

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



31. STRUČNO - NAUČNI SKUP
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM

ZBORNİK RADOVA
VODOVOD I KANALIZACIJA '10

Divčibare, 05 - 08. oktobar 2010.



Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

Mr Branislav Vujinović, dipl. inž., generalni sekretar

Programski odbor:

Ninoslav Petrović (predsednik), Momčilo Bikicki,
Dušan Prodanović, Časlav Lačnjevac i Bogdan Vlahović

Organizacioni odbor:

Branislav Vujinović (predsednik), Jovan Despotović, Zoran
Marjanović, Borisav Milutinović, Selimir Manojlović,
Veljko Dimitrijević, Obren Četković, Nikica Ivić, Vidoje Vujić
Olivera Ćosović i Marijana Mihajlović

Glavni i odgovorni urednik:

Ninoslav Petrović

Tehnički urednik:

Slavka Vukašinović

Štampa:

Akademski izdanja, Zemun

Tiraž: 250 primeraka

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.2(082)

СТРУЧНО – научни скуп са међународним учешћем
Водовод и канализација '10 (31 ; 2010 ; Дивчибаре)

Zbornik radova / 31. stručno – naučni skup Vodovod i kanalizacija '10, Divčibare, 05 – 08. oktobar 2010. : [organizatori] Savez inženjera i tehničara Srbije ... [et. al.] ; [glavni i odgovorni urednik Ninoslav Petrović]. – Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2010 (Zemun ; Akademska izdanja). – 198 str. : ilustr. ; 24 cm

Tekst ćir. i lat. - Tiraž 250. – Napomene uz tekst. - Bibliografija uz većinu radova. – Abstracts.

ISBN 978 – 86 – 80067 - 26 – 1

1. Савез инжењера и техничара Србије (Београд)

а) Водовод – Зборници

б) Канализација - Зборници

COBISS.SR-ID 178400780

SADRŽAJ

<i>Boris Džodanović, Vojislav Marinković, Dejan Šomođa</i> Princip rada vakuumske kanalizacije sa primerom	9
<i>Vladimir Ćirić, Dušan Sretenović, Miloš Srećković</i> Kanalizacioni sistemi sa programiranim proticajima i pritiscima	19
<i>Veljko Đukić, Biljana Đukić</i> Primjena membranskog bioreaktora za obradu komunalne otpadne vode	27
<i>Adam Milivojević</i> Četvrti stepen prerade mulja otpadnih voda preko vermikultura	33
<i>Milenko Jevtić, Ivan Milojković, Nedeljko Stojnić</i> Istražena i osvojena nova elektrohidrodinamička tehnologija i mogućnost njene primene u održavanju kanizacionih sistema	39
<i>Ivan Milojković</i> Benchmarking za beogradski kanizacioni sistem u odnosu na cene usluga kanisanja naselja za 2007. godinu	45
<i>Anja Ranđelović, Dušan Kostić, Marko Ivetić, Radomir Kapor</i> Neki problemi u rekonstrukciji spojeva kanizacionih kolektora	51
<i>Nemanja Branisavljević, Dušan Prodanović</i> Automatska validacija podataka u kanizaciji	57
<i>Vojislav Marinković, Boris Džodanović</i> Hidraulička analiza objekata na izvoristu „Ristića put“ u Bačkoj Palanci	63
<i>Nenad Radić, Dušan Đurić, Goran Jevtić, Nenad Milenković, Milica Milovanović</i> Mogućnost proširenja izvorišta „Ratno ostrvo“ primenom metode veštačke infiltracije	71

<i>Božo Dalmacija, Srđan Rončević, Ranko Grujić, Branislava Maksimović, Snežana Maletić, Jelena Molnar, Vesna Pešić, Marijana Kragulj</i>	
Hemijski kvalitet podzemnih voda na novosadskim izvorištima tokom 2009/10. godine	79
<i>Ljiljana Takić, Ljiljana Ranđelović, Nenad Živković, Amelija Đorđević</i>	
Kvalitet vode akumulacije Barje	85
<i>Dušan Lukić, Mirjana Babić</i>	
Prikaz rezultata testiranja rada vodomera sa adapterom za daljinsko očitavanje	91
<i>Vojislav Marinković, Boris Džodanović</i>	
Mogućnost povećanja energetske efikasnosti u vodovodnim sistemima	97
<i>Radivoje Obradović, Miroljub Krstić, Časlav Lačnjevac, Milan Bogušić, Dragan Petrović</i>	
Greške pri merenju zaštitnih potencijala kod katodne zaštite čeličnih cevovoda u zemlji i načini njihovog otklanjanja	105
<i>Dušan Prodanović, Dragutin Pavlović</i>	
Provera bilansiranja vode na postrojenjima Makiš – Bele Vode u sistemu Beogradskog vodovoda	113
<i>Stanko Stankov, Zoran Stajić, Staniša Perić</i>	
Bežični prenos podataka u sistemima za nadzor i upravljanje	121
<i>Stanko Stankov, Zoran Stajić, Staniša Perić</i>	
Centralni sistem za nadzor i upravljanje vodovodnim sistemom JKP „Naissus“ Niš	129
<i>Milena Bečelic – Tomlin, Božo Dalmacija, Miroslava Marčić</i>	
Korišćenje podataka pilot istraživanja u cilju identifikacije kritičnih kontrolnih tačaka	139
<i>Ivanka Kaut, Jelena Stojić, Stevan Živkov</i>	
Rekonstrukcija sistema aeracije kao uslov za bolje prečišćavanje vode na postrojenju vodovoda Pančevo	145
<i>Budo Zindović, Miodrag Jovanović, Radomir Kapor, Dušan Prodanović, Dejana Đorđević</i>	
Numerički modeli kao podrška u projektovanju vodovodnih i kanizacionih sistema u Beogradu	151

<i>Pavle Radanov</i>	
Restruktuiranje JKP „Vodovod i kanalizacija“ Pančevo	157
<i>Milan Dorđević</i>	
Organizovanje i intenziviranje razmene znanja i gotovih rešenja u cilju povećavanja efikasnosti naplate	163
<i>Boris Džodanović, Vojislav Marinković</i>	
Preventivno održavanje	169
<i>Dušan Lukić</i>	
Regulatorni okvir radne verzije Zakona o komunalnim delatnostima	173
<i>Boban Birmančević</i>	
Usklađivanje nacionalnog zakonodavstva Srbije u oblasti voda sa direktivama Evropske unije	179
<i>Robert Eckert</i>	
Zaporni ventil od polietilena: novi koncept za rešavanje starih problema zaporne tehnologije.....	185

НУМЕРИЧКИ МОДЕЛИ КАО ПОДРШКА У ПРОЈЕКТОВАЊУ ВОДОВОДНИХ И КАНАЛИЗАЦИОНИХ СИСТЕМА У БЕОГРАДУ

NUMERICAL MODELS AS A SUPPORT IN DESIGN PROCESS OF WATER - AND SEWER SYSTEMS IN BELGRADE

БУДО ЗИНДОВИЋ¹, МИОДРАГ ЈОВАНОВИЋ², РАДОМИР КАПОР³,
ДУШАН ПРОДАНОВИЋ⁴, ДЕЈАНА ЂОРЂЕВИЋ⁵

Резиме: Овај рад илуструје могућност примене нумеричких модела при пројектовању објеката водовода и канализације. Осим за решавање проблема који се често јављају у пракси, нумерички модели се могу користити и за решавање „нестандардних“ задатака. Као пример, приказани су резултати који се односе на праћење утицаја канализационих испуста на квалитет воде у Чукаричком заливу и резултати добијени за потребе фазне градње водозахвата „Макиш 2“ на реци Сави.

Кључне речи: нумеричко моделирање, сколошко инжењерство, испирање залива, водозахват

Abstract: This paper illustrates the application of numerical models for the design of structures in water-supply and sewer systems. These models can be used not only for solving tasks which arise frequently in engineering practice, but also can be used to deal with the “non-standard” issues. For illustration purpose, the results portraying the effect of sewer outlet on the water quality in Čukarica Bay and the results of the analysis for phase building of water plant „Makiš 2“ are presented.

Key words: numerical modelling, environmental engineering, bay flushing, intake structure

1. Увод

Нумерички модели су одавно постали неопходно средство у пројектовању објеката водовода и канализације. Овакав тренд је условљен њиховом релативно ниском ценом (поједини софтверски пакети могу се добити и користити без икакве надокнаде), могућношћу обраде великог броја варијантних

¹ Будо Зиндовић, дипл. инж. грађ., Грађевински факултет Унивезитета у Београду, Булевар краља Александра 73/1, Београд

² Др Миодраг Јовановић, дипл. инж. грађ., Грађевински факултет Унивезитета у Београду, Булевар краља Александра 73/1, Београд

³ Др Радомир Капор, дипл. инж. грађ., Грађевински факултет Унивезитета у Београду, Булевар краља Александра 73/1, Београд

⁴ Др Душан Продановић, дипл. инж. грађ., Грађевински факултет Унивезитета у Београду, Булевар краља Александра 73/1, Београд

⁵ Мр Дејана Ђорђевић, дипл. инж. грађ., Грађевински факултет Унивезитета у Београду, Булевар краља Александра 73/1, Београд

решења у релативно кратком временском року и једноставном презентацијом резултата прорачуна.

Нумерички модели могу се примењивати у свим фазама пројектовања хидротехничких објеката. Њихово присуство је нарочито изражено у почетним фазама (идејна решења) док се у даљим нивоима разраде могу комбиновати са физичким моделима. Незаменљиво су средство за решавање нестандартних задатака, од праћења понашања система током експлоатационог периода, пројектовања и провере система у различитим фазама изградње, до реконструкције и модернизације објеката.

У наставку се приказују два примера који имају за циљ да илуструју неке могућности нумеричких модела. У првом делу, на примеру Чукарничког залива, илуструју се могућности софтверских алата при контроли понашања система и његовог утицаја на животну средину. У другом делу, на примеру водозахвата „Макиш 2“, приказане су позитивне особине нумеричких пакета при фазној изградњи система за снабдевање водом града Београда. Наравно, у оба примера су нумерички модели пре употребе калибрисани на основу измерених, стварних података са терена.

2. Одређивање утицаја канализационих испуста и мера ремедијације на квалитет воде Чукарничког залива

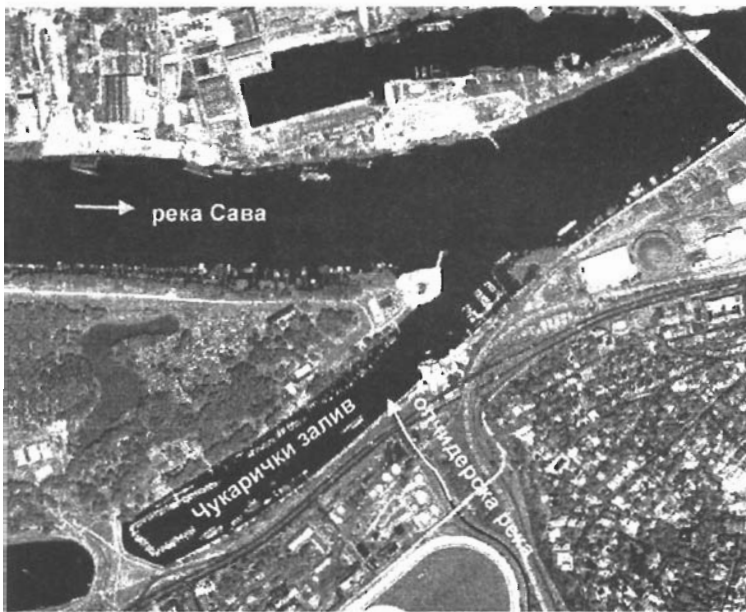
Моделирање квалитета воде је важан поступак којим се може показати утицај одређеног објекта на акватичну средину, а самим тим и на флору и фауну. Ова чињеница је веома важна за велике градове у Србији будући да до данас (2010. година) немају изграђене објекте за третман отпадних вода, које се, непречишћене или недовољно пречишћене, директно испуштају у водотоке и нарушавају квалитет њихове воде.

Преграђивањем Чукарничког рукавца 1967. године, формирано је Савско језеро површине око 86 ха (Слика 1). Низводни крај некадашњег рукавца, Чукарнички залив, остао је отворен према реци Сави. Овај залив користи се у спортско-рекреативне и комерцијалне сврхе и већим делом припада зони непосредне заштите изворишта Београдског водовода.

Вода Чукарничког залива изложена је дугогодишњем загађењу и спада у воде најнижег квалитета на територији града Београда. Квалитет воде је нарочито неповољан током летњег периода када се као продукт распадања органске материје, ослобађају гасови непријатног мириса. У околини Залива лоцирани су бројни загађивачи, а најзначајнији су Топчидерска река и канализациони испуст на ушћу ове реке у Залив.

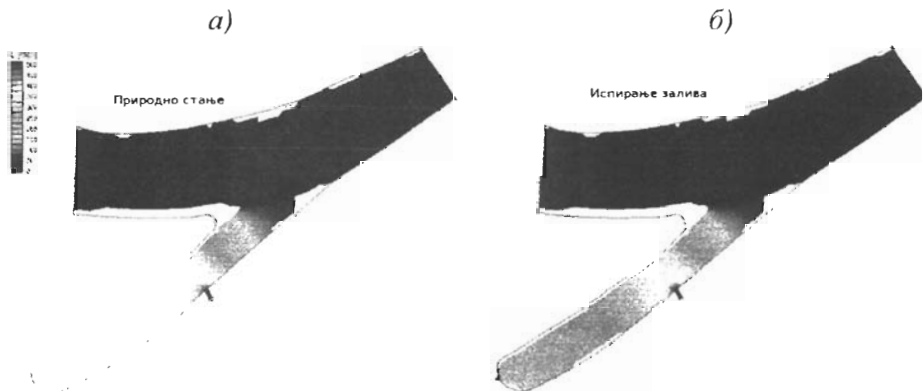
До побољшања квалитета воде Чукарничког залива може доћи уколико се приступи пречишћавању свих отпадних вода које доспевају у Залив, чишћењем дна и третирањем загађеног муља и испирањем Залива водом из Савског језера. Иако би примена свих наведених мера дала најбоље резултате, последња мера је најекономичнија и може се применити у најкраћем

року. Наиме, за потребе изазивања вештачке циркулације у Савском језеру инсталиране су две пумпе укупног капацитета $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Како до сада нису коришћене, идеја је била да се оне употребе за поправљање квалитета воде у Заливу.



Слика 1. Чукарнички залив на реци Сави

Резултат симулације квалитета воде за постојеће стање и са упуштањем воде помоћу постојећих пумпи приказан је на Слици 2.



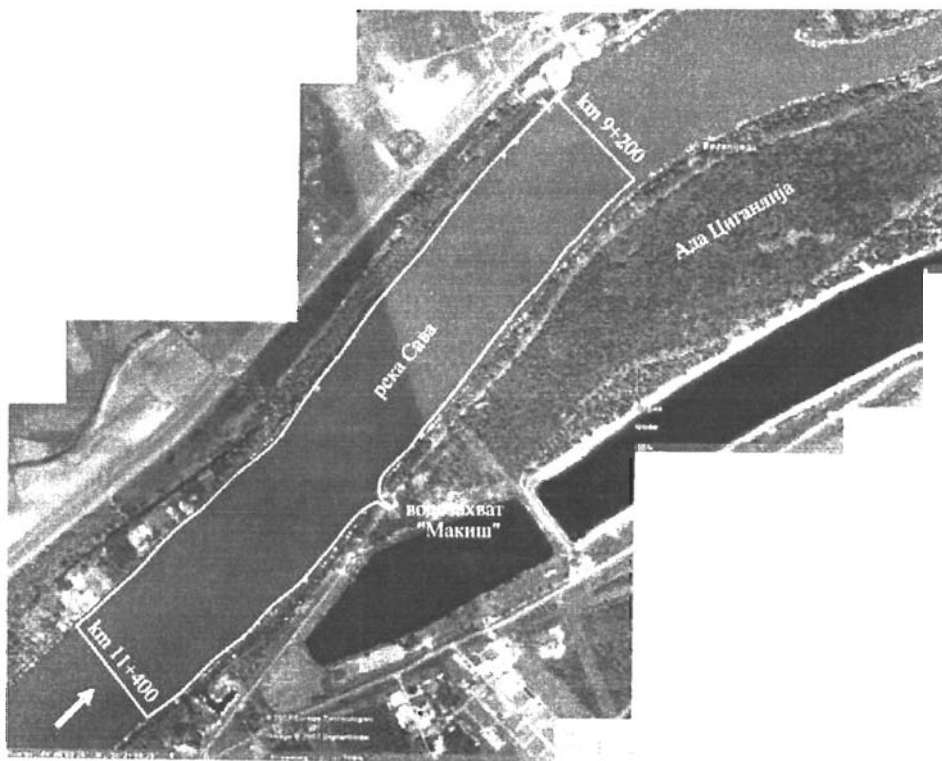
Слика 2. Резултати прорачуна квалитета воде у Чукарничком заливу у Београду за задату концентрацију загађења на ушћу Топчидерске реке од 1000 mg/L : а) природно стање, б) испирање залива. У природном режиму, концентрација загађења је велика, захвата већи део површине Залива и износи око 400 mg/L , што је око 40% улазне концентрације. Применом испирања, квалитет воде је побољшан и износи око 250 mg/L , односно око 25% од концентрације загађења на ушћу Топчидерске реке.

Примећује се да је у случају постојећег стања (Слика 2а) концентрација загађења у целом Заливу врло висока и да износи око 40% концентрације које доспева Топчидерском реком. Рад пумпи има позитиван ефекат на квалитет воде Залива, што се уочава по нижим вредностима концентрације (Слика 2б). Примећује се и да је непосредна зона ушћа Топчидерске реке најзагађенија, што је уочено и током теренских мерења.

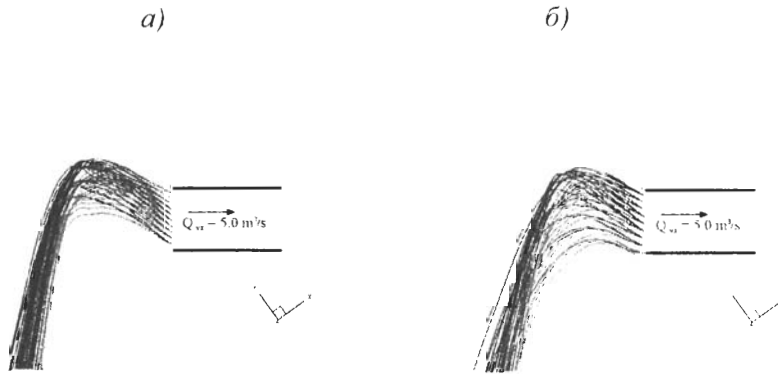
3. Примена нумеричких модела при модернизацији и фазној градњи водозавата „Макиш 2“

Пројектовањем и изградњом нових објеката, не престаје потреба за праћењем њиховог рада током експлоатације. Велики системи се не могу изградити одједном, већ се њихова градња обавља у етапама (фазно). У ретким случајевима, пауза између појединих фаза може бити од неколико месеци до неколико година и нови услови могу довести у питање оптималност (или пак сврсисходност) усвојеног решења.

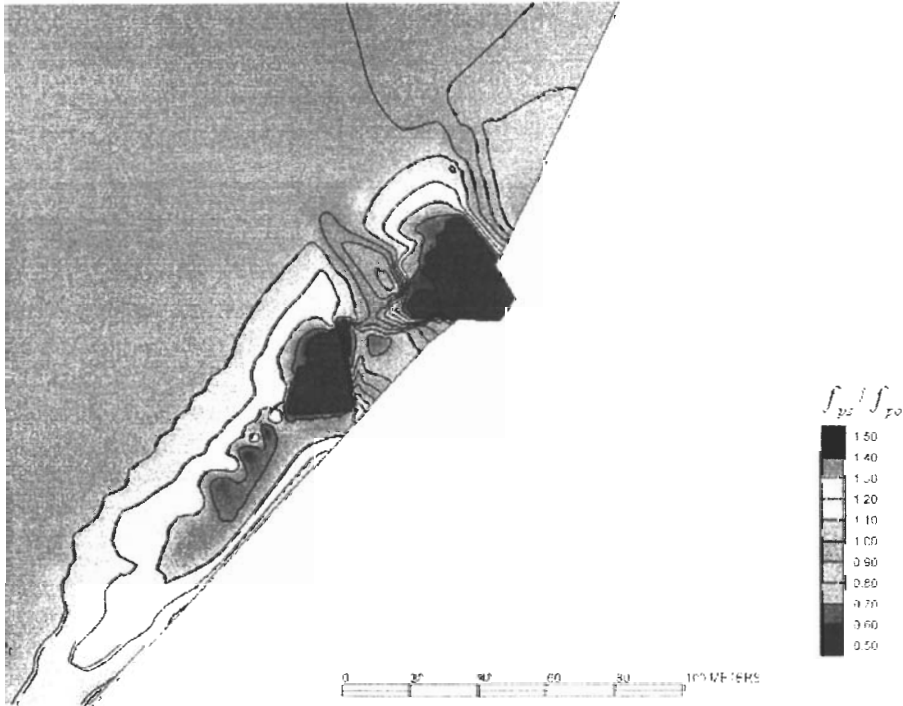
Постројење за производњу питке воде „Макиш“ пуштено је у рад пре скоро две деценије. У првој фази, изграђено је постројење „Макиш 1“ капацитета од 2 до 3 m³/s. Изградњом другог дела постројења, укупни проток на постојећем водозавату повећао би се на 5 до 6 m³/s.



Слика 3. Ситуација са положајем водозавата постројења за производњу питке воде „Макиш“ (означена је рачунска област за разматрању деоницу реке Саве)



Слика 4. Струјнице на улазу у водозахват Макиши за различите дужине прага који је постављен узводно од улаза у циљу спречавања његовог засипања: а) постојећи праг, б) продужен праг (након реконструкције). Резултати показују да продужење прага побољшава струјну слику у зони улаза и повећава захватни капацитет објекта.



Слика 5. Одређивање зоне чишћења улаза водозахвата постројења „Макиши“. Однос вредности параметра покретања наноса по Великанову за засуто корито (f_{pz}) и очишћено корито (f_{p0}) показује области у којима би после чишћења корита дошло до смањења проноса наноса и засипања (области црвене и наранџасте боје, $f_{pz}/f_{p0} \geq 1$). Резултати показују да је за спречавање засипања водозахвата неопходно багеровањем очистити коритито на дужини од најмање 100 м узводно од водозахвата.

Основна анализа спроведена је на физичком моделу, у фази пројектовања система 1986. године. Потреба за новим анализама иницирана је чињеницом да је између две фазе изградње система прошло око двадесет година. Нова испитивања су неопходна не само због преласка на нови режима рада (повећање капацитета), већ и услед промена које су се одиграле у међувремену (промене корита реке Саве због измене хидролошких, хидрауличких и псамолшких услова). Пошто изградња новог физичког модела изискује знатна финансијска средства и време, анализа је спроведена уз употребу нумеричких модела раванског и просторног течења.

Резултати нумеричких симулација приказани су на Сликама 4 и 5. Поређењем струјних слика у зони улаза у водозахват (Слика 4), примећује се да се изменом карактеристика постојећег објекта, могу побољшати услови струјања ка водозахвату. Дијаграми распореда параметара проноса наноса пре и након извршеног чишћења речног корита, указују на обим радова који је неопходан за несметано функционисање водозахвата (Слика 5).

4. Закључак

Нумерички модели су постали неопходно средство у пројектовању хидротехничких објеката. Не само да се могу применити током свих фаза пројектовања нових објеката, већ могу бити корисни и при провери рада постојећих објеката.

На примеру симулације квалитета воде у Чукарничком заливу, у раду је показано да се нумерички модели могу успешно применити при испитивању мера за поправљање квалитета воде. На примеру течења у зони улаза у водозахват „Макиш“, показано је да се применом нумеричких симулационих модела могу ефикасно решити проблеми ревитализације постојећих објеката водовода. Аутори су мишљења да примена оваквих модела, у спрези са теренским мерењима и испитивањима на физичким моделима, пружа најквалитетнију основу за пројектовање водоводних и канализационих система.

5. Литература

- [1] Продановић Д.: *Механика флуида за студенте Грађевинског факултета*, Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2007.
- [2] Јовановић М.: *Основе нумеричког моделирања раванских отворених токова*, Грађевински факултет, Београд, 1998.
- [3] Јовановић М., Капор Р., Продановић Д., Зиндовић Б.: *Хидрауличка студија Чукарничког залива и његовог споја са реком Савом*, Извештај бр. 43336, Грађевински факултет, Београд, 2005.
- [4] Јовановић М., Капор Р., Продановић Д., Зиндовић Б.: *Хидрауличка студија функционисања водозахвата „Макиш“*, Извештај бр. 43643, Грађевински факултет, Београд, 2007.