

VREDNOVANJE PARAMETARA EROZIJE TLA GENETSKIM ALGORITMOM



Dr. sc. Danko Holjević, dipl. ing. građ.

ŽIVOTOPIS

Dr. sc. Danko Holjević, dipl. ing. građ. rođen je 12. travnja 1963. godine u Rijeci. Osnovnu školu završio je 1977., a srednju 1981. g. Dodiplomski studij na Fakultetu graditeljskih znanosti u Rijeci upisao je 1982. g., a diplomirao je na istom fakultetu u svibnju 1987. g.

Pripravnički staž obavio je 1988. g. u tadašnjem poduzeću Radna organizacija "Vodoprivreda" u Rijeci. Na neodređeno vrijeme zaposlio se 1989. g. u građevinskom poduzeću "Konstruktor" Rijeka. Kroz radni staž u tom poduzeću prošao je radne zadatke od voditelja građenja do rukovodioca operative cijelog poduzeća. Krajem 1993. vraća se u vodoprivrednu djelatnost i zapošljava se na radnom mjestu tehničkog rukovodioca u Javnom vodoprivrednom poduzeću Rijeka. Nakon restrukturiranja vodoprivredne djelatnosti u Hrvatskoj, od početka 1996. g. zapošljava se u državnoj vodnogospodarskoj tvrtki Hrvatske vode na mjestu voditelja službe za zaštitu od štetnog djelovanja voda, pri Vodnogospodarskom odjelu Rijeka, a u razdoblju od 2006. do 2009. godine u Direkciji Hrvatskih voda vodi jedinicu za provedbu Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj. Od jeseni 2009. godine radi na zadacima koordinacije hidrotehničkih melioracija pri uredu generalnog direktora Hrvatskih voda.

Poslijediplomski studij upisao je 1994. g. na hidrotehničkom usmjerenju Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Magistarski rad pod naslovom *Procjena erozije tla i pronosa nanosa primjenom GIS-tehnologije* obranio je na istom fakultetu 14. veljače 2002. g. pred povjerenstvom koje su činili prof. dr. Josip Marušić (predsjednik), prof. dr. Josip Petraš (mentor) i znan. sur. dr. sc. Oleg Antičić (član).

Od početka rada u vodnogospodarskoj djelatnosti, a posebice dolaskom na radno mjesto voditelja službe za zaštitu od štetnog djelovanja voda, pokazuje izrazitu sklonost znanstvenom pristupu rješavanja složenih vodnogospodarskih problema te je u okviru redovnih profesionalnih zadataka pokrenuo i sudjelovao u izradi nekoliko studija iz domene problematike obrane od poplava na području primorsko – istarskih slivova. U izradi tih studija korištena je kompjuterska tehnologija, tj. izrađeni su matematički modeli propagacije poplavnih valova. To je rezultiralo s 5 objavljenih znanstvenih radova na kojima je bio koautor.

Kao student poslijediplomskog studija dr. Holjević aktivno je od 1997. g. sudjelovao na znanstvenom projektu Građevinskog fakulteta u Zagrebu pod naslovom *Znanstveni razvoj gospodarenja vodama*, financiranog od strane Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske (šifra projekta 082008; glavni istraživač: prof. J. Petraš). Njegova angažiranost u tom projektu ogledala se u organiziranju istraživačkih mjerenja na terenu i to u okviru podprojekta pod

Disertacija je obranjena 25. veljače 2011. godine na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pred povjerenstvom u sastavu:

Prof. dr. sc. Josip Marušić,
predsjednik

Prof. dr. sc. Josip Petraš,
mentor i član
(svi s Građevinskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu)

Prof. dr. sc. Luka Sopta,
član
(s Tehničkog fakulteta
Sveučilišta u Rijeci)

naslovom: *Protuerозиjska zaštita tla u Istri u sklopu šire ekološke problematike zaštite Jadrana – pilot projekt: višenamjenska površinska akumulacija i sliv Botonege u flišnom području srednje Istre*. Rezultate istraživanja iz okvira tog podprojekta dr. Holjević je koristio prilikom izrade svog magistarskog rada, a u okviru toga objavio je u koautorstvu i dva znanstvena rada. Od lipnja 2003. g. dr. Holjević kao istraživač aktivno sudjeluje na znanstveno-istraživačkom projektu Građevinskog fakulteta u Zagrebu, financiranog od strane Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, pod naslovom *Istraživanja erozije tla i zaštitnih mjera na bujičnim slivovima u Istri* (šifra projekta 0082236; glavni istraživač: prof. J. Petraš).

Predsjednik je Hrvatskog društva za odvodnju i navodnjavanje te član Saveza građevinskih inženjera Hrvatske i Hrvatskog hidrološkog društva. U okviru međunarodnih aktivnosti član je strukovnih društava IAH (*International Association of Hydrogeologists*) i ICID-a (*International Commission on Irrigation & Drainage*) u kojem djeluje u jednoj od radnih skupina kao predstavnik Hrvatske.

Dio rezultata istraživanja kao i stručnih aktivnosti na kojima je sudjelovao objavio je u 42 znanstvena rada u autorstvu i koautorstvu i 15 stručnih radova, od čega 10 radova kao jedini autor.

Osnivač je područnog odbora Rijeka, Hrvatske komore inženjera građevinarstva te član njenog Upravnog odbora.

PRIKAZ RADA

1. OPĆI PODACI O RADU

Predmet doktorskog rada mr. sc. Danka Holjevića, dipl. ing. građ. pod naslovom „VREDNOVANJE PARAMETARA EROZIJE TLA GENETSKIM ALGORITMOM“ odobren je na 95. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, održanoj 24. rujna 2003. godine. Postupak stjecanja doktorata znanosti provodi se izvan doktorskog studija, a za mentora je imenovan prof. dr. sc. Josip Petraš, dipl. ing. građ.

Rad ima prikaz sadržaja na 1 stranici, 126 stranica teksta s 34 slike, 28 tablica i 36 grafikona te popis korištene literature sa 73 naslova.

Rad je podijeljen u sljedeća poglavlja:

1. *Uvod*
2. *Definiranje problema*
3. *Cilj istraživanja*
4. *Teorijska orijentacija u znanstvenom području*
5. *Istraživački poligon „Abrami“*
6. *Metodologija istraživanja*
7. *Rezultati terenskih istraživanja*
8. *Genetski algoritam*
9. *Vrednovanje parametara erozije tla*
10. *Rasprava*
11. *Zaključak*
12. *Literatura*

2. PREDMET, CILJ I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Predmet ovog doktorskog rada je istraživanje mogućnosti kvantitativne procjene (estimacije) učinka procesa erozije tla. Konkretnije, riječ je o istraživanju mogućnosti određivanja optimalnih vrijednosti erozijskih parametara u strukturi poznatih parametarskih metoda procjene tog prirodnog, a štetnog fenomena.

Cilj je istražiti mogućnosti primjene genetskog algoritma u rješavanju zadataka optimalizacije erozijskih parametara, temeljem korištenja rezultata provedenih terenskih istraživanja, sve sa svrhom konačnog dobivanja pouzdanijih rezultata procjene erozije tla i pronosa erozijskog nanosa. Glede tako postavljenog cilja istraživanje je praktično usmjereno ka ostvarivanju znanstvenog doprinosa u području rješavanja problema procjene erozije tla primjenom poznatih parametarskih metoda. Drugim riječima, u radu je istraživana mogućnost unapređenja nekih globalno poznatih parametarskih metoda procjene erozije na način da se unapređenje traži u pouzdanijoj kvantifikaciji pojedinih erozijskih parametara i poboljšanju strukture odabranih metoda, temeljem rezultata provedenih mjerenja *in situ*.

Metodologija istraživanja ogleda se u provedbi dugogodišnjih terenskih istraživanja i mjerenja produkcije erozijskog nanosa unutar istraživačkog poligona "Abrami" u Istri te u primjeni rezultata tih

istraživanja u optimalizacijskom postupku određivanja vrijednosti erozijskih parametara genetskim algoritmom, koji je u tu svrhu po prvi put primijenjen u ovom radu.

3. PRIKAZ DISERTACIJE

3.1 Uvod

U uvodnom poglavlju dan je kratki osvrt na utjecaj erozijskih procesa na razvojni put ljudske civilizacije te na način i dinamiku odvijanja tih procesa. Kratko je naznačen utjecaj erozije na pojedine ljudske aktivnosti, odnosno na posljedice koje erozija ima na okoliš i objekte koje je čovjek izgradio. Naznačen je način pristupa rješavanju problema erozije u inženjerskoj praksi, kao i zasnovanost empirijskih metoda procjene tog fenomena. Naglašena je važnost provedbe terenskih istraživanja koja predstavljaju osnovni uvjet za kalibraciju i upotrebu tih metoda. Navedena su i dosadašnja iskustva i istraživački projekti fenomena erozije tla vodom na području Hrvatske.

3.2 Definiranje problema

U okviru drugog poglavlja definiran je problem kvalitativnog i kvantitativnog predviđanja erozije tla i pronosa nanosa koji se u okviru inženjerskog rješavanja vodnogospodarske problematike zaštite od štetnog djelovanja voda odnosi na prevenciju i smanjivanje štetnih pojava i ukupnih negativnih efekata erozije tla. Naglašeno je da erozija tla vodom predstavlja fenomen koji ugrožava ne samo tlo, nego i vodu, uzrokujući mnoštvo štetnih posljedica, od kojih su tri najvažnije:

- Gubitak plodnog tla kao direktna posljedica procesa erozije, koja u konačnici dovodi do potpune devastacije biljnog pa posljedično i životinjskog svijeta na područjima zahvaćenim tim procesima;
- Intenziviranje pojava bujičnih poplava druga je direktna posljedica procesa erozije tla vodom. Javlja se kao posljedica velikog povećanja površinskog otjecanja koje nastaje zbog erozijskog devastiranja vegetacijskog pokrivača na slivu;
- Intenziviranje efekata suša treća je štetna posljedica procesa erozije tla. Javlja se nastavno na pojave bujičnih poplava, kao rezultat bitno smanjenih retencionih efekata sliva.

Kvalitativno i kvantitativno određivanje erozije tla na nekom geografskom prostoru, posebice na slivovima vodotoka, podrazumijeva potrebu istraživanja i određivanja erozijskih procesa s obzirom na različite pojavne oblike, tj. vidove i intenzitete pojave erozije. Kvantificiranje erozijske produkcije na slivu i posljedični pronos nanosa u vodotocima predstavlja dvojak znanstveni problem. Da

bi se kvantificirala erozijska produkcija za sve pojavne oblike, tj. vidove i intenzitete erozijskih procesa, potrebno je provesti mjerenja produkcije erozije u prirodi ili iznimno mjerenja u artifičijalnim uvjetima. Nastavno, na procjenu erozijske produkcije kvantitativna procjena godišnjeg pronosa nanosa sa sliva uobičajeno se vrši na način da se procijenjena godišnja produkcija pomnoži s koeficijentom pronosa nanosa. U bujičarskoj stručnoj praksi, za određivanje tog koeficijenta preporučaju se parametarski izrazi u kojem su zastupljeni različiti parametri sliva. Na koncu ovog poglavlja konstatira se da je problem procjene pronosa erozijskog nanosa na slivovima, na kojima nema dugotrajnijeg mjerenja pronosa nanosa u vodotocima, još uvijek širom otvoreno pitanje.

3.3 Cilj istraživanja

U trećem se poglavlju kao cilj disertacije ističe istraživanje mogućnosti korištenja genetskog algoritma i rezultata terenskih istraživanja u rješavanju optimalizacijskih zadataka iz okvira primjene postojećih parametarskih metoda procjene erozije tla i pronosa nanosa. Drugim riječima, cilj je istražiti mogućnosti korištenja rezultata provedenih terenskih istraživanja i primjene genetskog algoritma za određivanje optimalnih vrijednosti erozijskih parametara u postojećim parametarskim metodama procjene erozije tla i pronosa nanosa, sve u svrhu dobivanja pouzdanijih rezultata procjene, tj. unapređenja nekih globalno prihvaćenih parametarskih metoda. Riječ je o metodama USLE (*Universal Soil Loss Equation*), RUSLE (*Revised USLE*), MUSLE (*Modified USLE*) i USLE-M (*USLE-modified*).

Za ovako postavljen cilj istraživanja uvedena je pretpostavka (*teza*) da se pouzdanija kvantifikacija pojedinih erozijskih parametara može ostvariti ako se evaluacija tih parametara provede temeljem rezultata terenskih istraživanja, optimalizacijskim postupkom osnovanim na primjeni genetskog algoritma (GA).

Temelj disertacije čine rezultati istraživanja na eksperimentalnom poligonu "Abrami" u Istri, koja su provedena u okviru znanstveno-istraživačkog projekta pod nazivom "Bujična erozija tala na flišu Istre" (2007.-2010. god.), nastavno na projekt "Istraživanja erozije tla i zaštitnih mjera na bujičnim slivovima u Istri" (2003.-2006. god.), sve sufinancirano od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa.

3.4 Teorijska orijentacija u znanstvenom okruženju

U uvodnom dijelu četvrtog poglavlja definirano je znanstveno okruženje teme disertacije, odnosno predmeta istraživanja, te se daje kratki povijesni osvrt na razvoj istraživanja procesa erozije tla vodom. U nastavku ovog poglavlja daje se kratki teorijski prikaz razvoja i osnovnih karakteristika fenomena erozije

tla i erozijskog nanosa kao produkta tog fenomena. Nadalje se klasificiraju i kratko prikazuju neke poznate metode za procjenu erozije i erozijskog nanosa. Prikaz je koncipiran tako da su najprije prikazane teoretske postavke metoda, a zatim je opisana sama metodološka procedura. Kod navedenih metoda lako se uočavaju sličnosti i razlike osnovnih teorijskih postavki kao i njihove zasnovanosti. Glede tih postavki prikazane su i različite mogućnosti primjene metoda u odnosu na pojedine vidove erozijskih procesa.

3.5 Istraživački poligon „Abrami“

U petom poglavlju opisan je istraživački poligon „Abrami“ na flišu u Istri na kojem su vršena terenska i laboratorijska mjerenja u priručnom laboratoriju. Na terenu su mjerene oborine te otjecanje i krupni producirani erozijski nanos sa 6 istraživačkih parcela, a u priručnom laboratoriju određivana je koncentracija suspendiranog nanosa u dotekloj vodi. Temeljem te koncentracije i izmjerenog otjecanja određivana je ukupna produkcija erozijskog nanosa sa svake istraživačke parcele. Rezultati tih mjerenja korišteni su kod izrade ove disertacije. Dan je kratak prikaz lokacije istraživačkog poligona, klimatskih karakteristika te položaja i karakteristika (pedoloških, reljefnih i vegetacijskih) istraživačkih parcela. Za sve parcele dana je slikovna ilustracija izgleda tijekom prvog razdoblja (1971.-1976. god.) i drugog razdoblja istraživanja (2003.-2009. god.), a za parcele pod brojem 2., 4., 5. i 6. je na bazi preciznih geodetskih mjerenja (gustoće točaka 25x25 cm) izrađen i digitalni model terena.

3.6 Metodologija istraživanja

U ovom poglavlju opisana je metodologija mjerenja produkcije erozije na istraživačkom poligonu u Abramima, koja je već tijekom prvog razdoblja istraživanja usvojena na bazi kumulativnog mjerenja otjecanja vode i erozijskog nanosa sa svake istraživačke parcele. Ovakva metodologija podrazumijeva prikupljanje cjelokupnog dotoka vode sa parcele za svaki kišni događaj, odnosno prikuplja se cjelokupan dotok vode s erozijskim nanosom sa svake parcele. Nastavno se daje prikaz terenskih mjerenja i uzorkovanja za laboratorijska mjerenja, kao i opis laboratorijskih obrada uzetih uzoraka i načina vođenja evidencije izmjerenih vrijednosti.

Glede metodologije optimalne evaluacije erozijskih parametara koji figuriraju u strukturi odabranih parametarskih metoda procjene (estimacije) erozije, prvo se navodi mogućnost primjene nelinearne regresije, a zatim mogućnost primjene genetskog algoritma. U nastavku disertacije korištene su i usporedene obje navedene mogućnosti.

3.7 Rezultati terenskih istraživanja

U sedmom poglavlju prikazani su rezultati terenskih istraživanja na način da su podaci sistematizirani u dva istraživačka razdoblja. Rezultati su prikazani tablično i pomoću grafikona. Izmjereni podaci analizirani su po godinama, parcelama, koeficijentima otjecanja (kvartalnim i godišnjim) odnosno prema izmjerenoj produkciji nanosa. Za drugo razdoblje istraživanja (2003.-2009. god.) proveden je postupak verifikacije mjerenja i rezultata na bazi jednog kišnog događaja te je izdvojeno 99 kišnih događaja za šest oglednih parcela u pet godina. Za ovako dobivenu bazu podataka provedena je analiza koeficijentata otjecanja te izrađen grafički prikaz kronologije otjecanja za sve parcele tijekom promatranih pet godina.

3.8 Genetski algoritam

U ovom poglavlju dan je prikaz osnovne ideje nastanka, odnosno strukture i mogućnosti korištenja genetskog algoritma u postupcima optimalizacije. U uvodnom dijelu ovog poglavlja naglašeno je da genetski algoritam prema načinu djelovanja pripada metodama usmjerenog slučajnog pretraživanja prostora rješenja (*guided randomsearch techniques*) te da njegova snaga leži u činjenici da je sposoban odrediti položaj globalnog optimuma u prostoru s više lokalnih ekstrema, tzv. višemodalnom prostoru. U drugom dijelu ovog poglavlja dan je prikaz strukture i procedure genetskog algoritma te je ukratko opisan način rješavanja nekog složenog optimalizacijskog problema. Na koncu je dan osvrt na način korištenja genetskog algoritma za potrebe ove disertacije.

3.9 Vrednovanje parametara erozije tla

Ovo je ključno poglavlje disertacije u kojem autor, uz ranije već prikazana osnovna načela vrednovanja (evaluacije) erozijskih parametara, prikazuje provedeni postupak vrednovanja tih parametara u sklopu proračuna (estimacije) produkcije nanosa, kako sumarno na razini godine tako i pojedinačno na razini jednog kišnog događaja. Kalibracijom parametara unutar RUSLE metode proračuna produkcije nanosa na razini godine, a temeljem provedenih terenskih mjerenja, potvrđena je mogućnost i pouzdanost korištenja te metodologije na području flišne Istre, pa i šire, ukoliko se klimatske, pedološke, geološke i vegetacijske karakteristike sliva podudaraju (flišni dijelovi jadranskog priobalnog pojasa i otoka). Mogućnost unapređenja pouzdanosti i strukture parametarskih metoda proračuna produkcije erozijskog nanosa kao posljedice jednog kišnog događaja pokazana je na primjeru korištenja USLE-M metode, i to na šest oglednih parcela istraživačkog poligona „Abrami“ temeljem 99 izmjernih kišnih događaja. U prvom koraku je primjenom postupka nelinearne regresije pokazana

jedna mogućnost poboljšanja rezultata proračuna, dok je u drugom koraku u potpunosti potvrđena teza ove disertacije da parametarska metoda može biti značajnije unaprijeđena ako se za evaluaciju njenih parametara koristi genetski algoritam.

3.10 Rasprava

Unutar ovog poglavlja provedena je rasprava o dobivenim rezultatima provedenih terenskih mjerenja, kao i proračunima produkcije nanosa na razini jedne godine i na razini jednog kišnog događaja. Analizirano je unapređenje USLE-M metode proračuna erozijske produkcije na razini jednog kišnog događaja, restrukturiranjem te metode u vidu uvođenja dva nova koeficijenta uz parametar erozivnosti kiše te određivanjem optimalnih vrijednosti tih koeficijenata korištenjem genetskog algoritma.

3.11 Zaključak

Zaključujući disertaciju autor iznosi svoje mišljenje da je u okviru provedenih terenskih i optimalizacijskih istraživanja potvrđena njegova pretpostavka o mogućnosti unapređenja parametarskih metoda proračuna erozijske produkcije, odnosno da je ostvaren cilj ovog doktorskog rada. Na kraju autor ističe da pragmatični rezultat ove disertacije predstavlja restrukturirana i optimalizirana parametarska USLE-M metoda proračuna produkcije nanosa, spremna za primjenu u rješavanju zadataka procjene produkcije erozijskog nanosa na slivovima flišne Istre i šire u flišnim područjima jadranskog priobalja i otoka.

4. OCJENA ZNAČAJA I ZNANSTVENOG DOPRINOSA RADA

Rad je rezultat dugotrajnih i opsežnih terenskih istraživanja erozije tla u kojima je autor vrlo značajno participirao kao istraživač na oglednim parcelama unutar istraživačkog poligona „Abrami“ u Istri, i to u razdoblju od 2003. do 2010. godine. Također je u okviru doktorskog rada sustavno obradio rezultate mjerenja, sistematizirao

ih te analitički komparirao sa rezultatima ranijih mjerenja iz razdoblja 1971.-1977. god. Na osnovi stvorene banke izmjernih podataka o oborinama i otjecanju, kao i produkciji nanosa na istraživačkim parcelama, proveo je postupak optimalizacije vrednovanja (evaluacije) pojedinih erozijskih parametara unutar odabranih parametarskih metoda. Koristeći se prvo nelinearnom regresijom, a zatim genetskim algoritmom, osmislio je koncept unapređenja parametarskih metoda procjene (estimacije) erozije tla. Taj koncept je pokazao na primjeru korištenja USLE-M metode proračuna erozijske produkcije od pojedinačnih kišnih događaja. Restrukturiranjem te metode u vidu uvođenja dva nova koeficijenta uz parametar erozivnosti kiše te određivanjem optimalnih vrijednosti tih koeficijenata pomoću genetskog algoritma, utemeljenog na 99 izmjerenih kišnih događaja na šest istraživačkih parcela, autor je dokazao svoju tezu da se primjenom genetskog algoritma mogu značajno unaprijediti parametarske metode procjene erozije.

Povjerenstvo je ocijenilo rad kao izvorno i cjelovito znanstveno djelo, a izloženi koncept unapređenja USLE-M metode njenim restrukturiranjem i optimalizacijom njenih parametara pomoću genetskog algoritma, kvalificira izvornim znanstvenim doprinosom.

Pragmatični rezultat ove disertacije predstavlja unaprijeđena USLE-M metoda proračuna produkcije nanosa, spremna za primjenu kako na slivovima flišne Istre, tako i na drugim flišnim područjima jadranskog priobalja i otoka.

5. ZAKLJUČAK

Temeljem prikaza rada i ocjene njegovog znanstvenog doprinosa, Povjerenstvo je zaključilo da rad: „*Vrednovanje parametara erozije tla genetskim algoritmom*“ autora mr. sc. Danka Holjevića, dipl. ing. građ. predstavlja izvorni znanstveni doprinos tehničkim znanostima u znanstvenom polju građevinarstvo, znanstvenoj grani hidrotehnika. ■

ODRŽIVO GOSPODARENJE VODNIM RESURSIMA OTOKA KORČULE S NAGLASKOM NA NJIHOVO KORIŠTENJE ZA POLJOPRIVREDU



Dr. sc. Igor Ljubenkov, dipl. ing. građ.

ŽIVOTOPIS

Igor Ljubenkov je rođen 7. kolovoza 1974. godine u Splitu, gdje je završio osnovnu i srednju školu. Akademske godine 1993./94. upisao je Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu. Diplomirao je u svibnju 1999. godine s diplomskim radom pod naslovom "Idejno rješenje mobilne pregrade na rijeci Neretvi" te je stekao zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva.

Akademske godine 2000./01. upisuje poslijediplomski znanstveni studij iz znanstvenog područja tehničkih znanosti, znanstveno polje građevinarstvo, smjer hidrotehnika. Magistrirao je u ožujku 2006. godine s radom „Numerički model uslojenog tečenja na ušću rijeke u more“ te je stekao zvanje magistra znanosti. Iste godine dobio je godišnju nagradu Hrvatskih voda za najbolji magistarski rad.

Od rujna 1999. godine do studenog 2006. godine radio je u tvrtki Hrvatske vode - VGO Split na poslovima projektiranja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina te uređenja bujičnih tokova. Od studenog 2006. godine do danas radi u tvrtki GRAD invest d.o.o. Split na poslovima projektiranja i nadzora: vodoopskrbnih sustava, sustava za odvodnju otpadnih voda, sustava za navodnjavanje i na regulaciji vodotoka.

Zamolbu za pokretanje postupka stjecanja akademskog stupnja doktora znanosti izvan doktorskog studija na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Splitu pokrenuo je u ožujku 2009. godine, a za mentora je određen prof. dr. sc. Ognjen Bonacci.

U proteklom razdoblju u koautorstvu je objavio 17 radova, a od toga: 2 knjige, 3 znanstvena rada u CC časopisima, 4 rada u drugim časopisima te 8 radova u zbornicima međunarodnih i domaćih skupova.

Član je „Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu“ i „Hrvatskog društva za odvodnju i navodnjavanje“.

Disertacija je obranjena 9. ožujka 2011. godine na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Splitu pred povjerenstvom u sastavu:

Prof. dr. sc. Lidija Tadić,
predsjednica
(s Građevinskog fakulteta
Sveučilišta u Osijeku)

Prof. dr. sc. Snježana Knezić,
komentor i član

Prof. dr. sc. Ognjen Bonacci,
mentor i član

(svi s Građevinsko-
arhitektonskog fakulteta Sveučilišta
u Splitu)

PRIKAZ RADA

Rad sadrži 278 stranica, 202 slika, 135 tablica i 150 navoda literature, a sadržajno je podijeljen u devet podpoglavlja. Naslovi poglavlja su sljedeći: 1) Uvod; 2) Vodni resursi; 3) Položaj i prirodne karakteristike otoka Korčule; 4) Suša; 5) Vodoopskrba; 6) Agronomske prilike; 7) Društveno-gospodarske prilike; 8) Prijedlog gospodarenja vodama; 9) Zaključna razmatranja i pravci danjih istraživanja.

U uvodnom poglavlju dan je opći pregled stanja i gospodarenja vodnim resursima na Mediteranu i hrvatskim otocima. Zatim su iznesena osnovna obilježja današnjeg sustava vodoopskrbe i poljoprivrede na otoku Korčuli. Navedena su dosadašnja istraživanja iz nekoliko domena koja čine podlogu za uspješno rješavanje postavljenih ciljeva, a to su: korištenje vodnih resursa hrvatskih otoka, bilanciranje vodnih resursa u otočnim sredinama, primjena metode linearnog programiranja u gospodarenju vodnim resursima, utjecaj klimatskih čimbenika i fenomena na vodne resurse.

U drugom poglavlju opisana je uloga i važnost vode u prirodi te koncept hidrološkog ciklusa. Također je objašnjen je i pojam „održivosti“. Zatim je dan pregled svih oblika vodnih resursa koji se javljaju na hrvatskim otocima

U poglavlju tri prikazane su detaljno geografsko-fizičke karakteristike otoka Korčule te njegove klimatske, geološke i hidrološke prilike.

Opisan je sustav meteoroloških mjerenja koji se provodi na otoku. Sakupljena su sva meteorološka mjerenja (temperatura zraka, vjetar, relativna vlažnost, insolacija, oborine) koja su provedena na otoku u razdoblju 1948.-2008. Odgovarajućim statističkim metodama (korelacija, regresija, metode za prostornu interpolaciju, statistički testovi i dr.) obrađena su sakupljena mjerenja te su utvrđene prostorne (distribucija, utjecaj topografije i drugih čimbenika) i vremenske (godišnji hod, trendovi i dr.) karakteristike navedenih meteoroloških pokazatelja. Analiza je provedena za dnevne, mjesečne i godišnje podatke. Ukazano je na velike razlike u temperaturama zraka na istočnoj i zapadnoj obali kao i na zabrinjavajuće trendove snižavanja godišnjih oborina na otoku, dok u istom vremenskom razdoblju, oborine vegetacijskog razdoblja nemaju nikakav trend.

Za proračun evapotranspiracije korištene su različite metode koje su u radu i opisane, a dobiveni rezultati uspoređeni. Također, utvrđeni su i sljedeći agroklimatski pokazatelji: kišni faktor, indeks vlažnosti, indeks suše i hidrotermički koeficijent te klimadijagram.

Provedena je posebna analiza s ciljem utvrđivanja utjecaja klimatskih promjena na vodne resurse otoka. Zatim je dan kratki pregled dosadašnjih geoloških i hidrogeoloških istraživanja na otoku te njegove litografske i tektonske značajke.

U poglavlju četiri iznesene su vrste suša te su dane njihove definicije, značajke i posljedice. Primijenjene su odgovarajuće metode identifikacije (standardizirani indeks oborine, metoda decila, Palmerov indeks suše i metoda deprecijacije oborine) i kvantifikacije (metoda sušnih perioda) suše. Ponudena je nova varijanta metode decila, koja osim oborine uzima u obzir i temperaturu. Rezultati metoda su uspoređeni te su utvrđeni pragovi suše za otok Korčulu za mjesečnu vremensku skalu. Osim toga, metoda sušnih perioda je proširena, tj. dana je nova varijanta ove metode koja uzima u obzir oborinu i evapotranspiraciju, a ne samo oborinu kako nudi „standardna“ varijanta. Ukazano je na činjenicu da se suše na otoku javljaju svake godine (manjeg ili većeg intenziteta i trajanja) tijekom ljetnih toplih i sušnih mjeseci, stvarajući u tom razdoblju probleme pri upravljanju vodnim resursima. Na koncu, dan je kratki pregled mjera za borbu protiv suše.

Današnji način korištenja voda (potrošnja vode i kategorije korisnika) na otoku Korčuli, sa svim specifičnostima vodoopskrbnog sustava opisan je u poglavlju pet. Detaljno je analizirana varijacija potrošnje vode tijekom godine. Napravljen je proračun specifične potrošnje vode.

U poglavlju šest prikazana je struktura otoka prema namjeni površina te je utvrđen prostorni potencijal otoka za poljoprivredu. Opisana su najznačajnija krška polja na otoku. Dana je sistematizacija današnjeg stanja poljoprivrede na otoku (kulture, obrađene površine, urod i dr.) te su utvrđene potrebe najznačajnijih poljoprivrednih kultura za vodom. Provedena je analiza utjecaja oborina na prinose za najzastupljeniju otočnu kulturu – maslinu. Također je realno procijenjena mogućnost povećanja navodnjavanih površina od oko 20% u odnosu na sadašnje poljoprivredne površine.

Društveno-gospodarske prilike (broj stanovnika, gospodarske djelatnosti i zaposlenost) otoka koje su usko vezane uz vodne resurse, iznesene su u poglavlju sedam. Također, sakupljeni su i prikazani turistički pokazatelji: broj dolazaka i broj noćenja.

U poglavlju osam opisan je koncept bilanciranja vodnih resursa te hidrološke specifičnosti otočnih sredina. Utvrđene su komponente hidrološkog ciklusa za otok Korčulu u cijelom razmatranom razdoblju 1948.-2008. Definirane su realne potrebe za vodom svih korisnika za današnje društvene, gospodarske i agronomske prilike. Na osnovu vodnog potencijala otoka te poljoprivredne tradicije i današnjeg stanja utvrđene su mogućnosti razvoja navodnjavanja kao ključne mjere u suvremenoj poljoprivredi. Također, predložene su mjere i aktivnosti za održivo gospodarenja vodama.

Poseban osvrt dan je na današnji sustav korištenja voda na otoku Korčuli te su istaknuti njegovi nedostaci, a ukazano je i na moguće rezerve vode.

Zatim su vodno gospodarske prilike otoka Korčule uspoređene s drugim mediteranskim otocima. Navedena je definicija malih otoka te je prikazana njihova sistematizacija na Mediteranu. Posebno je dan kratki prikaz vodoopskrbe malih hrvatskih otoka te je izvršena njihova geografsko-klimatološka klasifikacija.

Opisan je koncept racionalnog korištenja voda u skladu s održivim razvojem. Iznijeti su klasični načini sakupljanja voda te suvremena rješenja koja se uvelike primjenjuju na Mediteranu.

Posebno je provedena ekonomska analiza korištenja vodnih resursa. Prikazana je primjena metode linearnog programiranja za optimalno upravljanje vodnim resursima. Pri tome su korišteni kriteriji minimalnih troškova i maksimalne dobiti. Provedenim istraživanjem išlo se u daljnji razvoj ove metode, na način da su uključeni ekološki i društveni parametri te je utvrđena društveno-gospodarska vrijednost vode. Postavljeni model je opći i može se koristiti u bilo kojoj otočnoj sredini ili sličnom sustavu. Na koncu, iznesene su očekivane promjene poljoprivredne proizvodnje u uvjetima navodnjavanja te ekonomska dobit. Također, navedene su i najznačajnije mjere za zaštitu vodnih resursa otoka Korčule.

U poglavlju devet dan je kratki prikaz najznačajnijih rezultata ovoga rada. Istaknute su mjere i aktivnosti koje valja provesti kako bi se poboljšalo današnje upravljanje vodnim resursima otoka Korčule te su dane smjernice

budućeg razvoja, pravci budućeg razvoja usmjereni prvenstveno prema smanjenju gubitaka u vodoopskrbnom sustavu i korištenju vode iz nekonvencionalnih izvora.

Naveden je originalni znanstveni doprinos ovoga rada koji obuhvaća razvoj novih metoda za identifikaciju i kvantifikaciju suše te razvoj modela za upravljanje vodnim resursima. Predložene su smjernice budućih istraživanja kako bi se postiglo još kvalitetnije upravljanje vodnim i poljoprivrednim resursima.

Kandidat je obradi teme pristupio temeljito i studiozno. Pokazao je da vlada najnovijim znanstvenim dostignućima iz predmetnog područja te da vlada suvremenom metodologijom. Predložio je nove metode za analizu suše te uveo nove elemente u modeliranje korištenja vodnih resursa. Obradi materije u disertaciji pristupilo se sustavno na suvremen i holistički način. Osim čisto tehničkih podataka, obrada i rješenja korišteni su i ekološki pristupi, a nisu zanemareni niti ekonomski čimbenici. Najveća vrijednost ovog rada je u njegovoj istinskoj interdisciplinarnosti. Realno je pokazano stanje s vodnim resursima na otoku koji gotovo svake godine pati od manje ili jače intenzivnih suša. U radu je ukazano na vrlo značajni fenomen, tj. neočekivano veliku razliku između temperatura zraka i oborina mjenjenih na dvije meteorološke stanice na otoku: Vela Luci i Korčuli. Trend snižavanja oborina i povišenja temperatura zraka na otoku mogao bi biti izrazito opasan za njegov budući razvoj. Kao realnu podršku rješavanja te prijeteće problematike autor je primijenio postupak linearnog programiranja u kojem su korišteni originalni pristupi. ■