_{ud} < 2$ (односно 3)	$C_{uD} < 2$ (односно 3)
2	Бертрам	$D_{15} \geq 9d_{15}$	$D_{15} \leq 6d_{85}$	ситан песак, прашина SM-ML	униформни кварцни песак
3	USBR 1947. 1955. 1974.	a $D_{50} > 5d_{50}$	$D_{50} < 10d_{50}$	састављене различите мешавине	$C_{uD} < 2$
		b $D_{50} > 12d_{50}$ $D_{50} > 12d_{50}$	$D_{50} < 58d_{50}$ $D_{50} < 40d_{15}$		$C_{uD} > 2$
		c $D_{50} > 9d_{50}$ $D_{15} > 6d_{15}$	$D_{50} < 30d_{50}$ $D_{15} < 18d_{15}$		дробљени материјал
4	USACE 1941. 1942. 1948. 1953. 1955.	$D_{15} > 5d_{15}$	$D_{15} < 5d_{85}$	униформан ситан до крупан песак	природне мешавине шљунка
		$D_{15} > 5d_{15}$	$D_{15} < 4d_{85}$		
		$D_{15} \geq 4d_{15}$	$D_{15} \leq 5d_{85}$ $D_{15} \leq 20d_{85}$ $D_{50} \leq 25d_{50}$		
		$D_{15} > 5d_{15}$ CH: $D_{15} = 0.4 \text{ mm}$	$D_{15} \leq 5d_{85}$ $D_{50} \leq 25d_{50}$	кохезивно тло	крупнозрни песак
5	Цистин Циме 1974.	$A_{50,d_{0.2}} = D_{50}/d_{50}$ сл. 2	$1/\delta = f(C_{ud}, C_{uD})$	некохезивно тло	разне мешавине
6	Шобер Тајндл 1979.	$B_{50,d_{0.2}} = D_p/d_{50} = f(C_{ud}, C_{uD})$ сл. 3		$I_p < 10$ $d_{10} > 0.002 \text{ mm}$	

Табела 2. Додатни критеријум за контакт између филтра и дренажне цеви

	Додатни критеријуми за дренажне цеви	Напомена
USBR	$D_{85} > 2d_c$	d_c – пречник отвора на цеви d_z – ширина прореа на цеви
USACE	$D_{85} > 1,0 d_c$ $d_{85} > 1,2 d_z$	
[10]	$d_{c,min} = 0,27 e D_{17} \sqrt{C_{uD}}$ $d_{c,max} = \begin{cases} D_{60} \\ -40 \log C_{uD} + 72 \\ D_{20} \end{cases}$ $1 < C_{uD} < 2$ $2 \leq C_{uD} \leq 20$ $C_{uD} > 20$	e – коефицијент порозности

знатно смањити у односу на вредности специфициране у проспектима произвођача. Оне с тога треба да послуже као оријентациони показатељ за избор геотекстила, а додатним лабораторијским испитивањима система тло–геотекстил треба утврдити одговарајући [10].

Слично као за природно тло, последњих година су у свету обављена експериментална испитивања са циљем да се аналитички одреди коефицијент водопропусности у зависности од физичких карактеристика геотекстила које су познате и које се лако мере [13]. Одређивањем зависности функционалних карактеристика од физичких, које практично представљају параметре производње, омогућава се постизање крајњег циља, а то је рационализација производње и примене производа одговарајућих карактеристика за сваки конкретан случај посебно.

Да би се могао проценити механизам функционисања система геотекстил–тло у реалним условима потребно је испитати и расподелу величина пора у геотекстилу –порометрију, која је теоријска

основа за избор геотекстила као замене за филтарске слојеве од природног материјала.

За одређивање расподеле величине пора развијено је неколико различитих метода испитивања: суво сејање (FHA – САД, Хидрауличка лабораторија – Делфт), мокро сејање (Универзитет у Лијежу, Францијус институт – Хановер), хидродинамичко сејање (АФНОР 38017) и визуелно осматрање [8].

Визуелна метода се углавном примењује за ткане геотекстиле који имају уједначене величине отвора за разлику од нетканих геотекстила код којих се због начина производње формирају поре – отвори различитих величина. Да би се одредила њихова расподела, кроз геотекстил се под утврђеним условима просејавају одређене фракције материјала (песак, стаклене куглице). На основу појединачних процената пролаза (односно остатака) одређује се, индиректно, расподела величине пора према горе наведеним методама.

Треба нагласити да се резултати испитивања истог производа знатно разликују у зависности од ме-

тоде испитивања, па је уз одговарајуће резултате (и критеријуме за избор типа геотекстила на основу порометрије) неопходно навести и опит на основу кога су добијени.

У литератури се могу наћи подаци и о морфометријским анализама помоћу којих се одређује теоријска крива расподеле пора на основу порозности, дебљине геотекстила и пречника влакана [5].

5.2 Критеријуми за избор геотекстила

Слично као за природно тло, дефинисање критеријума за избор геотекстила за филтарску функцију своди се на успостављање односа између меродавног пречника зрна тла (dx) и отвора (поре) геотекстила (Ox):

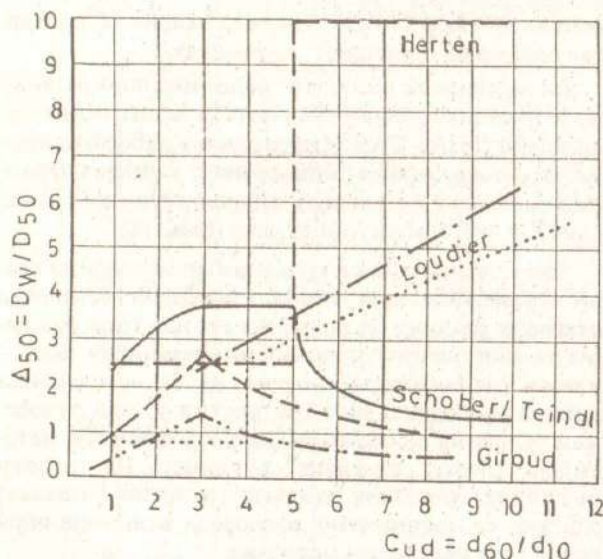
$$Ox = \Delta(dx).$$

Минимална вредност Δ дефинише се из услова захтеване водопропусности, док се максимална дефинише из услова спречавања појаве суфозије тла.

Конверзијом различитих критеријума на однос $\Delta_{50} = Dw/d_{50}$, уочавају се знатна одступања, нарочито за тла неунормисане грануларности (слика 4), која су последица различитих метода испитивања и разлике у дефинисању меродавне поре геотекстила. Због тога при избору геотекстила треба примењивати поједине критеријуме водећи рачуна о условима под којим су дефинисани. У појединим земљама су неки од ових критеријума прописани стандардима. У табели 3 су приказани у литератури најчешће навођени критеријуми појединих истраживача, организација или земаља, као и услови под којима су добијени.

6. ОСВРТ НА ПОСТОЈЕЋУ ДОМАЋУ РЕГУЛАТИВУ

Површинско и подповршинско одводњавање (дренирање) путева решава се углавном рутински,



Сл. 4. Поређење филтарских правила за избор геотекстила

јер од прописа из ове области постоје ЈУС У.Ц4.062 "Типови одводњавања коловозне конструкције и прибрежних страна путева" и "Напрт упутстава за пројектовање система одводњавања на ванградским путевима" помоћу којих је проблем сагледан парцијално, без јасног концепта одводњавања и методологије израде пратеће техничке документације.

Неким новијим стандардима (У.Ц4.020 "Интензитет киша", У.Ц4.022 "Време дотицања воде", У.Ц4.024 "Количина отицања воде") који су само превод швајцарских, створена је још већа конфузија јер су њима дефинисани хидролошки параметри који су неупотребљиви за наше поднебље.

У нашој инжењерској пракси, за потребе пројектовања квалитетне постелнице и доњег носећег слоја са аспекта ефикасног одводњавања и дренирања не примењују се прорачунски модели, већ се димензионира само на основу фактора носивости и гранулометријског састава, а хидрауличка функција основног слоја своди се на задовољење Терцагијевих филтарских правила.

Према новом стандарду за димензионирање коловозних конструкција [6] уведен је само појам коефицијента одводњавања којим се дефинише време дренирања из подлоге. Нигде се не дефинишу параметри које је потребно одредити да би се димензионирала геометрија пресека која за усвојени проценат дренирања може да задовољи и предвиђени квалитет одводњавања исказан коефицијентом одводњавања.

С обзиром на важност проблема одводњавања потребно је у оквиру законске регулативе увести одговарајуће прорачунске моделе и напустити досадашњу праксу са емпијским решењима. Избор одговарајућег модела треба извршити на основу података теренских и лабораторијских испитивања да би за локалне услове одступања била минимална. Потребно је допунити и Стандард за димензионирање коловозних конструкција [6] квантитативно дефинишући појмове као што су пуно или мало падавина, добро или слабо одводњавање.

Када је реч о употреби геотекстила, у нашој земљи су у припреми стандарди који се односе на испитивање квалитета геотекстила а критеријуми примене нису ничим ограничени, па још важи принцип да је најјефтинији производ и најбољи. То је у извесним случајевима примене довело до колимирања геотекстила и престанка његовог функционисања као филтарског слоја. Сигурно је да има још примера где је употреба геотекстила компромитована, јер се није водило рачуна о свим наведеним утицајним елементима и могућим проблемима, већ се сматрало да ће све бити решено једноставним полагањем геотекстила. Уколико се желе избећи такви промашаји треба у најскорије време израдити одговарајуће прописе у овој области.

7. ЗАКЉУЧАК

Свакодневно само сведочи чињенице да смо правилно пројектован а потом и изграђен и одржаван систем за одводњавање путева (површинско и подповршинско) може обезбедити планиране експло-

Табела 3. Филтарска правила за избор геотекстила

Порекло	Критеријум	Услови примене и методе испитивања				
Ранкилор	$O_{50} < 0,8 d_{85}$ $O_{50} > 0,8 d_{15}$	Модификована Терцагијева правила уз претпоставку $O_{50} = d_{p,50} = 0.2 d_{15}$				
Цалхоун	$O_{95} < d_{85}$	пескови, ткани геотекстил		суво сејање FHA САД		
	$O_{95} < 0,21 \text{ mm}$	песковита прашина				
Марке	$O_{50} < d_{85}$	$d_{50} > 74 \text{ mm}$		Универзитет Тенеси		
	$O_{50} \approx 0,150 \text{ mm}$	$d_{50} > 74 \text{ mm}$				
Осинк	$O_{90} < d_{90}$	ткани геотекстил	ламинаран ток	суво сејање Лабораторија Делфт		
	$O_{90} < 1,8 d_{90}$	неткани геотекстил				
	$O_{98} \leq d_{85}$	филтарска улога	турбулентан ток			
	$O_{98} < d_{15}$	није филтарска улога				
Шобер Тајидл	$O_{90} \leq B d_{50}$	Модификована правила Цетим-Цимса, сл. 3, важи крива за $C_{ud} = 1$				
Белгија	$O_{90} < 2d_{90}$	Универзитет Лиеж – суво сејање				
Француска	$O_{max}/d_{85} < C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$	C_1 : 0,8 за $C_{ud} < 5$; 1,0 за $C_{ud} > 5$ C_2 : 0,8 за растресито; 1,0 за збијено тло C_3 : 1,0 за $I < 5$; 0,8 за $5 \leq I \leq 20$; 0,6 за $I > 20$ I – хидраулички градијент) хидродинамичко сејање према NF G 38017				
Велика Британија	$O_{90} < d_{90}$ $O_{90} < d_{85}$	једносмеран ток и/или миран режим двосмеран ток и/или буран режим				
САД	$EOS < 2d_{85}$ $EOS < 1d_{85}$	песковита тла прашинаста тла	EOS – еквивалентни отвор геотекстила, опит USACE			
Холандија	$O_{90} < 10d_{50}$ $O_{90} < d_{90}$	$C_{ud} \leq 5$	миран режим	некохезивно тло		
	$O_{90} < 2,5 d_{50}$ $O_{90} < d_{90}$	$C_{ud} < 5$				
	$O_{90} < 2,5 d_{50}$	буран режим				
	$O_{50} < d_{50}$ $O_{90} < d_{90}$	кохезивно тло $O_{90} < 0,1 \text{ mm}$				
Швајцарска	$O_{max} < 0,2 \text{ mm}$	миран режим	кохезивно тло $d_{85} < 0,06 \text{ mm}$; $d_{10} < 0,002 \text{ mm}$			
	лаб. испитивање	буран режим				
	$O_{max} < 6 d_{60}$	миран режим	некохезивно тло $d_{40} < 0,06 \text{ mm}$			
	лаб. испитивање	буран режим				
	$O_{max} < 5d_{10} / C_{ud}$	миран режим	крупнозрно тло $d_{40} > 0,06 \text{ mm}$			
	$O_{max} < d_{60}$	буран режим				
Немачка	$O_{90} < 10 d_{50}$	статичко оптерећење основни услов		> 40% прашине	опит мокрог сејања Францијус Институт Хановер	
	$O_{90} < d_{90}$	осетљиво тло*				додатни услов
	$O_{90} < 2d_{90}$					
	$O_{90} < d_{90}$	$O_{90} < 0,3 \text{ mm}$, динамичко оптерећење		< 15% прашине		
	$O_{max} < 5d_{10} / C_{ud}$	статичко оптерећење				
	$O_{90} < 2d_{90}$					
	$O_{90} < d_{90}$	осетљиво тло*				додатни услов
	$O_{max} < 1,5 d_{10} / C_{ud}$					
	$O_{90} < d_{50}$	$O_{90} < 0,5 \text{ mm}$ додатни услов				
			* $C_{ud} < 15$; $0,02 < d < 0,01 \text{ mm} > 50\%$; $I_p < 15$			

атационе карактеристике. Постизање тог циља могуће је остварити изучавањем бројних утицајних фактора чија улога и значај нису ни приближно, колико је то потребно, нашли своје место у инжењерској пракси. Овај чланак представља покушај да се укаже на нека новија сазнања из ове области и да се дају смернице за даље активности.

На основу увида у домаћу и страну регулативу из области одводњавања у процесу пројектовања, грађења и одржавања путева постоји тенденција да се наша регулатива допуни по угледу на инострану, али се ти покушаји обично свode на формални превод америчких и западноевропских норми, упутства, правилника или препорука, па се њихова

примена своди на употребу неадекватних или непрецизно формулисаних хидролошких, хидрогеолошких и климатских параметара. Због тога се један од приоритетних задатака састоји у побољшању садашњих прописа у складу са локалним параметрима средине и њихова допуна одговарајућим хидрауличким прорачунима ради рационалног димензионирања система за одводњавање.

Прописима се не могу обухватити комплетна и детаљна упутства за пројектовање у свим могућим случајевима, већ се кроз њих може и мора дефинисати јасна концепција решења система за одводњавање.

Уколико је реч о геотекстилу, иако се данас употребљава при изградњи готово свих геотехничких објеката, још нису законски регулисане његове карактеристике и методе његовог испитивања као грађевинског материјала и то треба да буде приоритетан задатак одговарајућих стручних служби. Геотекстил јесте и треба да буде само једно од средстава којима се постиже успешно функционисање дренажног система а не треба сматрати да се његовим разастирањем, понекад и неправилним, постиже адекватна заштита.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 1986.
- [2] Cedergren, H., "Drainage of Highway and Airfield Pavements" John Wiley & Sons, New York 1974.
- [3] Dempsey, B., Elzeftawy, A. "Mathematical Model for Predicting Moisture Movement in Pavement Systems", TRR 612, Washington 1976.
- [4] Elzeftawy, A., Dempsey, B. "Unsaturated Transient and Steady-State Flow of Moisture in Subgrade Soil", TRR 612, Washington 1976.
- [5] Faure, Y., Gourc, J.P., Millot, F., Sunjoto, S., "Theoretical and experimental determination of the filtration opening size of geotextiles" III International Conference on Geotextiles, Vienna 1986.
- [6] ЈУС У.Ц4.015 "Метода за димензионисање нових флексибилних коловозних конструкција са могућношћу примене рачунара", Београд 1990.
- [7] ЈУС У.Ц4.200 "Осигурање доњег строја саобраћајница и укупне стабилности тла и трупа пута", Београд 1990.
- [8] Koerner, R. "Designing with geosynthetics" Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.
- [9] Liu, S., Jayapalan, J., Lytton, R. "Characteristics of Base and Subgrade Drainage of Pavements", TRR 945, Washington 1983.
- [10] Мишић, С. "Примена геотекстила као замене за филтарске слојеве у систему за дренаже саобраћајница". Магистарски рад. Грађевински факултет, Београд 1991.
- [11] "Одводњавање ванградских путева и градских саобраћајница", Стручни семинар (руководилац Андјус, В.), Грађевински факултет, Београд 1987.
- [12] Радојковић, М. "Неки аспекти утицаја суфозије на филтрационе и реолошке карактеристике некохерентног тла". Магистарски рад. Грађевински факултет, Београд 1974.
- [13] Rollin, A., Masounave, J., Lafleur, J. "Pressure Drop through Non-Woven Geotextiles: A New Analytical Model" III International Conference on Geotextiles, Vienna 1986.
- [14] Schober, W., Teindel, H. "Filter-criteria for Geotextiles" VII European Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Brighton 1979.

45 ГОДИНА

ГП "ПЛАНУМ" ДД на изградњи у Југославији и иностранству:

- Цивилних и војних аеродрома
- Војних ваздухопловних база
- Свих категорија путева са флексибилним и крутим коловозом
 - Путних, железничких и хидротехничких тунела
 - Тунела методом потискивања цеви
- Великих подземних хала, резервоара, метроа и шахтова
 - Железничких пруга
- Бетонских, земљаних и брана од каменог набачаја
- Градске инфраструктуре (улице, канализација, водовод и др.)



БЕОГРАД – ЗЕМУН, Ул. 22. октобар број 15, П.Ф. 59
Телефон: 108-618, Телеграм: "Планум" Земун, Телекс: 11136, Телефакс: 196-903

Карактеризација екстрахованог битумена из хабајућег слоја аутопута Београд – Ниш

Др Милорад Смиљанић, дипл. инж. технологије
Институт за путеве Д.Д. – Београд

Научни рад
УДК: 625.85.089:665.775.004.12

РЕЗИМЕ

Извршена је анализа битумена екстрахованих из вишегодишње коришћених хабајућих слојева коловозне конструкције Аутопута Београд – Ниш. Карактеризација екстрахованог битумена обухватила је ИР-анализу, одређивање молских маса, одређивање термичке стабилности, одређивање садржаја асфалтена, као и одређивање криве преципитације асфалтена и садржаја лако, средње и тешкорастворљивих асфалтена.

1. УВОД

Овај чланак је приказ дела докторске дисертације која је под насловом "Старење битумена за путеве и хидроизолације" одбрањен на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, 04.5.1990. године.

Промене које се дешавају на асфалтним путевима у експлоатационом периоду представљају материјалне штете великих размера. Узроци тих промена се, зато, све више испитују широм света. У новије време први пут се појављује квантитативна корелација између групног састава битуменског везива и стања хабајућег слоја коловозне конструкције. Поред осталих, узроке оштећења треба тражити у феномену "старења" битумена. Више узрока екстрахованог битумена из коловоза аутопута анализирано је савременим методама хемијске карактеризације.

У комплексу сагледавања узрока насталих оштећења у асфалтним коловозним конструкцијама, хемијске особине битумена имају значајну улогу. Битумен се производи од различитих сировина и различитим поступцима па је разумљиво што се његове особине мењају у широким границама.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

Ради добијања што потпунијих информација о насталим променама у битуменском везиву, током експлоатационог периода хабајућег слоја, поред стандардних испитивања извршена су и ванстандардна испитивања.

Од стандардних испитивања извршена су испитивања: пенетрације на 25°C, тачке размекшања по ПК и тачке лома по Фрасу (Fraass).

Ванстандардна испитивања обухватају: инфрацрвену спектроскопију, одређивање садржаја асфалтена, одређивање лако растворљиве, средње и тешко растворљивих асфалтена методом центрифугирања.

Потребна количина битумена за испитивање обезбеђена је одстрањивањем растварача из битуменског раствора, добијеног екстракцијом асфалтних узорака после испитивања стандардних својстава. Одстрањивање растварача из битуменског раствора извршено је на ротационом вакуум упаривачу "DEVAROT". Као растварач за екстракцију употребљен је хлороформ (CHCl_3).

Ознаке и локација узимања узорака – кернова су:

- Деоница: Умчари – Раља:
 - десна реконструисана коловозна трака км 625 + 000 (возна трака = 3 Н),
 - лева новоизграђена коловозна трака км 640 + 500 (возна трака = 4 Н).
- Деоница: Раља – Крњево:
 - десна реконструисана коловозна трака км 649 + 500 (возна трака = 5 Н),
 - лева новоизграђена коловозна трака км 660 + 500 (трака за претицање = 6 Н).
- Деоница: Крњево – Марковац:
 - десна реконструисана коловозна трака км 674 + 600 (возна трака = 7 Н),
 - лева новоизграђена коловозна трака км 673 + 700 (трака за претицање = 8 Н).
- Деоница: Марковац – Баточина:
 - десна реконструисана коловозна трака км 690 + 000 (возна трака = 9 Н),
 - лева новоизграђена коловозна трака км 693 + 000 (возна трака = 10 Н).

3. ИСПИТИВАЊЕ СТАНДАРДНИХ СВОЈСТАВА ЕКСТРАХОВАНИХ БИТУМЕНА

Резултати испитивања екстрахованих битумена приказани су у табели 1.

Приликом израде хабајућег слоја на поменути деоницама аутопута, као везиво је употребљен битумен врсте BIT 60, према JUS U.M3.010. Према "Те-

Табела 1. Стандардна својства екстрахованих битумена

Својства	Ознаке екстрахованог битумена								Употребљен битумен по JUS U.M3.010
	3	4	5	6	7	8	9	10	
Пенетрација на 25°C (10 ⁻⁴ m)	30	30	20	13	25	35	30	29	50 – 70
Тачка размектања по ПК (°C)	58	58	66	73	61	54	58	56	49 – 55
Тачка лома по Fraass (°C)	-6	-6	-4	-4	-6	-6	-6	-6	највише – 8
Индекс пенетрације IP	-0,5	-0,5	-0,1	+0,5	±0,0	-1,0	-0,5	-0,6	најмањи –1,0

Табела 2. Карактеристичне апсорбације трака код 725, 745, 815 и 870 cm^{-1} и однос апсорбација A725/A745, A745/A815 и A815/A870

Ознака узорка	A725	A745	A815	A870	A725/A745	A745/A815	A815/A870
3	0,22	0,24	0,25	0,15	0,92	0,96	1,66
4	0,21	0,23	0,23	0,12	0,91	1,00	1,92
5	0,21	0,25	0,20	0,12	0,84	1,25	1,65
6	0,21	0,25	0,29	0,13	0,84	0,86	2,22
7	0,24	0,25	0,19	0,12	0,96	1,30	1,60
8	0,21	0,22	0,21	0,12	0,95	1,05	1,75
9	0,21	0,22	0,21	0,13	0,95	1,05	1,61
10	0,21	0,21	0,20	0,13	1,00	0,95	1,54

Табела 3. Просечан број CH_3 и CH_2 група по молу узорка и апсорбације код 1700 cm^{-1} узорка битумена

Ознака узорка	A 1700 cm^{-1}	Број CH_3 група	Укупан број CH_2 група	Парафинске CH_2 групе
3	–	9,1	44,3	19,3
4	–	7,8	45,6	19,0
5	0,10	8,8	37,4	19,0
6	0,23	–	–	20,0
7	0,13	9,1	41,6	22,3
8	0,09	7,8	37,4	17,8
9	0,12	8,4	38,5	18,0
10	0,11	8,7	38,4	18,7

Табела 4. Порекло узорка

Ознака узорка	Порекло	Произвођач
3	Ирак – Киркук	Рафинерија нафте Босански Брод
4	Ирак – Киркук	Рафинерија нафте Босански Брод
5	Велебит – Келебија	Рафинерија нафте Нови Сад
6	Ирак – Киркук	Рафинерија нафте Босански Брод
7	Велебит – Келебија	Рафинерија нафте Нови Сад
8	Ирак – Киркук	Рафинерија нафте Босански Брод
9	Ирак – Киркук	Рафинерија нафте Босански Брод
10	Ирак – Киркук	Рафинерија нафте Босански Брод

хничким условима”, као и према JUS U.E4.014/83 (“Израда асфалтних бетона”), својстава екстрахираног битумена у односу на употребљену врсту битумена могу се променити до друге следеће врсте битумена (на пример, Bit 60 може се променити до највише Bit 25).

Резултати испитивања указују да је током експлоатационог периода аутопута од око 9 година, дошло до промене у врсти употребљеног битумена. Ове промене нарочито су изражене на узорцима 5 Н и 6 Н деонице Раља – Крњево, где су промене у врсти употребљеног битумена дошле до треће следеће врсте, тј. до битумена Bit 15.

На поменутој деоници констатована су најбројнија и најразноврснија оштећења.

На осталим деоницама, такође, дошло је до промене у врсти употребљеног битумена. Те промене су у складу са врстама и бројем оштећења.

4. ХЕМИЈСКА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ЕКСТРАХОВАНОГ БИТУМЕНА

4.1. Анализа помоћу инфрацрвене спектроскопије

На уобичајен начин су снимљени IR– спектри екстрахованих узорка битумена растворени у C Cl_4 (угљентетрахлорид) и CS_2 (угљендисулфид). На основу вредности апсорбације карактеристичних трака у области од 900 до 700 cm^{-1} , као и просечан број CH_2 и CH_3 група по молекулу, извршена је идентификација узорка и њиховог порекла.

Ове вредности приложене су у табелама 2. и 3.

У табели 4. приказано је порекло уграђеног битумена као и произвођач истог.

4.2. Одређивање садржаја асфалтена

Садржај асфалтена одређен је помоћу комбинације: хроматографија на танком слоју – пламенојонизујући детектор. При томе је коришћен IATROSCAN–систем. Резултати садржаја асфалтена у процентима укупне површине приказани су у табели 5.

Ради упоређивања извршена је анализа два узорка еталона битумена Bit 60 следеће сировинске базе: I Bit 60 (Велебит + Келебија) и II Bit 60 (Келебија).

Повећање садржаја асфалтена код екстрахованих узорка битумена може бити последица феномена старења као и интеракције битумена са каменним агрегатом.

Табела 5. Садржај асфалтена

Ознака узорка	Садржај асфалтена* % укупне површине
3	16,6
4	16,8
5	21,1
6	20,7
7	18,5
8	15,7
9	14,6
10	14,4
I	10,9
II	11,6

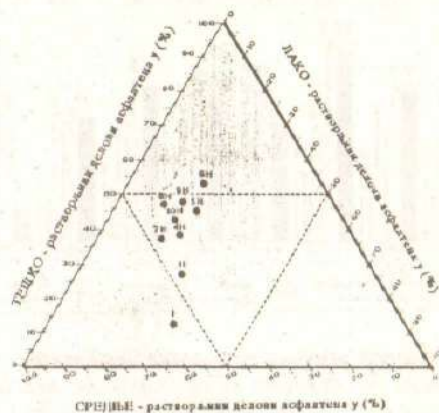
* Ове вредности су приближне мас. %

4.3. Одређивање лако растворљивих, средње и тешко растворљивих асфалтена

Ради упоређивања извршено је и анализирање асфалтена узорка Вит 60 еталона I и II као и узорка екстрахованих битумена. Таложење је обављено помоћу циклохексана и узооктана и њихових мешавина, а за раздвајање асфалтена коришћена је центрифуга.

Узорак 6 II садржи чак 52,5% тешко растворљивих асфалтена од укупне количине асфалтена, што је у складу са чињеницом да потиче са најоштећеније деонице аутопута.

Садржај тешко-растворљивих асфалтена код осталих узорка креће се око 37%, што је, по правилу,



Сл. 1. Релативна расподела растворљивих асфалтена

карактеристична вредност за битумена са средње оштећених деоница аутопута (35 до 45% тешко растворљивих асфалтена). Према искуству, деонице пута у добром стању имају садржај тешко-растворљивих асфалтена испод 35%.

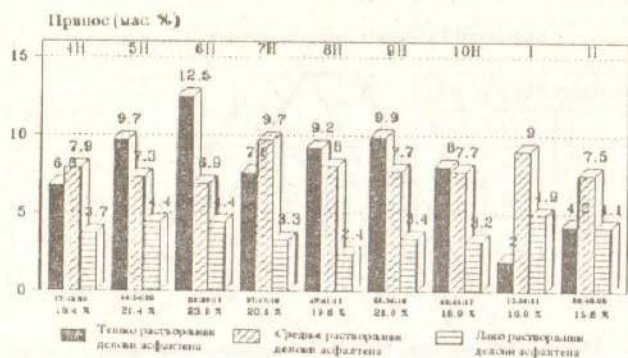
Код узорка еталона – битумена Вит 60, садржај тешкорастворљивих асфалтена креће се испод 30%.

Вредности преципитације дате су у табели 6 и слици 1.

Троугласти дијаграм на слици 1 добијен је на основу вредности датих у табели 6, у којој су у горњем реду сваког узорка дате вредности таложења, а у доњем реду садржај лакорастворљивих, средње и тешко растворљивих асфалтена у процентима укупних асфалтена. У белом подручју (нештра-

Табела 6. Приноси таложења у мас. % при саставу растварач / преципитант

$\frac{c-C_6}{I-C_8}$	80	70	60	50	40	30	20	10	5	(0)
Узорак	20	30	40	50	(Г) 60	70	80 (S)	90	95	100
4 Н	1,86	2,19	3,66	6,73	7,98		14,65	16,60		18,37
				37,00			43,00			20,00
5 Н			4,45	9,78	12,61	14,88	17,08	20,67		21,43
				45,6			34,1			20,3
6 Н	0,83		8,72	12,51			19,4			23,84
				52,5			28,9			18,6
7 Н			3,75	7,65	10,61	13,53	17,36		20,14	20,62
				37,1			47,1			15,8
8 Н	1,64		6,21	9,19	11,47	14,22	17,24	19,0		19,6
				46,9			41,0			12,1
9 Н	3,76		7,14	8,96	12,15	14,55	17,67	19,44		20,98
				47,7			36,5			15,8
10 Н	1,95			8,05		13,52	15,81	18,94		18,99
				42,5			40,9			16,6
I				2,02	4,20	7,80	11,01	14,48		15,98
				12,6			56,3			31,1
II				4,17	6,88	9,12	11,73	14,69		15,81
				26,9			47,8			25,8



Слика 2 – Хистограм таложења асфалтена

фираном) налазе се најчешћи односи тешко-растворљивих, средње и лако растворљивих асфалтена који се јављају код путних битумена.

Уколико су вредности односа више према горе утолито је појава пукотина на коловозу вероватнија. Поређењем са положајем вредности еталона (I у II) види се да су у току експлоатационог периода настале знатне промене у смеру неповољног односа различито растворљивих асфалтена "старења" битумена.

На слици 2 дат је још један начин графичког приказивања селективног таложења асфалтена у облику хистограма таложења за испитивање узорка из коловоза означене са 4 Н до 10 Н, односно I и II за еталоне.

5. ЗАКЉУЧАК

Један од разлога оштећења коловозног застора – хабајућег слоја на аутопуту Београд – Ниш, је про-

мена врсте употребљеног битумена Bit 60 током експлоатационог периода.

Промена врсте употребљеног битумена наступила је као последица старења битумена услед реакције оксидације и физичко-хемијске интеракције са каменним агрегатом. Поред ових реакција, на старење утичу још и процес производње и хемијски састав битумена.

За праћење старења услед оксидације најбоља је инфрацрвена спектроскопија, јер се мерењем апсорбације код 1700 cm^{-1} (карбонилна група) одређује степен оксидисаности битумена. Такође праћењем међусобног односа удела лакорастворљивих, средње и тешко растворљивих асфалтена добијамо информацију о процесу старења битумена.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] al-Doury, A., Rahimian, I., Zenke, G.: Aspekte der Löslichkeitsverteilung der Asphaltene in Bitumen im Hinblick auf deren Alterungsverhalten. In: Die Asphaltstrasse/Das Stationäre Mischwerk H.3 (1988): 39.
- [2] Milatović, D., El Bitar, A.S., Stefanović, J., Jovanović, J.: Analiza bitumena metodom infracrvene spektroskopije. U: Nafta 7-8 (1977): 470.
- [3] P.M. Harnsberger, J.M. Wolf, J.C. Petersen: Oxidation of SHRP Asphalts at Different Temperatures Using the TFAAT Method, Int. Symp. Chemistry of Bitumen, Rome, 5-8 June, (1991).
- [4] E.J.Barth: Asphalt, 217 (1962), Gordon and Breach.
- [5] D. Milatović, M. Bastić, M. Smiganić, J. Jovanović, Int. Symp. Characterisation of Heavy Oils and Petr. Residues, Lyon, 25-27 June, 411 (1984).

Озелењавање слободних површина аутопута

Милорад Игњатовић, дипл. инж. хорт.
Љубиша Станојевић, дипл. инж. грађ.
Дирекција за путеве Србије

Стручни рад
УДК: 625.77

РЕЗИМЕ

Приказано је стање постојећих засада уочени недостаци и искуства са опитних деоница на аутопуту од Београда до Ниша, које су пројектоване ради избора најбољих врста засаде, с обзиром на услове експлоатације, локалне и климатске услове, одржавање и цене коштања радова.

1. ОПШТИ ДЕО

На 277 км аутопута од Добановца преко Београда и Ниша, до Дољевца, постоји 600 хектара зелене површине омеђене заштитном жичаном мрежом. На њој расте трава коју путари косе два пута годишње, а на 10 хектара је у протеклом петнаестогодишњем периоду формиран засад четинарских и листопадних биљака.

Највеће површине засада формиране су кроз Београд, на Бегаличком брду и поред Параћина. Функција засада је најпре естетска, затим заштита аутопута од завејавања (Ражањ и Вукашиновац) и стабилизовање покренутих косина (Бобовиште).

Највећи број биљака засађен је на основу пројекта, а радове су извели стручне радне организације "Кофеникс" из Косјерића, "Расадици" из Београда и "Ерозија" из Књажевца.

На извесном делу зелених површина на аутопуту неконтролисано расте багрем (*Robinia* sp.), и то у естетском погледу користи аутопуту. Међутим, због небриге, на много места бујају и врбе (*Salix* sp.), највише на улазима у пропусте и у отвореним јарковима, што није дозвољено због несметаног одводњавања.

Генерално, о засадима на аутопуту готово да нико не брине. Јер, исти се нити окопавају, нити

орезују, а у јесен, због паљења околне траве долази до уништења великог броја стабала. У јесен и у пролеће 1991/92. године изгорео је велики број четинара на косинама усека у Врчину и у Малом Пожаревцу. Ватра је ове површине захватила споља, са њива које су пољопривредници чистили и палили сасушену траву.

На Бегаличком брду, на десној косини усека, на око 50 ари расте бор (*Pinus* sp.) али исти, тврде стручњаци, треба проредити. Извађене саднице могуће је, можда, пресадити на друге површине на аутопуту (слика 1).

На аутопуту је занемарен проблем засењивања фаровима возила из супротног смера. Проблем засењивања фаровима на аутопутевима се решава формирањем живог засада или градњом механичких препрека у средишњем појасу. Овај проблем није решаван у току пројектовања, међутим, он се наметнуо у току експлоатације ове саобраћајнице високог ранга.

Наиме, много возачи у протеклом петнаестогодишњем коришћењу аутопута су указивали да у току вожње имају утисак да им у сусрет, по истом коловозу долазе возила. Они притом нагло беже десно па је било и саобраћајних незгода.

На подручју самог града, тачније на релацији од скретања за аеродром "Сурчин" па до Аутокоманде, својевремено је засађено у разделној траци око пет жбунастих врста. Од свега тога најуспешнији је тамарикс (*Tamarix gatica*) који се одржао на око 80% од укупне површине и данас се добро држи иако му је при одржавању поклањано мало пажње. Остале врсте ту и тамо су успеле—колико да се види да су употребљаване за садњу, а изглед и стање им је лоше.

Разделна трака аутопута је широка четири метра а од коловоза је издвојена металним браницима. У средини је бетонска каналета а дебљина слоја хумуса је највише 40 цм.

Приликом изградње саобраћајнице, у разделну траку је насута плодна хумусна земља у слоју од 40 цм која обезбеђује одличне услове за развој флоре. Међутим, како је аутопут већ дужи временски период у употреби, земља у разделној траци је изгубила много позитивна својства због соли и издувних гасова возила, који се практично претварају у кишном периоду у једну полу-петролејску масну течност која натапа тај и онако плитки слој земље.

Други фактор лошег утицаја је засољавање тла. Зими, у периоду мраза, по коловозу се посипа са ради спречавања настајања поледица. Када се лед отопи, возила са својих точкова одбацују велику количину слане воде на оно плитко и замашћено



Сл. 1. Изглед засада другог бора (*Pinus nigra*). На косини усека на Бегаличком брду реализованог 1983. год

земљиште у разделној траци и на тај начин погоршавају карактеристике тла.

Ова два фактора лошег утицаја на земљиште, директно неповољно утичу на биљни свет у разделној траци. Лош утицај је на коренов систем, јер су изгубљена позитивна својства земље, која су потребна биљкама. Поред лоших услова у земљишту, на биљке у разделној траци лоше утичу неповољни ваздушни услови, због великог струјања ваздуха у виду ветра које стварају возила кретајући се у једном и у другом смеру. Велика струјања ваздуха повећавају транспирацију биљака, изазивајући недостатак воде у биљци.

Ако се уз све ово још помене да су падавине у току летњих спарних дана, нарочито у јулу и августу, незнатне а заливање доста компликовано због саобраћаја, може се извући закључак да је мало биљних врста које би у оваквим условима успевале.

2. ОСТАЛЕ ДЕОНИЦЕ

У пролеће 1992. године, "Србија-аутопут" је покренуо акцију озелењавања разделне траке, чији би основни задатак био смањење заслепљивања фаровима у кривинама при ноћној возњи а која изазивају возила из супротног смера. За почетак је узета деоница од само шест километара аутопута, која ће уједно служити за испитивање појединих биљних врста на услове средине у разделној траци.

Деоница од шест километара дужине почиње иза наплатне рампе у Бубањ потоку до Врчина, односно од км 599 + 000 до км 605 + 000. Посао је подељен на два једнака дела – дужине по три километра.

2.1. Прва три километра деонице додељена су за извођење предузећу "Кофеник" из Косјерића, које је специјализовано и регистровано за извођење таквих радова. "Кофеник" је стручно и на време извео свој део посла. Све одабране жбунасте врсте засађене су по два комада на један дужни метар, а одабрано је и засађено следећих осам врста:

2.1.1. *Thuja occidentalis* – жбунасти четинар, правилног хабитуса. Ова врста нема великих захтева у погледу квалитета земљишта, а добро подноси дим, прашину и неке гасове, као и ветар. Орезивањем се може формирати жељени облик и висина. Отпорна је на ветар и контрасте температуре.

2.1.2. *Ligustrum* sp. – Зимзелени жбун висине до два метра. Има густу крошњу, правилног хабитуса са листовима који су и лети и зими зелени. У пракси се показао као врло отпоран на издувне гасове аутомобила, јер се сади као жива ограда у граду. Врло је отпоран на високе температуре, а слабије на ниске.

2.1.3. *Tamarix* sp. – Листопадни жбун или ниже дрво, који трпи орезивање. Отпоран на високе температуре и на недостатак влаге у земљи. Одлично подноси заслањена земљишта и ниске температуре.

2.1.4. *Berberis atropurpurea* – Листопадни жбун висине до метар. Трпи орезивање. Листови су увек црвене боје, има трнове. Подноси ниске и високе температуре.

2.1.5. *Spiraea vanhouttei* – Листопадни, врло густ жбун, висине до два метра. Отпоран на издувне гасове, високе и ниске температуре и скроман у захтевима у погледу услова у земљишту.

2.1.6. *Cornus alba sibirica* – Листопадни жбун, два до три метра висине, трпи орезивање. Подноси мраз.

2.1.7. *Symphoricarpos orsiculatus* – Листопадни жбун, висине до једног метра. Без карактеристичних особина.

2.1.8. *Rosa canina* – Листопадна повијуша, тригата, отпорна на ниске и високе температуре, као и на издувне гасове.

Садња одабраних врста извршена је у априлу 1992. године, а у јуну је већ добијен резултат. У глобалу успех је био око 65%, а по врстама најбоље су се понашале следеће врсте *Ligustrum*, *Berberis* и *Cornus*. Према избору биљних врста и квалитету садног материјала, није остварен жељени успех.

2.2. Други део садница – преостала три километра аутопута поверена су на извођење Друштвеном предузећу "Расадници" из Београда. Ово предузеће извело је радове у свему према крајој студији Градског Зеленила из Београда коју су урадиле три дипломирана инжењера хортикултуре, уз покушај да направе најповољнији избор биљних врста, да одреде начин садње и да се одреде за један од најпогоднијих начина рекултивације земљишта (Слика 1 и 2).

За рекултивацију земљишта предложено је више начина али је инвеститор прихватио само један, а то је да се на дужини једног километра уклони слој постојеће земље дубине до десет сантиметара, на ширини тридесет сантиметара, и да се на место њега наспе нова плодна хумусна земља, помешана са стајским ђубривом (количински у истом слоју), у коју ће се извршити нова садња.

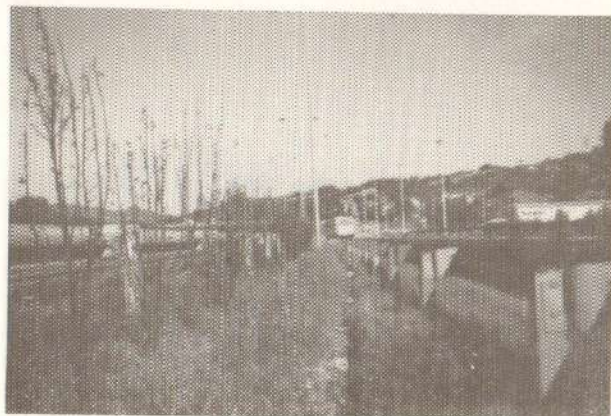
За садњу садница дато је више предлога, од којих је прихваћено следеће:

– да приликом садње, растојање садница од саднице буде један метар;

– да све одабране врсте морају количински бити исто заступљене, како на километру где је измењена земља, тако и на преостала два километра.

На основу услова средине (клима, земљиште, вода) предложено је следећих седам врста:

2.2.1. *Taxus baccata* f. *pyramidalis* – Жбунасти четинар пирамидалног хабитуса. Расте у висини до 2,5 метара. Има врло густу крошњу, увек је тамно зелене боје. Успева добро на сиромашном, као и на богатом земљишту, а подједнако му одговара плитко, као и дубоко земљиште. Подноси врло ниске и високе температуре. Има моћ регенерације, па се може орезивати, а отпоран је на ветар, дим и друге штетне гасове. Има дуг животни век, чак до 3.000 година.



Сл. 2. Изглед засада Јапанског (*Sophora Japonica*) у разделној траци аутопута на км 605.

2.2.2. *Thuja occidentalis* – (Описана у одсеку 2.1.1.).

2.2.3. *Ligustrum* sp. – (Описана у одсеку 2.1.2.)

2.2.4. *Pyracantha coccinea* – Зимзелени жбун са трновима. Расте у висину до два метра. Врста отпорна на сушу, подноси мраз а трпи резивање. Отпорна је на издувне гасове а има и декоративну вредност, нарочито зими (црвени плодови на гранама).

2.2.5. *Saragana arborescens* – Листопадни жбун висине до два метра. Ова врста је веома отпорна на сушу и мраз. Према земљишту није пробирач, подноси чак и заслањена земљишта а отпорна је на ветар и издувне гасове аутомобила. Подноси резивање.

2.2.6. *Amorpha fruticosa* – Листопадни жбун до два метра висине. Више јој погодују влажнија земљишта, а добро успева на заслањеним земљиштима. Отпорна је на издувне гасове и има велику избојну моћ, тако да се терен од ње тешко може очистити, као и од багrema.

2.2.7. *Maclura aurantiaca* – Листопадно дрво са трновима, које достиже чак и двадесет метара висине. Код нас се много употреба за живу ограду, јер трпи резивање и даје густу крошњу до жељене висине. Јако брзо расте и отпорна је на сушу а воли доста сунца. Није пробирач земљишта, успева и на заслањеном, а подноси ветар и издувне гасове аутомобила.

Садња садног материјала обављена је у априлу 1992. године на сва три километра, у свему према студији.

У јуну је на овом делу терена био остварен бољи резултат него што се очекивало; успех чак 90%. Најбољи успех је остварен на оном делу дужине један километар, где је земља замењена али је такође и на остала два километра био висок процент успеха. С обзиром да је ове године месец јуни био са надпросечном количином падавина, можда је и то био један од важних фактора за добро прихватање засађеног материјала.

Ако се упореди успех између првог и другог дела деоница дужине до три километра уочљива је разлика, будући да је за 20% успех мањи на првом делу у односу на други.

Разлика је била у растојању између садница, затим у замени земље на дужини од једног километра и у избору биљних врста (само су две врсте биле заједничке на првом и другом делу деонице, док су остале биле различите).

Из свега треба извући закључак да највећу улогу у свему игра избор биљних врста. Одмах из тога



Сл. 3. Изглед засада листопадног жбуна (*Amorpha fruticosa*) у разделној траци аутопута на км 603

долази вода која је основни фактор за опстанак и живот биљака. С обзиром да је падавина било врло мало, нарочито у критичном периоду јули–август, обавезно је редовно заливање, ако се жели да заденило пружи позитивне резултате у остварењу жељеног циља, тј. да се у разделној траци оствари густа зелена завеса висине до два метра.

Други по важности фактор је земљиште. Различите биљне врсте различито се понашају према условима земљишта. Видели смо из кратког описа појединих врста да неке могу успети и на врло сиромашним док супротно њима друге траже врло богата земљишта, но и оне из прве групе ће сигурно брже и успешније напредовати у земљишту богатом одговарајућим хемијским елементима, него да су на сиромашном. То значи да треба повремено вршити прихрану постојећег зеленила, што се чини најчешће у рано пролеће пре листанја или, још боље, зими када нема снега и мрза. Око биљака се прериља земља у дубину до пола ашова при чему се додаје прегорели стајнак или тресет.

Када су одабране биљне врсте, а услови са водом и земљиштем задовољени, треба обезбедити да садни материјал буде здрав и квалитетан и да се засађивање обави према биолошко–техничким условима за ову врсту радова, при чему посебно треба водити рачуна да саднице не смеју бити млађе од две ни старије од пет година, а дубина садње да буде у складу са кореновим системом. На крају да кажемо да све што се одржава и негује дуже траје, јер се ради о живим биљкама, која би и при нормалним условима врло тешко опстале без одржавања и неговања.

3. ЗАКЉУЧЦИ

Резултати који се добијају формирањем засада на поменутих шест километара средњег појаса аутопута, треба да буду упут како даље извршавати ове радове према Дољевцу. Уколико буде решена техничка страна овог посла, и разуме се, финансије, очекујемо да ће се идућих година извршити озелењавање засадама у средишњем појасу аутопута бар на двадесетак километара годишње. Тако би за десет година на овај начин био решен у доброј мери и проблем заслепљивања фаровима на нашем аутопуту, будући да се он може потпуно решити израдом специјалних ограда или комбинавањем ограда и засада.

Успешна остварења технологија формирања засада биће упут како да се реше слични проблеми у саобраћају на другим путевима у Србији.

На путним правцима Ниш – Нишка Бања, на улазу пута М4 из Београда у Ваљево, као и на више градских саобраћајница где су коловози раздвојени, треба решити проблем засењивања фаровима возила из супротног смера. Такође, на више деоница паралелних путева различитог значаја постоји проблем што фарови возила сметају возилима из супротног смера. Наводимо деонице путева М–1 и Р–214 у зони Врања, затим бивши "аутопут" и регионални пут од Ниша до Малошишта. Сличан проблем постоји и зато што се тангирају путеви и железничке пруге. На пример, пут који води од Пожеге ка Ужицу и паралелно железничка пруга, затим пут и железничка пруга од Сталаћа ка Крушевцу, па пут и железничка пруга Књажевац – Зајечар, Београд – Ваљево, итд.

Оштећења бетона на мостовима аутопута Београд – Ниш

Љубиша Станојевић, дипл. грађ. инж.
Дирекција за путеве Србије

Стручни чланак
УДК: 624.21.004.6:69.059.25

РЕЗИМЕ

У чланку је приказано неколико типичних врста оштећења и мера за њихову санацију на бетонским мостовима и пропустима аутопута Београд – Ниш.

Детаљним прегледом свих објеката у труп аутопута Београд – Ниш, уочено је оштећење бетона на 177 мостова односно плочастих пропуста. Оштећења бетона су најчешће на пешачким стазама, на крајевима плоча, на крилима и на стубовима. Све су то видне површине објеката, а сматра се да има оштећења и испод асфалтног застора. Бетон се љушти и најпре се огољава арматура, а уочени су делови без бетона у слојевима дебљине до 10 цм. На објекту "Мађаре поље" код Ражња "нестала" је цела пешачка стаза – конзола дебљине 25 цм.

Евидентирањем свих оштећења утврђено је да треба поправити бетон на површини од 15.368 м², или на 90 м² просечно по једном оштећеном објекту.

Највише су оштећени плочасти пропуси, али постоје и велика оштећења и на дугачким мостовима, као што су вијадукти код Ражња. На њима је нужна санација носача и попречних греда близу лежишта и стубова. На овим вијадуктима је посебан проблем што за све прегледе и рад треба претходно урадити високу скелу.



Сл. 1. Оштећена пешачка стаза на плочастом пропусту

Пропадање бетона није свуда равномерно, па има случајева да од два паралелна објекта на једном има разарања бетона док су на другом видне површине у најбољем стању. То, донекде, указује да за садашње стање бетона није битна само средина (влага, слана вода, мраз) већ и квалитет бетона и његово уграђивање и неговање при изградњи.

На приложеним фотографијама (слике 1 до 3) видљива су оштећења бетона на неколико објеката.

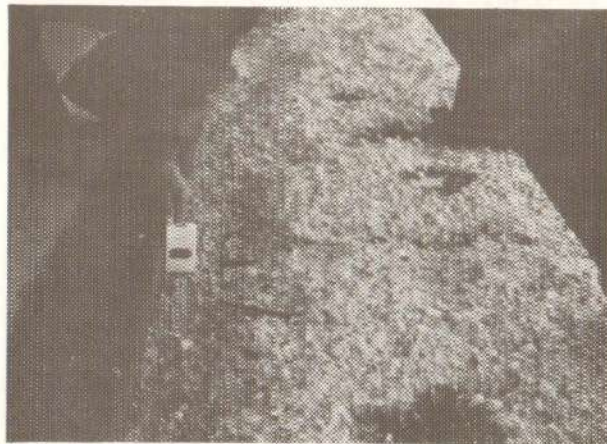
Иако су промене на површини бетона примећене раније, службе за одржавање аутопута су тек 1990. године започеле санацију.

Овај посао је поверен специјализованој организацији "Изолатија" из Београда, подручна јединица "Ниш".

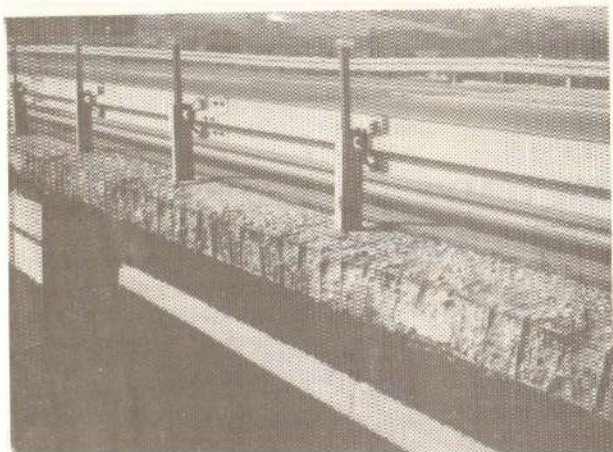
Извршена је потпуна или делимична санација само четири објекта, применом технике обијања и уклањања еродираног бетона, чишћење арматуре пескарењем и наношење хемијских премаза и смеса које су у оптицају под именима: "TRIFLEX", "PRAJMER" и "TRIFLEX D".

На објекту "Мађаре поље", зато што је пешачка стаза рунирана по целој висини, извођач је морао пре хемијских метода да у оплату угради неколико кубика бетона. Питање је какав је квалитет тог бетона као и начина уградње.

У току 1992. год. радници "Србијааутопута" су на неколико објеката у долини реке Мораве извршили одређене интервенције. Извршено је класично мал-



Сл. 2. Оштећење површине пешачке стазе на плочастом пропусту



Сл. 3. Реконструкција оштећене пешачке стазе на плочастом пропусту

терисање огољене арматуре или наношење бетона на пешачке стазе одакле је претходно уклоњен

шљунак (што је преостало од бетона) и извршено прање водом под притиском.

Инвестирањем у заштиту бетона мостова хемијским средствима закључено је да су то врло скупи радови. Посебно повећање коштања је због израде ске-ле. То су и разлози што је до сада извршени обим радова скроман, а треба извести радове на 177 објеката!

О квалитету и трајности објеката применом хемијских метода санације закључиће се по протоку времена, а непознаница је и квалитет бетона испод асфалтног застора, нарочито по ивицама и на дилатационим спојевима.

Овај чланак има за сврху да упозори стручну јавност – пре свега стручњаке за бетон – да би се ангажовали на изналажењу свих узрока разарања бетона на објектима аутопута (али и на свим другим објектима на путевима).

Свакако је нужно изналажење мера и финансијских средстава за санацију и то што пре, јер су у опасности и мостови изграђени у овој деценији.

11000 Београд Поштански брзак 434
Београд војводе Мишића 43
тел (011) 650 322
факс (011) 650 568



11000 Београд Yugoslavia POB 834
Београд војводе Мишића 43
тел (011) 650 322
факс (011) 650 568

INSTITUT ZA ISPITIVANJE MATERIJALA REPUBLIKE SRBIJE DD

AKTIVNOSTI

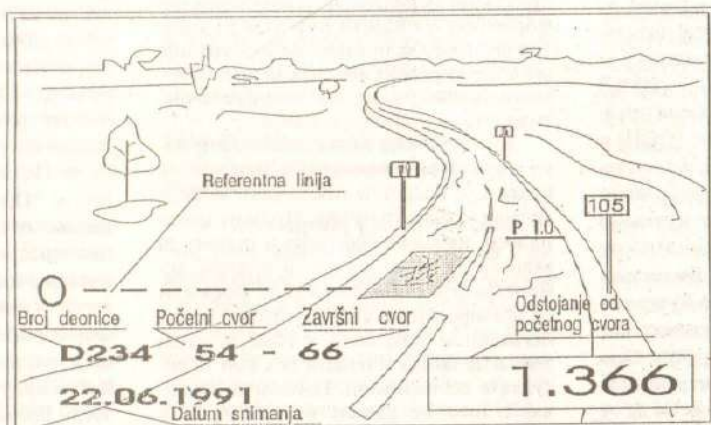
Naučno istraživački rad, projektovanje, nadzor, kontrola, tehnologija gradnje i sanacionih radova za objekte niskogradnje i visokogradnje.

Razvoj novih tehnologija i opreme, primena računara u gradjvinarstvu - projektovanje, baze podataka, sistemi, specijalne namene.



IMS VIDEO SISTEM

AKVIZICIJA PODATAKA O PUTNOJ MREŽI
ZA BAZU PODATAKA O PUTEVIMA - BPP



Саветовање на тему: Стање, развој и коришћење информационе основе у путевима

УВОД

Саветовање је одржано у Кикинди, 13. и 14. маја 1993. године, у организацији Друштва за путеве Србије, Института за путеве ДД из Београда и Завода за путеве и мостове Војводине из Новог Сада. На скупу одржаном у пријатном амбијенту хотела "Нарвик", учествовало је око сто стручњака из путних организација Србије. Поред њих, у изванредну радну и пријатељску атмосферу која је владала током целог саветовања, уклопила су се и четири госта из путне администрације Румуније.

Примена информатике у области путева је по први пут код нас била једина тема саветовања. Радови, пратећа изложба, демонстрације софтвера и опреме као и општа атмосфера која је владала на скупу потврдили су оправданост организације оваквог саветовања.

Хронолошки гледано, саветовање у Кикинди је трећи у низу скупова који су последњих година пратили нагли пораст интересовања за информатику наших путара.

Посматрано са становишта коришћења савремене информатике у путној привреди Србије први значајан догађај се десио на Саветовању "Искључива при одржавању и реконструкцији путева", Копанник, 14. и 15. новембра 1991. године. У оквиру теме II – "Управљање одржавањем и информациони системи" приказана су достигнућа која су имала пресудан значај за нагли развој информатике у путним организацијама. Прави мали "бум" изазвала су саопштења и презентације базе података о путевима развијене у Институту за испитивање материјала Србије (ИМС) на иницијативу тадашњег Савеза организација за путеве Југославије (СОП) и Спелске Банке, уз пуну подршку и учешће "Србијапут", затим Студија оптимализације система одржавања путева уз примену НДМ-III модела, изведена од стране Института за путеве, Видео система за аквизицију података о путевима (ИМС Институт), Систем аутоматског бројања саобраћаја ("Србијапут") и База података о мостовима (Институт за путеве и "Србијапут"). Може се рећи да су

достигнућа која су представљена на скупу на Копаннику формирала чврсту основу и дала велики подстицај за даљи развој информационог система о путној мрежи Србије.

Дирекција за путеве Србије је уочила потенцијални значај информатике и брзо реаговала формирањем свог Информационог центра и покретањем низа иницијатива за даљи развој система. Најзначајнија иницијатива је свакако она која се односи на израду "Пројекта интегрисаног информационог система за путеве Србије". За израду пројектног задатка Дирекција је формирала тим од еминентних стручњака и данас је израда пројекта у завршној фази. Његова реализација ће по свој прилици представљати следећи преломни момент у развоју информатике у нашим путним организацијама.

Паралелно са развојем Информационог центра Дирекције, уз њену подршку и координацију, теку претходно започете активности на формирању базе података о путевима, мостовима и саобраћају, као и на формирању целокупног система аквизиције података уз активно учешће "Србијапут", ИМС Института и Института за путеве, тако да се из дана у дан информационе основа све више проширује.

Други скуп на коме је информатика имала значајно место била је Конференција – "Развој путева и саобраћаја у Србији", одржана у Новом Саду, 28. и 29. маја 1992. године. У оквиру "Теме IV" ове конференције – "Стање и развој система управљања путевима" – у више радова приказани су постигнути резултати информатике у области путева и уз додатну изложбу и пратеће демонстрације омогућено је да се још шири круг заинтересованих упозна са актуелним активностима и иницијативама.

Скуп у Кикинди, одржан годину дана после Новосадске конференције, са правом је посвећен искључиво информатици у области путева. Презентирани радови, изложба софтвера и опреме за аквизицију података као и пратеће демонстрације опреме и методе, показали су изванредан напредак упркос крајње негативном окружењу у коме се наша земља налазила и налази док смо те резултате остваривали. Нарочито је значајно што се уочава велики продор

информатичке технологије у шири круг путних организација.

ТЕМЕ САВЕТОВАЊА

Саветовање је организовано у пет претходно утврђених тема, за које су највећим делом по позиву обезбеђени радови од најкомпетентнијих стручњака. На тај начин су добијени врло квалитетни извештаји, тако да публикација Саветовања представља вредан документ о напорима и достигнућима наших стручњака и путних организација у пионирским данима развоја и примене високе информатичке технологије у путној привреди.

Тема I – Достигнута и планирана техничка регулатива и пројекти

У укупно пет радова дат је сажет преглед историјата и данашњег стања регулативе и пројеката у области информатике у нашим путним организацијама.

• У раду под насловом "Развој и информатичко дефинисање информационог система о путевима у Републици Србији" проф. др Зоран Радојковић, са становишта развоја информатике, приказује најзначајнија документа и акције: Закон о путевима; формирање информационог центра Дирекције за путеве; Правилник о одржавању магистралних и регионалних путева; Правилник о информационом систему и активности на развоју информационог система.

• Други рад по првој тематској области припремио је Живан Радош, дипл. инж. под насловом "Референтни систем за путну мрежу Републике Србије" у коме је приказан Правилник за формирање референтног система путне мреже, који представља неопходну основу за оперативан рад на базама података о путевима.

• Петар Лукић, дипл. инж. у извештају "Пројект интегрисаног информационог система за путеве Србије" даје низ интересантних података о активностима на изради овог значајног пројекта који се ради за Дирекцију. Формирање интегрисаног информационог система за путеве у Србији, као и његов будући развој требало би да обезбеди све потребне информације за ра-

зличите нивое одлучивања, као и све податке који су потребни оперативним службама. Информациони систем се развија у оквиру информационог центра Дирекције за путеве Србије, где се формира, чува и ажурира већина специјализованих база података.

• У четвртм раду по првој теми "Основне поставке информационог система за магистралне и регионалне путеве", чији је аутор мр Драган Перић, разматра се информациони систем за путеве двојачко: као подсистем реалног путног система и као посебан систем. Посебан нагласак је стављен на разматрање елемената тог система, а посебно на изворе података за базу података, затим на елементе саме базе података, као и на захтеве у вези са квалитетом информација потребних за одлучивање.

• У петом раду под насловом "О почетку модернизације и израде катастра путева и мостова у Југославији", Илија Томашевић говори о првим активностима на уређењу података о мрежи путева, започетим још 1932. године. Усвајањем европских норми о изградњи и одржавању савремених коловоза 1935. године се уводи катастар путева и мостова за све државне и самоуправне путеве. Катастар су у техничким одељењима водили надзорници путева који су са групом од пет путара водили линеарну скицу са свим подацима о путу, путним објектима као и свим карактеристикама терена којим се кретао пут.

Тема II – Активности информационог центра Дирекције за путеве Републике Србије

У оквиру ове теме припремљена су четири рада, од којих два нису штампана због закашњења па су копије подељене у току саветовања.

• У првом раду: Активности информационог центра Дирекције за путеве Србије, Михајло Ђорђевић, дипл. инж., директор Информационог центра, даје сажет приказ досадашњих активности и планова будућег развоја. Аутор закључује да постоји много елемената који већ чине основу информационог система. Поред рада на пројекту система и низа активности на формирање референтног система, регулационих аката и сл., Дирекција посебно подстиче формирање база података о путевима, мостовима и саобраћају као основних елемената будућег система.

• У раду "Једна од могућих активности Информационог центра Дирекције за путеве", мр Јованка Ђуран излаже своје мишљење о неким аспектима коришћења Информационог центра о путевима и то:

– да ли висина годишњег буџета за путну администрацију у нашим усло-

вима оправдава запостављање пута, као грађевинског објекта, на рачун обезбеђивања оптималних предуслова за коришћење пута од стране корисничких организација у друмско-транспортном сектору,

– како развој информационе основе о путевима може да допринесе да се потенцијали путне администрације (тј. Дирекције за путеве), у систему управљања путевима искористе на оптималан начин са становишта путно-грађевинског сектора.

Аутор указује такође на неопходност бржег развоја и увођења у праксу система за управљање коловозима као подсистема управљања путевима, да би се подаци који се прикупљају визуелним прегледима стања коловоза искористили на одговарајући начин.

• Трећи рад из ове тематске области, који на жалост због закашњења није штампан у зборнику радова, носи наслов "Развој и активност рачунарскаг центра Дирекције за путеве", а написали су га Миленко Деспотовић, Ратко Бабић и Тихомир Михалчић. У раду се описује рачунарска централна јединица која је развијена у оквиру Одељења за наплату путарине. До сада је рад овог центра углавном био везан за обраду података о наплати путарине, а у последње време се све више користи за вођење финансијских, књиговодствених и других општих послова. У раду се описује развој центра, софтвер и хардвер који се користи. Хардверска платформа за наше услове има велики потенцијал, јер је заснован на систему IBM – AS-400. Аутори у закључцима наглашавају правац развоја система у смислу интеграције у Информационом систему Дирекције, где би рачунар AS-400 могао имати улогу HOST.

• Четврти рад, који такође није штампан због закашњења, али је издељен на скупу, носи наслов "Софтверски пакет за аутоматску обраду података о наплати путарине на ауто-путу Београд – Нипп. Припремила га је група аутора: др Слободан Релић, Миленко Деспотовић, мр Гордана Радијевић, Горана Сормаз, Јован Кафешијски и Тихомир Тепавчевић. У раду је описан сам систем наплате и софтвера, а на крају се приказују планови даљег развоја.

Тема III – Искуства у развоју и коришћењу информационе основе у Војводини

• Први од два рада приложена по овој теми носи наслов "Искуства у развоју и примени информационог система о путевима у Војводини", аутор је Бранка Јаковљевић, дипл. инж. У раду се приказују импресивни резултати постигнути у области примене географског информационог система (ГИС) у

Заводу за путеве, мостове и саобраћај Војводине. Применом софтвера "ARC/INFO", остварен је за кориснике врло приступачан увид у податке о путној мрежи. Приликом развоја овог система коришћени су подаци старе "класичне" банке података о путевима формиране у последњих петнаестак година од Института за путеве, али се истовремено остварује веза са савременом релационом базом заснованом на софтверу "Informix" који је усвојила Дирекција за путеве Србије као основу централног система. У раду се даље описују систем бројања саобраћаја, контрола осовинског оптерећења и друге карактеристичне активности које се одвијају на подручју Војводине.

• Други рад у оквиру треће теме приложио је аутор Мирослав Ј. Стефановић, под насловом "Искуства у развоју и коришћењу информационе основе за потребе активности у оквиру управљања коловозима". У раду се приказују резултати петогодишњег рада стручњака из Института за путеве – Завода за коловозне конструкције из Београда, на развоју и коришћењу информационог система неопходних за активности "Система за управљање коловозима", не само на нивоу мреже коловоза, већ и на нивоу пројекта коловоза. Поред описа спроведених радова по појединим фазама, приказани су сопствени и инострани рачунарска програми и критички осврти и сугестије за даљи развој информационог система и коришћења података у домену "Система за управљање коловозима и планирања одржавања коловоза".

Тема IV – Стање и развој база података о путевима, мостовима и путно-грађевинским материјалима

Базе података представљају основу информационог система па им је у оквиру ове теме посвећена дужна пажња у свим радовима ове тематске групе, од којих један због закашњења није штампан у публикацији саветовања.

• У првом раду: "Могућности повезивања модула информационог система о путевима", мр Ђорђе Узелац, излаже резултате својих истраживања у области интеграције информационог система за путеве. Наиме, подаци којима се управља у информационом систему о путевима врло су различити у погледу могућности манипулације. Имајући у виду савремену информатичку технологију, постоје алфанумерички подаци које је могуће организовати помоћу одговарајућих система за управљање базама података; постоје подаци о цртежима који имају растерски или векторски формат; постоје документи који се могу скенирати или чувати у

класичним архивама и слично. Свака од тих врста података захтева одговарајући софтвер за манипулацију и процесирање, а често се постављају и посебни захтеви у вези хардвера. Аутор показује како се систем за управљање релационим базама података може користити као главни интеграциони фактор у интегрисаном информационом систему за путеве.

• У другом раду под насловом "Могући правци развоја информационе основе о путевима у циљу адекватне примене модела HDM-III у југословенским условима", аутор мр Јован Дробњаковић даје своје виђење могућности коришћења базе података о путевима која се формира у Дирекцији, приликом примене HDM-III модела Светске банке. После кратког приказа модела одлучивања и података који су потребни, аутор даје препоруке за активности на прилагођавању информационе основе за примену модела HDM-III у југословенским условима.

• Др Слободан Цмиљанић у раду "Формирање базе података о налазиштима каменних материјала у Републици Србији" указује на потребу да се у оквиру интегрисаног информационог система за путеве Србије формира и база података о налазиштима каменних материјала, која би могла бити део специјализоване базе података о путнограђевинским материјалима. Аутор даје приказ података којима се сада располаже и предлоге за садржај базе.

• Четврти рад "Стање и развој базе података о мостовима" написао је Драган Бебић, дипл. инж. База података о мостовима развија се у Институту за путеве од 1986. године. Данас су оперативно формиран сав најважнији сегменти, а у току су истраживања која се односе на процену носивости мостова, чиме ће се попуњити последњи значајан захтев. Очекује се да до краја 1995. године база података за мостове буде комплетирана за територију Републике Србије и, како каже аутор, увидом у информације о развоју у земљама OECD, може се закључити да би у том тренутку Република Србија била једна од десетак земаља у свету која располаже самостално развијеном базом података за мостове и самостално развијеним оперативним системом управљања мостовима.

• У раду "Критички осврт на податке који се прикупљају за потребе система за управљање коловозима", Мирослав Ј.

Стефановић износи своје закључке, ставове и сугестије за даљи развој информационог система и коришћење података у систему за управљање коловозима. Критички осврт се пре свега односи на податке о стању коловоза и њиховој сврсенходности.

• Шести рад по овој теми који због закашњења није штампан у зборнику носи наслов "Транспортни систем Југославије – Рачунарска база података", а аутори су др Смиљан Вукановић, др Слободан Релић и др Бранко Станић. У овом врло интересантном раду приказана је база података урађена у "GIS PLUS" софтверу, са свим релевантним подацима о транспортном систему Југославије, потребним за управљање транспортом и доношење стратешких и оперативних одлука. Уз базу су развијени специфични програми за потребе транспортне привреде (даљинари, руте, трошкови транспорта). У првој фази је извршена и дигитализација путне мреже и пловних путева Југославије. Планиран је даљи развој система, али ће то зависити пре свега од могућности финансирања.

Тема V – Будући правци развоја и коришћење информационе основе

Ова тема, на неки начин, обухвата закључке целокупног саветовања из којих следе правци даљег развоја информационе основе за путеве.

• У тексту под одговарајућим насловом: "Будући правци развоја и коришћења информационе основе", чији су аутори проф. др Зоран Радојковић, Душан Радошевић и Петар Лукић, даје се виђење најважнијих питања на која се треба оријентисати у будућности:

- сабирање и рекапитулација вредности и могућности коришћења расположиве информационе основе;
- проширење расположиве информационе основе новим недостајућим подацима;
- развој поступака и метода коришћења већ сакупљених информација;
- даљи развој специјализованих банака података;
- израда непостојећих или дорада постојећих правилника, упутстава и поступака у овој области;
- евидентирање расположиве опреме и технолошких могућности и као резултат тога набавка и развој недостајућих уређаја;
- евидентирање расположивих кадрова у овој области, њихово даље усавршавање и специјализација;

– имплементација пројектованих решења интегрисаног информационог система са свим његовим подсистемима.

УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

Први утисак који се намеће после завршетка саветовања је да је висока информатичка технологија чврсто усађена међу наше путаре и да је њен даљи развој и ширење неумитан процес. Поред успеха "званичног" дела саветовања, интересовање и ентузијазам које су учесници исказивали током дводневног дружења гарантује да ћемо у овој области имати успеха и у будућности.

Подршка коју даје Дирекција за путеве Србије уз заједничке напоре свих заинтересованих представља изузетно значајан фактор у развоју информатике. Поред обезбеђења финансијске основе, посебну улогу има пажљива координација развоја најважнијих интеграционих компонената, као што је то, пре свега, референтни систем, затим генерална организација информационог система уз прописивање стандарда и услова међусобне компатибилности појединих информатичких модула, организација система континуалног праћења стања путне мреже и активности на путевима. На тај начин се стварају услови за висок степен интеграције и тиме за високу ефикасност информационог система за путеве.

На крају, наведимо општи закључак који је дат у прилогу публикације саветовања:

"Ово Саветовање сумирало је досадашњу праксу и указало на могуће путеве даљег развоја начина коришћења расположивог фонда информација и на потребу његовог сталног допуњавања. Саветовање је указало и на будуће правце и стратегију развоја.

Са учиненим констатацијама о добром организационој структури склони смо веровању да је будућност информационог система и његовог коришћења у потпуности обезбеђена, те да ће, када буде потпуно развијен, моћи у потпуности да пружи одговоре и задовољи велики број његових корисника, од државних органа, планерских и истраживачких институција, путарских предузећа, до свих заинтересованих и усмерених на рад путне привреде".

Припремио: Мр Ђорђе Узелац,
дипл. инж. грађ.

Извештај о раду Друштва за путеве Србије

1. Активности Друштва у 1992. год.

Рад Друштва за путеве Србије одвијао се у 1992. години у прилично тешким условима због економске блокаде која је погодила укупну путну привреду, па разуме се, и ово Друштво.

1.1. У 1992. години одржане су четири седнице Главног одбора Друштва, на којима се, углавном, расправљало о питањима везаним за проблеме путне привреде у Србији и о актуелној проблематици рада Друштва, што се види из приказа под 2).

1.2. Годишња Скупштина Друштва за путеве одржана је 17.03.1992. године, у Београду, у "Сава центру" на којој је усвојено више значајних одлука и то:

1) Основано је Друштво за путеве Србије, на иницијативу Друштва за путеве Косова и Друштва за путеве Војводине. Сходно тој одлуци усвојен је и нови Статут Друштва за путеве Србије;

2) Изабрани су нови чланови Главног одбора, председник, потпредседник и секретар Друштва, као што следи:

- Др Петар Митровић, дипл. инж. – председник
- Дамњан Јаковљевић, дипл. инж. – потпредседник
- Градимир Луковић, дипл. инж. – секретар
- Чланови Главног одбора:
- Милован Анић, дипл. инж. – "Хидропроект", Београд
- Проф. др Александар Цветановић, дипл. инж. – Грађевински факултет, Београд
- Др Слободан Цмиљанић, дипл. инж. – Институт за путеве, Београд
- Велимир Газивода, дипл. инж. – ГП "Планум", Земун
- Миодраг Мутавић, дипл. инж. – ИКМ "Шумник", Рашка
- Драган Перић, дипл. инж. – ПЗП "Ниш", Ниш
- Момчило Радаковић, дипл. инж. – "Југославијапут", Београд
- Ђуро Родић, дипл. инж. – "Зрењанинпутеви", Зрењанин
- Владимир Ракић, дипл. инж. – Дирекција за путеве, Приштина
- Проф. др Здравко Јоксић, дипл. инж. – уредник часописа "Пут и саобраћај"

Чланови Надзорног одбора:

- Војислав Вајда, дипл. инж. – Београд
- Илија Томашевић, а. техничар, Смедерево

1.3. У току 1992. године, уз седнице Главног одбора одржана су три стручна предавања и то:

1. Практични резултати вредновања техничких мера дугорочног одржавања путне мреже – Модели МДМ; предавач: проф. др Зоран Радојковић, Институт за путеве, Београд.

2) Информатика о стању путева и мостова; предавачи: Мр Ђорђе Узелац, дипл. инж. и Небојша Радовић, дипл. инж., Институт за испитивање материјала Србије, Београд

3) Приказ о одржаном Међународном конгресу о путевима у Маракешу, Мароко; предавач мр Јованка Ђуран, дипл. инж., Институт за путеве, Београд.

4) Утицај коловоза на транспортне трошкове; предавач проф. др Зоран Радојковић, дипл. инж.; предавање одржано у Смедереву, 23.10.1992. године.

1.4. У току 1992. године одржана су два саветовања у организацији Друштва за путеве Србије, чиме је доказана виталност Друштва и способност да заинтересује бројне стручњаке за новине у струци, на којима су размењена врло интересантна мишљења и искуства. У оба случаја издате су публикације са рефератима бројних стручњака.

Теме саветовања:

- Развој путева и саобраћаја у Србији; саветовање одржано 28.6.1992. године, у Новом Саду.
- Нова оцена улоге и значаја пештачких објеката у савременом пројектовању будућих аутопутева; саветовање одржано 19.11.1992. године, у Београду.

1.5. У Новом Саду, Друштво за путеве Србије и Друштво грађевинских инжењера и техничара из Новог Сада одржали су 5.11.1992. године консултативни састанак под називом: База података о мостовима.

1.6. У току протекле године и поред изузетно тешке финансијске ситуације, Друштво је издало два броја часописа "Пут и саобраћај", у којима су објављени врло интересантни чланци и синтети-

зовани резултати истраживања и студија обављених за различите наручиоце на Грађевинском факултету у Београду, у Институту за испитивање материјала Србије и у Институту за путеве, као и сажети прикази одбрањених магистарских теза и докторских дисертација.

1.7. Већи број чланова Друштва за путеве Србије учествовао је на изради и публиковању специјалне књиге у којој су сажето приказани одабрани материјали приказани у националним извештајима Међународног удружења Сталног конгреса о путеве (AICPR) одржаног у Маракешу, 22 – 28.9.1992. године, под називом "Извештаји XIX конгреса" (423 стране). Публикацију је финансирао и издао Савез организација за путеве Југославије.

2. Извештаји са седница Главног одбора одржаних у 1992. години

• Седница одржана 23.01.1992. године у Београду, у Институту за путеве. На овој седници представници Друштва за путеве Војводине и Друштва за путеве Косова покренули су иницијативу о организовању јединственог Друштва за путеве Србије. Сви чланови су се сложили са овим предлогом. Чули су се разни предлози о будућем раду овако формираног Друштва. Петар Митровић се обавезао да направи нов Статут Друштва. На овој седници је утврђен и датум одржавања годишње Скупштине ДПС. Одлучено је да се Скупштина одржи у марту месецу у Београду.

• Седница одржана 5.05.1992. године у Београду, у Институту за путеве. Седници је председавао новоизабрани председник ДПС др Петар Митровић. Прва тачка дневног реда била је разматрање одлука донетих на годишњој Скупштини ДПС одржаној 17.03.1992. године у Београду, у "Сава центру". На овој Скупштини изабрани су нови председник, потпредседник, секретар и чланови Главног одбора. На Скупштини је предложен Нацрт статута, који је за ову седницу ревидиран с обзиром на примедбе које су се чуле на Скупштини. На овој Седници чланови Главног одбора су једногласно усвојили нови Статут. У осталим тачкама председник ДПС је упознао чланове одбора са новим планом рада Друштва.

• Седница одржана 25.06.1992. године у Београду, у Институту за путеве. На овој седници члановима Главног одбора поднет је извештај о раду. О актуелном стању путне привреде говорио је представник Дирекције за путеве Миодраг Недељковић, дипл. ек. У дискусији која се развила учествовали су: Војислав Вајда, Ђуро Родич, Зоран Радојковић и Зорица Павићевић.

• Седница одржана 30.09.1992. године у Београду, у Институту за путеве. На овој седници се дискутовало о актуелној проблематици путне привреде. У дискусији су учествовали В. Вајда, И. Томашевић, М. Мутаваџић, П. Митровић. Петар Митровић је упознао присутне о саветовању које би требало да се одржи 19.11.1992. године у Београду, под називом: Нова оцена улоге и значаја вештачких објеката у савременом пројектовању будућих аутопутева у Србији.

3. Извештаји са седница Главног одбора одржаних у 1993. години

• Седница одржана 31.03.1993. године у Београду, у Дирекцији за путеве; на којој је разматран Извештај о раду Друштва за путеве у 1992. години, приказан у претходном делу (1.1 до 1.7) као и финансијски извештај за 1992. годину. Извештај је после дискусије усвојен уз констатацију да је финансијски биланс позитиван, јер су укупни расходи (3.053.083 динара) мањи од укупних прихода (3.916.936 динара), а највећи део прихода је од продаје часописа "Пут и саобраћај" и дотација чланица.

Усвојен је план прихода и расхода за прво полугође 1993. године.

Планом рада Друштва за Путеве у 1993. години предвиђа се одржавање пет седница Главног одбора, при чему ће, по устаљеној пракси, на свакој седници бити одржано по једно стручно предавање посвећено актуелној проблематици. Једно предавање планира се у Нишу. У току године требало би да се одрже два стручна саветовања: – прво би било посвећено "Примени информати-

ке у одржавању путева", а друго би се одржало крајем године, без (у том моменту) утврђене теме. У Нишу се планира Саветовање: Искуства у пројектовању и планирању саобраћајница у градским условима.

Планира се да у току године буду издата три броја часописа "Пут и саобраћај", будући да је један четвороброј већ штампан, други се предвиђа у јуну, а трећи крајем 1993. године.

Планирано је да се Годишња скупштина Друштва одржи у току јесени 1993. године, у Пожаревцу, под покровитељством ПЗП "Пожаревац".

Као последња тачка дневног реда размотрен је рад Дирекције за путеве и стање у путној привреди с обзиром на санкције. Програм рада изложио је Миодраг Недељковић, директор финансијског сектора. Указано је на тешку и хаотичну ситуацију у путној привреди с обзиром да су сва велика градилишта затворена због економске блокаде. Дирекција за путеве планира да у току 1993. године посвети већу пажњу локалној путној мрежи (само 22% од ове мреже је са асфалтним застором). При оваквом стању потребно је веће ангажовање на изради студија и пројектовању, да би се у бољим временима могли искористити готови пројекти.

Ситуација у вези с часописом је уобичајена; недостаје већи број интересантних чланака који би омогућавао бољу селекцију као и финансијска средства за редовно издавање часописа.

После седнице одржано је стручно предавање: Техно-економски захтеви у политици Светске банке при кредитирању изградње аутопута; предавач је био мр Јован Дробњаковић, дипл. инж., Институт за путеве, Београд.

4. Извештај са XXXVII годишње скупштине

Тридесетседма годишња скупштина Друштва за путеве Србије одржана је 25. 06. 1993. године у Смедереву. Скупштину је отворио др Петар Митровић, председник Друштва, истакавши да се на њој прославила и четрдесет

година постојања Друштва за путеве Србије.

Скупштини су поред 80 делегата присуствовали угледни гости и заслужни чланови Друштва, међу којима истичемо Жарка Катића, министра за саобраћај Србије, Слободана Јовановића, председника Скупштине општине Смедерево, заслужне чланове Друштва за путеве (проф. Живорад Ђукић, Илија Томашевић, Вићентије Капларевић, Миленко Гвозденчевић, Војислав Вајда...), професоре универзитета, представнике радних организација и Дирекције за путеве.

Рад Скупштине поздравили су начелник округа града Смедерева Стеван Жежељ и председник Извршног одбора Слободан Јовановић.

У радно председништво Скупштине изабрани су др П. Митровић, др С. Цмиљанић и И. Томашевић, а у комисију за закључке: Д. Јаковљевић, М. Миливојевић и Љ. Мандић.

Дневни ред Скупштине: отварање (1); поздрав (2); избор радног председништва, верификација делегата и избор комисије за закључке (3); оцена актуелног стања путне привреде (4); извештај о раду Друштва у протеклој години (5); финансијски извештај (6); план рада Друштва у 1993/94. години (7); финансијски план за 1993. год. (8); дискусија о раду Друштва (9) и стручно предавање.

О актуелном стању путне привреде говорио је Миленко Гвозденчевић (Дирекција за путеве) истакавши да су до сада постојала три извора финансирања. Први – међународни кредити, други – буџет и трећи – финансирање из накнада за путеве. Међународни кредити су због увођења санкција укинута, финансирање из буџета је доведено у питање због велике инфлације, а накнаде за путеве су због санкција смањене на најмању меру, тако да је опште стање критично, а једини излаз је у укидању санкција.

Припремили:
В. Јовановић и З. Јоксич



Др Милорад Смиљанић, дипл. инж. технологије

дине положио је стручни испит, предвиђен за дипломирање инжењере технологије.

Од 1987. године ради у Институту за путеве д.д., у Заводу за грађевинске материјале, као руководиоца Лабораторије за асфалт и угљоводонична везива где и сада ради.

У научно звање истраживач-сарадник изабран је 1988. године.

У току 15-годишњег рада учествовао је у истраживачким тимовима у изради низа научно-истраживачких тема и студија из области хемије угљоводоничних везива, модификованих битумена и асфалта. Објавио је 25 научних радова у домаћим и иностраним часописима и учествовао је у раду више домаћих и међународних симпозијума, конференција и конгреса са радовима. Обавио је увише наврата специјализацију у немачком Институту за истраживање нафте у Калусталу, у трајању од један до три месеца.

У мају 1990. године успешно је одбранио докторску дисертацију: "Старење битумена за путеве и хидроизолације", на катедри за Органску хемијску технологију Технолошко-металуршког факултета у Београду.

Дисертација је написана у 6 поглавља, садржи 124 страна, 35 слика, 26 табела и 56 навода литературе.

Питање квалитета битумена заострава се последњих година јер је он све чешће најлажија карица у троуглу: материјал, пројектовање, изградња. Узрок томе су промене битумена изазване процесом старења. Основни задатак ове дисертације био је да ове промене дефинише и објасни узроке, повеже их са хемијским и физичким карактеристикама битумена и приложи додатне информације о механизму старења.

Др Милорад Смиљанић је проблему старења битумена пришао прилично широко, испитујући истовремено три различите врсте битумена. Ипак, и поред тога, успео је да добије низ позитивних резултата који значајно доприносе упознавању феномена старења битумена. Ови резултати могу се користити за боље приказивање понашања битумена у експлоатацији и предвиђање појава оштећења, асфалтних коловоза, што представља и највећи допринос ове дисертације. До поменутих позитивних и оригиналних резултата колега доспео је захваљујући највише добрм комбинавањем примене најсавременијих метода за испитивања битумена, као што се уочава из сажег приказ дисертације у часопису "Пут и саобраћај", 5-8, 1993. год.

Проф. др Душан Светел,
дипл. инж. техн.

Др МИЛОРАД СМИЉАНИЋ, рођен је 1952. године у Нишу, где је завршио основну школу и гимназију. 1970. године уписао се на Технолошко-металуршки факултет у Београду и 1975. године дипломирао на катедри за Органску хемију.

Године 1978., као стипендиста Републичке заједнице за науку Србије, магистрирао је на Катедри за Органску хемијску технологију Технолошко-металуршког факултета у Београду, са темом: "Састав и структура битумених асфалтена".

После одслуженог редовног војног рока запослио се 1980. г. у Рафинерији нафте Панчево у Панчеву, где је радио као процесни инжењер и као руководиоца лабораторије за битумен. 1986. го-

Др Имре Пап, дипл. инж. технологије



Последицеле студије уписао је 1978. године на Катедри за органску хемијску технологију, у Групи за петрохемијске производе Технолошко-металуршког факултета у Београду. Магистарски рад: Корелација између стандардних карактеристика и вискозности путних битумена" одбранио је 1981. године. Рад је финансирао Основна заједница науке Београд.

После одслуженог војног рока 1982. године положио је стручни испит, пред Комисијом из области технологије.

У периоду од 1984-1985. године био је у тиму експерата Института за путеве ангажован од Министарства за комуникације Либије у Департману за путеве, као руководиоца лабораторије за асфалт и угљоводонична везива.

У периоду од 1985-1992. године руководио Заводом за асфалт и угљоводонична везива Института за путеве, а од

1993. Одељењем за асфалт и угљоводонична везива при Заводу за грађевинске материјале. На тој дужности се налази и данас.

У току четрнаестогодишњег рада др Имре Пап се бавио лабораторијским испитивањима и истраживањима карактеристика битумена и асфалтних мешавина. Учествовао је у истраживачким тимовима у изради низа научно-истраживачких тема и студија из области технологије угљоводоничних везива, модификованих битумена и асфалта.

Објавио је 37 научних и стручних радова, у домаћим и у иностраним часописима. Учествовао је у раду домаћих и међународних симпозијума, конференција и конгреса са радовима. Обавио је у више наврата специјализацију у Институту за истраживање нафте у Немачкој. У научно звање истраживач-сарадник изабран је 1985. године.

Докторску дисертацију "Истраживање утицаја полимера на побољшање реолошких својстава битумена и асфалта" успешно је одбранио у децембру 1992.

Др ИМРЕ ПАП, рођен је 1954. године у Београду, где је завршио основну школу (1969) и хемијско технолошку школу 1973. Исте године се уписао на Технолошко-металуршки факултет у Београду на Органско-технолошки одсек и дипломирао 1978. године. По завршетку студија запослио се у Институту за путеве где и сада ради.

године на Катедри за органско-хемијску технологију Технолошко-металуршког факултета у Београду.

Приказани резултати истраживања реолошких, адхезивних и кохезивних карактеристика полимер-битуменских мешавина на бази SBR- и SBS-каучука и њихов утицај на својства асфалта. У оквиру стандардних и ванстандардних опита као што су: Маршалов опит, бра-

зилски опит и опит пузања одредио је карактеристике асфалта као што су: отпорност на вискозне деформације и отпорност на затезне деформације. Рачунским методама одредио је модуле укочености у функцији температуре и трајања оптерећења као и отпорност на замор, односно век трајања асфалтних мешавина са различитим комбинацијама SBR- и SBSR- полимер-битумена.

Дисертација несумњиво представља значајан научни допринос области нових материјала и играће важну улогу у увођењу тзв. полимер-битумена треће генерације у путоградњу.

Синезни приказ дисертације др Имре Папа публикован је у часопису "Пут и саобраћај" 5-8, 1993. године.

Проф. др Душан Светел,
дипл. инж. техн.

НОВИ МАГИСТРИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



**Мр Стојанка Мишић,
дипл. инж. грађ.**

8.26 и оценом 10 на дипломском раду који је обрађивао проблематику одводњавања саобраћајница, и за који је добила награду Привредне коморе града Београда.

Запослила се на Грађевинском факултету у Београду, где је 1981. и 1985. године бирања у звање асистента правника за предмет **ДОЊИ СТРОЈ САОБРАЋАЈНИЦА**.

Између 1981. до 1984. године положила је све испите на Последипломским студијама на смеру за Путеве и железнице са средњом оценом 9.44, а 1991. године одбранила је магистарску тезу под насловом: **"ПРИЛОГ ПРОУЧАВАЊУ ПРИМЕНЕ ГЕОТЕКСТИЛА КАО ЗАМЕНЕ ЗА ФИЛТАРСКЕ СЛОЈЕВЕ У СИСТЕМУ ЗА ДРЕНИРАЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА"**.

Поред ангажовања у настави мр Стојанка Мишић је учествовала у обради већег броја истраживачких задатака и тема које су финансирали Републичка заједница науке, привредне организације или Грађевински факултет. Захваљујући нивоу знања и примереним радним навикама објавила је већи број радова у стручним часописима, конгресним публикацијама или публикацијама посебне намене везаних за пројектовање путева – одводњавање, температурне промене у тлу и слојевима коловозне конструкције, смрзавање, збијање материјала и стабилизацију тла.

У звање асистента за предмет **ДОЊИ СТРОЈ САОБРАЋАЈНИЦА** изабрана је 1992. године, и у том звању и радном месту је запослена и данас.

Проф. др Здравко Јоксић,
дипл. инж. грађ.



**Мр Бранислав Мишић,
дипл. инж. грађ.**

дија 7.58 и оценом 10 на дипломском раду из области аеродрома. На истом смеру је положио испите на последипломским студијама, у периоду од 1981. до 1983. године, са просечном оценом 9.67, а магистарски рад под насловом **"УТИЦАЈ ФАКТОРА СРЕДИНЕ НА ЦЕМЕНТНО-БЕТОНСКЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ"** одбранио августа 1991. године.

Одмах по дипломирању се запослио у предузеће "Ратко Митровић", где је радио као извођач радова на ауто-путу Београд-Загреб. У предузеће "Партизански пут" прешао је 1978. год, где је радио као извођач и као пројектант на објектима нискоградње.

Године 1979. је прешао у Институт за испитивање материјала СР Србије где је највише радио као надзорни инжењер за грађење и одржавање магистралних саобраћајница у Србији и од стране других организација ангажован за рад у Ираку.

Године 1984. је прешао у предузеће "Планум" у коме је провео, са краћим прекидима, око две године у Ираку на изградњи аутопута и то као шеф лабораторије, као технички директор и на крају као директор пројекта. По повратку у земљу је радио као директор на пословима реконструкције железничке пруге Београд-Загреб.

Почетком 1987. године поново прелази у предузеће "Партизански пут" где је и данас запослен као заменик директора техничке припреме.

Проф. др Александар Цветановић,
дипл. инж. грађ.



Мр Јован Дробњаковић, дипл. инж. грађ.

специјализације је од Светске банке 1992. године призната као пост-дипломске студије, а магистарску тезу под насловом "ИНВЕСТИЦИЈЕ У ПУТОГРАДЊИ У ЈУГОСЛАВИЈИ - РАЗВОЈ ПРОЈЕКТНОГ ЦИКЛУСА" је одбрањено у Хагу, септембра 1992. године, пред заједничком комисијом Светске банке и Техничког универзитета у Делфту.

Од краја 1992. године мр Јован Дробњаковић ради као шеф Одељења за студије, истраживачке пројекте и пројектовање коловозних конструкција у Институту за путеве у Београду.

Мр Јован Дробњаковић рођен је 1959. године у Београду. Основну школу и гимназију завршио је у Београду 1977. године. Исте године је уписао Грађевински факултет у Београду, а дипломирао је на смеру за бетонске конструкције 1983. године.

По завршеним студијама запослио се у Институту за путеве у Београду где, од 1983. до 1987. године, као инжењер-сарадник, ради на пословима пројектовања и грађења коловозних конструкција путева и аеродрома. Свет коловозних конструкција тада постаје његова стручна преокупација. Теренски и кабинетски радови, које је са успехом обављао у овом периоду довели су га 1987. године до нивоа самосталног инжењера. Следеће три године, до 1990., самостално организује теренске радове и води послове пројектовања коловозних конструкција у Институту за путеве. У том периоду је успешно завршио преко 20 значајних и већи број мањих пројеката у земљи и иностранству.

У току 1990. године приступа међународном тиму од 6 инжењера из земља у развоју, које финансира Светска банка из Вашингтона, да учествује у програму специјализације у путном менаџменту код представништва Светске банке у Холандији. У склопу овог програма обавља специјализацију на Техничком универзитету у Делфту и у Институту за интернационални менаџмент у Хагу, у Холандији. Његова

Тема магистарског рада Јована Дробњаковића је дефинисана на основу његових стручних афинитета и уз асистенцију представника Светске банке из Вашингтона. По својој поставци је врло актуелна у садашњем тренутку југословенске путоградње. У време када се, услед сталног дефицита у буџету путне администрације, изградња нових и одржавање старих путева делимично запоставља, неопходно је припремити се за време које долази и нове кредите за изградњу путева. Наиме, са становишта путне администрације, за све учеснике у путним пројектима, могу бити врло корисне анализе вођења пројектног циклуса у складу са политиком кредитирања од стране Светске банке, а ово управо и елаборира његов магистарски рад.

Јован Дробњаковић је у своме раду детаљно анализирао и дао јасан преглед техно-економских (и неких финансијских и институционалних) захтева који се, у политици Светске банке за Југославију, постављају при кредитирању изградње аутопутева. За разлику од стандардног приступа домаће путне администрације, Дробњаковић је пројекту изградње аутопутева пришао са позиције Светске банке и остварио не-

опходну сарадњу на овом послу у директним контактима са њеним представницима у Холандији.

Наиме, под пројектом изградње аутопута Светска банка посматра процес који траје најчешће 25 до 35 година и почиње од момента успостављања саме идеје да се гради аутопут. Период идентификовања и припреме пројекта до почетка изградње може да потраје и једну до две године; на шта се наставља сама изградња аутопута до његовог пуштања у саобраћај. Ови послови, најчешће, обухватају период од око 5 или више година. Даље, период експлоатације је најдужа фаза пројекта у току које се оцењује успешност пројекта и траје између 20 и 30 година. У кредитној политици Светске банке при изградњи путева у земљама у развоју генерални приступ оправдавању улагања је, пре свега, кориснички. Основни разлог је кредитирање пројеката ради општег привредног развоја путно-грађевинског сектора. Зато се при разматрању пројекта изградње и одржавања највећа пажња обраћа на постизање максималне социо-економске добити на основу инвестиционих трошкова.

Магистарски рад Јована Дробњаковића се логички креће кроз пројектни циклус (тзв. пројектни менаџмент) у неколико мање-више диференцираних нивоа, а сажет приказ објављен је у часопису "Пут и саобраћај", 1-4, 1993. године.

У целини узето, магистарски рад мр Јована Дробњаковића може имати практичну употребу у пословима вођења пројектног циклуса од стране представника путне администрације и то као систематичан преглед техничких, економских и неких финансијских и институционалних захтева које Светска банка из Вашингтона тражи од националних путних администрација када је реч о пројектима изградње путева, делимично или у целости финансираних из кредита Светске банке.

Проф. др Александар Цветановић,
дипл. инж. грађ.



Путарство Србије и Југославије остало је без РАДОВАНА РАДОМАНА, дипломираног грађевинског инжењера, једног од великана и изузетних прегалаца ангажованих на унапређивању путарске струке.

Радован Радован, рођен је 21. августа 1935. године, у скромној учитељској породици Радомана, у којој се од детињства научио неопходности поштења и култу рада. Основну школу завршио је у Београду, а средњу школу успешно је завршио 1954. год., у чувеној Првој београдској гимназији, у којој је стекао опште знање, које ће му касније у животу и стручном раду веома значити. На Грађевински факултет београдског Универзитета уписао се 1954. године. Студије грађевине савладао је предано и систематски, а дипломирао је 1961. године. Био је омиљен међу студентима као дружељубив и позудан колега.

Радни век отпочео је и завршио у Институту за путеве.

Први посао који му је припао као инжењеру почетнику, била је изградња деонице аутопута од Цела до Владичиног Хана у току 1961. године.

Наредне, 1962. године, ради на изградњи деонице ауто-пута од Ђуприје до Параћина, а 1963. године на изградњи деонице од Београда до Врчина.

Ове три прве године рада, омогућиле су му да стекне значајно искуство у градитељству и да се оформи као стручњак изразите вредности.

Као формиран стручњак одлази 1964. године на изградњу континенталног дела Јадранске магистрале од Приштине до Бенерал Јанковића, на дужност шефа секције за изградњу пута.

По успешно завршеном послу на деоници магистрале од Приштине до Бенерал Јанковића, 1968. године преузима изградњу, технички веома сложене деонице пута од Рожаја до Косовске Митровице. Период од 1971. до 1974. године, проводи у Дирекцији Института за путеве, као помоћник легендарног

Радован Радован, дипл. инж. грађ.

путара инж. Радојице Јауковића, од кога се за те три године, научио реалности, мудрости и стрпљивости, који су му касније у самосталном руководном раду веома користиле.

Од 1974. до 1978. године ради на месту директора највећег ООУР Института за путеве, у Заводу за истраживања и испитивања, а тај период је карактеристичан експанзијом у пословању, изласком у иностранство, повећањем квалитета рада итд.

Први човек Института за путеве постаје 1978. године и на тој дужности остаје 15 година до несрећног дана његове преране смрти 5. јануара 1993. године.

Време које је провео као директор, веома је значајно за просперитет Института за путеве, који постаје највећа научно-истраживачка кућа у области путева у Југославији и веома призната и цењена у иностранству. У исто време Институт за путеве се афирмише као кућа изузетних могућности у домену студија, пројектовања, изградње и одржавања путева.

За време Радовановог рада на месту директора Института за путеве, израђени су бројни пројекти и изграђени многи путеви под контролом Института.

Набројаћу неке од њих:

Извршено пројектовање и обављена изградња модерног аутопута кроз Србију: Сурчин – Београд – Ниш – Лесковац, затим: Ђерлапског пута; пута од Ужица до Златибора; пута од Појата до Крушевца; пута Београд – Зренанин, аутопута око Београда, од Добановаца до Бубањ Потока, за чију је изградњу, која је у току, један од најзаслужнијих.

Извршене су реконструкције и рехабилитације у око 500 км путне мреже у Србији, изградња око 300 км путева у Босни и многи други послови.

У периоду 1978. до 1993. године у Институту за путеве израђени су, међу многим, и следећи већи пројекти као: аутопута Куманово – Скопље – Велес; пута Будва – Цетиње; аутопута Београд – Панчево; пута Скопље – Тетово – Охрид; обилазница аутопута око Ниша (од Копрена до Просека); обилазног пута око Краљева; више од 1500 км путева и аутопутева у Либији и многи други послови.

У току је израда пројеката: аутопута од Лесковца до границе са Македонијом и од Ниша до границе са Бугарском, затим аутопута Београд – Јужни Јадран, као дела европског пројекта "ТЕМ" и многих других.

На свим овим пословима Радован Радован предано се залагао на обезбеђењу финансијских средстава, угова-

рању посла, организацији извршења посла, учествовао у решавању сложених техничких проблема, бринуо о квалитету рада и завршетку посла о року.

Врло је значајно његово ангажовање на проширењу послова у иностранству, тако да у том периоду Институт интензивно ради у Либији, Ираку, Алжиру, Кенији, Русији итд...

Институт је, у том периоду, у иностранству годишње реализовао до 30% свог укупног прихода.

Поред наведених послова, Институт за путеве је за време Радовановог рада на месту директора, интензивно упражњавао и развијао научно-истраживачки рад, што потврђује преко сто педесет израђених научно-истраживачких тема и студија.

У свом раду Радован је развијао и унапређивао пријатељске односе са организацијама и институцијама у земљи и у иностранству.

Нарочито је развијао сарадњу Института са светским путарским организацијама AIPCR и IRF.

У периоду 1978. до 1989. године, Институт за путеве интензивно ради у свих шест република тадашње Југославије.

У више наврата, за време свог мандата директора, успешно је извршио реорганизацију Института за путеве, мада не увек због потреба раста и развоја, већ наметнутих законских обавеза.

Био је дугогодишњи активни члан Друштва за путеве Србије и један од његових најуспешнијих председника. Смрт га је затекла на дужности председника Друштва за путеве Југославије.

Цео свој радни век од 32 године провео је у Институту за путеве. Као радник и руководиоца у Институту био је хуман, имао је разумевања за свакога; волео је људе и ценио их према поштењу и раду.

У пословном смислу имао је дара за организацију посла; спретно је руководио и био ненадмашан менаџер. Познавао је одлично путну привреду Србије и Југославије и у тим оквирима успешно деловао.

Дуго година борио се са тешком болешћу. Против болести супротстављао се вољом и упорношћу. Болест није признавао и радом ју је сузбијао. За све то време нормално је радио и испуњавао бројне и сложене дужности.

Институт за путеве много је изгубио смрћу Радована Радомана, јер је остао без једног од најбољих чланова. За све што је учинио, колектив Института за путеве и путне привреде Србије и Југославије су му неизмерно захвални.

Др Петар Митровић



Др Предраг Брауновић, дипл. инж. грађ.

Др ПРЕДРАГ БРАУНОВИЋ-ПЕЦА, рођен је у Ужицу 1929. године, одакле се, као дете, сели у Зренанин где завршава основну и средњу школу 1948. године. Грађевински факултет – саобраћајни смер завршава у Београду 1955. године.

После завршеног Грађевинског факултета запошљава се 1955. године у путној служби Војводине (Зренанин, Нови Сад), где ради на пословима пројектовања, надзора и применом истраживањима везаним за увођење технологија стабилизације локалних материјала различитим везивима ради њихове примене у изградњи коловозних конструкција, будући да Војводина не располаже каменитим материјалом. Технички руководи неопходним истраживањима и лабораторијским испитивањима у првој Путној лабораторији у Новом Саду, а и директор је организације за грађење поступцима стабилизације. Под његовим руководством и ангажовањем, заједно са сарадницима Института за испитивање материјала СРС и Војног института из Београда, изграђено је у Војводини више од 240 км путева са коловозним конструкцијама чији су носећи слојеви од цементом стабилизованих материјала.

У току 1963. године, прелази у Дирекцију за изградњу аутопута "Братство-јединство" где руководи новоформираном Централном лабораторијом и активно учествује 1967. године у формирању Института за путеве у Београду, у коме остаје до своје смрти, ангажован на обављању одговорних и сложених задатака. Поред делатности на истраживањима неопходним за пројектовање аутопута у периоду 1969. до 1973. године, формира и путну лабораторију за пројект путне мреже у Египту, а 1973. године, као сарадник Института за путеве формира представништво – Консалтинг биро у Триполију – Либија где руководи и непосредно учествује у пројектовању и надзору на преко 2.000 км путева у тој земљи, да би од 1978. године постао саветник у Министарству за развој градова Либијске владе. Од повратка у земљу 1980. године, саветник је у сектору за коловозне конструкције Института за путеве, у звању вишег научног сарадника.

После дипломе специјализације у области стабилизације материјала обавља у САД (1959/60. године), а из области механике коловоза у Великој Британији (1966. године), захваљујући којим и сталном стручном усавршавању постаје један од врло истакнутих Југословена стручњака у тим областима. То потврђује више од 85 радова објављених у домаћим и иностраним стручним часописима и у конгресним публикацијама, као и значајан прилог стручној литератури: "Стабилизација тла" у два тома, који представља значајне приручнике за стручњаке који се баве овом проблематиком.

Докторску дисертацију под називом "Карактеризација комплексно стабилизованог материјала у функцији носећег слоја коловозне конструкције", у којој је формулисао критеријум "идеалне стабилизације" отпорне на појаву прелина од скупљања у периоду хидратације и очувавања комплексно стабилизованог материјала са згуром, одбрано је 1984. године на Грађевинском факултету у Нишу.

Др Брауновић је истакнути члан Друштва за путеве Србије и Југославије од 1974. године, члан је више међународних институција и удружења, а од 1978. године налази се у регистру експертних стручњака у области путних конструкција.

Др Брауновић је истакнути члан Друштва за путеве Србије и Југославије од 1974. године, члан је више међународних институција и удружења, а од 1978. године налази се у регистру експертних стручњака у области путних конструкција.

рата Уједињених нација. Учествовао је на већини стручних манифестација у земљи (конгреси Савеза за путеве Југославије, Друштва инжењера и техничара и др.) и у иностранству (AIPCR, IIRF, путне конференције и др. у Великој Британији и САД), својим прилозима, дискусијама и предавањима у којим је приказао резултате свог богатог искуства и лабораторијских истраживања. Показао је изванредне организационе способности у формирању савремених путних институција у земљи и иностранству.

За своје стручно и друштвено ангажовање одликован је Орденом рада са златним венцем, проглашен је за заслужног члана Друштва за путеве Југославије и награђен бројним плaketима и признањима Института за путеве, Друштва Инжењера и техничара, више радних организација.

Др Брауновић је био врло вредан, упоран и прилежан у сваком послу којег се прихватио. Све је одмеравао на прави начин, имао је меру за своје шале па и цинизме којим је штитио свој лични и научни интегритет и углед. Сваки посао који је обављао са другима обављао је као са пријатељима, увек стварајући нове, помажући несебично свим заинтересованим да стекну нова сазнања, да се оспособе за нове послове и за нова стручна знања. Сараднике је брзо претварао у пријатеље, рачунајући увек на обострану приврженост и оданост. И поред тешке болести, припремио је свој последњи чланак за часопис "Пут и саобраћај" (објављен у броју 1-4, 1993. године), одуживши на најбољи начин своју обавезу према часопису и Друштву за путеве Србије, чији је угледни члан био.

Остаје нам да се са тугом сећамо др Брауновића, поносни што смо били његови пријатељи и што смо таквог човека имали у нашим редовима.

Др Љубинко Драговић

Др Здравко Ђуксћ



Спасоје Драговић, дипл. инж. грађ.

Средином фебруара 1993. године умро је, шест година по одласку у пензију, дипломирани инжењер грађевинарства СПАСОЈЕ ДРАГОВИЋ. Рођен у Ужицу 1921. године, у истом граду завршио је основну школу и гимназију. Патриотска осећања у његовој породици одређују га за учешће у народноослободилачком рату. Крајем 1951. године, дипломирао је на Грађевинском факултету у Београду.

Прво запослење имао је у предузећу "Траса" на трасирању и пројектовању путева у Поповцу, Мајданеку, Ковилачи, трасе око Београда, пута Севојно-Ужиче. У грађевинском предузећу "Партизански пут" запошљава се 1955, у којем остаје непуних 20 година. Један је од првих инжењера у овом предузећу у којем се, на изградњи путева и објеката нискоградње, налазио на дужностима шефа деонице, шефа градилишта, секторског и главног инжењера до директора градње. Радио је на изградњи железничке пруге Деспотовац-Ресавица, пута Пожаревац-Петровац на Млави, Дунавског пристаништа. У "Партизанском путу" радио је у управи градње "Београд", био је директор Асфалтног погона, директор градње "Нови Сад", а у Либији директор градње "Бенгази" и технички директор компаније "El Katamah".

У "Енергипројект" прелази 1974. године на место техничког директора на градњи хидросистема "Chira-Piura" у Перуу, а затим на место директора радова наше амбаседе у Бону. До одласка у пензију, крајем 1986. године, као координатор послова био је везан за пројект "Chira-Piura" остварујући сарадњу градилишта са руководством у Београду.

Хроничари нашег грађевинарства Спасоја Драговића сврставају међу стручњаке чија се имена памте и када оду са послова у којим су учествовали. Био је добар организатор и привржен послу који је обављао, увек настојећи да се сви задаци успешно обаве. За допринос грађевинарству одликован је Орденом рада са сребрним венцем.

Биће запамћен као изузетно драг, дружељубив, скроман и духовит човек, увек са жељом да помогне раднику, да заштити и очува његова права. Посебно је био спреман да помогне млађим стручњацима.

Било му је тешко да заувек оде са посла, али је то прикривао шалом. Као пензионер веома често је навраћао у предузећа у којима је радио да се сретне са пријатељима, да чује новости о пословима, да се присети минулих догађаја. Долазио је све док га болест и смрт нису спречили у томе. Остаће трајна сећања на искреног и драгог сарадника, пријатеља и друга.

Мр Јозо Туцаков

Summary

RESEARCH OF POLYMER IMPACT ON IMPROVING RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BITUMEN AND ASPHALT

Imre Pap, BSc (TE) PhD

In this article were presented the rheological, adhesive and cohesive characteristics of polymer-bitumen on the basis of SBR- and SBS-caoutchouc as well as their impact on the asphalt properties.

The results obtained showed that SBR- and SBS-polymer had different impact on the bitumen and asphalt characteristics, while SBS improve elastic of bitumen and resistance to viscous and tensile deformation of asphalt respectively, SBR yield better adhesive and cohesive characteristics of bitumen and favorable fatigue resistance as well as longer duration period of asphalt respectively. Combination of SBR and SBS additive in relation 60:40 % and mixing with bitumen, gave the polymer-bitumen with optimal characteristics.

THE INFLUENCE OF PARKING VEHICLES ON CAPACITY OF URBAN ROADS

Smiljan Vukanović, BSc, (TE), MSc, PhD

The paper deals with the problem of the influence of parking vehicles on capacity of urban roads. The theoretical aspects of problem are given in the first part of the paper. The results of field measurement on urban roads in Belgrade are given in the second part of the paper. The first results of field measurements are in some cases very similar to one given in HCM, third edition.

HISTORICAL REVIEW OF MATERIALS FATIGUE RESEARCH

Dragan Baškalović, B. Sc, (CE)

The fatigue of materials is point of many important considerations concerning functionality and durability of pavement structure. Generally, there were many different approaches to this phenomenon during the history. The common problems for all of experiments were to establish procedures of testing that in most cases represent the real state of pavement structure during the exploitation.

Historically, there were three general points of view related to this problem:

- The first approach, global (macroscopic) point of view is case where the fatigue of materials is considered by testing of models in scale 1:1 (experimental sections and roads in the USA and Great Britain),

- The second approach, based on the phenomenon way, concern to some materials from pavement structure and tend to simulating a whole procedure in the laboratory conditions into reduced scale.

- The third approach, based on principles of mechanics of failure, consider the fatigue of materials as procedure of cracking expansion from beginning state to final (critical) state.

The last two approaches detailed analyzed in this paper.

DEFINITION OF CURB GEOMETRY WITH LOW SPEED MOVING VEHICLES

Darko Vukosav, BSc

Prof. Mihailo Maletić, BSc, (CE), MSc, PhD

Definition of curb geometry with low speed moving vehicles is required very often in the process of rural and urban road design. In these conditions front and rear wheel paths are substantially different and paths of front and rear overhang critical points are also a valuable information in designing the curve.

A computer program for simulation of standard vehicle turning together with the graphical presentation of results is presented in this article. The program is developed in Auto-CAD environment due to its widespread application in rural and urban road design and the fact that its open structure enables relatively simple modifications. The program is developed for the standard vehicles in urban areas: passenger car, communal vehicle, urban bus and articulated urban bus. Basic informations on mathematical model is followed by the program structure and several examples of its application.

ENVIRONMENTAL FACTOR INFLUENCES ON CEMENT CONCRETE PAVEMENT STRUCTURES

Branislav Mišić, MSc, (CE)

The main environmental factors effects in each phase of concrete pavement producing are: temperature, humidity, subgrade support and traffic overloads. On the basis of theoretical and experimental data, suggestion of methodology for analysing environmental factors is presented, in this article, as well as definitions of concerning parameters.

ROAD SUBSURFACE DRAINAGE SYSTEM DESIGN

Stojanka Mišić, MSc, (CE)

The road subsurface drainage system design is presented in this article. It is based on the use of models by which drainage efficiency (as economic category) is determined in dependance of permeability or cross section of filter layer. Specially, the methodology of choosing the appropriate type of geotextile as the substitute for the natural filter layer has been presented.

CHARACTERIZATION OF BITUMENS EXTRACTED FROM THE WEARING COURSE OF THE BELGRADE - NIŠ HIGHWAY

Milorad Smiljanić, BSc (TE), PhD

Samples of bitumen extracted from the wearing course of the Belgrade - Niš highway were examined after several years of the highway exploitation.

The characterization included IR analysis, average molecular mass determination, thermal analysis, determination of the asphaltene content as well as the determination of the precipitation curve of asphaltene and the content of lower, medium and higher soluble extractions of asphaltene.

PLANTING OF HIGHWAYS FREE SURFACES

Milorad Ignjatović, BSc, (F)

Ljubiša Stanojević, BSc, (CE)

The state of existing plants, some noticed deficiencies and experiences on the trial sections of Belgrade-Niš highway are presented. Trial sections are designed to choose the best type of plants depending on exploitation, conditions, maintenance, climate and price of the works.

THE TYPICAL FAILURES OF CONCRETE BRIDGES ON BEOGRAD-NIŠ FREEWAY

Ljubiša Stanojević, BSc, (CE)

This article presents several typical failures of concrete bridges and culverts on Beograd-Niš freeway together with adequate measures for their repair.

