

PRILOG 2. – NAGRADE ZA NAJBOLJI DIPLOMSKI I DOKTORSKI RAD

Sažeti prikazi diplomskih i doktorskih radova

HSGL je prvi put dodijelio nagrade za najbolje diplomske i doktorske radove na hrvatskim građevinski fakultetima, a ukupno ih je dodijeljeno šest

Diplomski sveučilišni studiji

Nagrađeni su radovi magistara inženjera građevinarstva na fakultetima u Zagrebu i Rijeci

Ortogonalni plan i cestogradnja

Projekti cestogradnje zahtijevaju velika prostorna i vremenskih ograničenja i izradu brojnih varijantnih rješenja



Nagrađeni: Kristijan Jurić, mag. ing. aedif.

Naslov: *Planiranje projekata cestogradnje primjenom tehnike ortogonalnog plana*

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Radujković, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Smjer: Organizacija građenja

Planiranje je projekata cestogradnje vrlo zahtjevan zadatak jer je potrebno uzeti u obzir niz čimbenika i ograničenja za takve projekte. Planiranje izvedbe podrazumijeva prepoznavanje vrlo velikih prostornih i vremenskih ograničenja, što zahtijeva izradu velikog broja varijantnih rješenja.

Pristupnik je prikazao da primjena tehničke ortogonalnog plana, koja se danas vrlo malo primjenjuje tijekom planiranja izvedbe cestograđevnih projekata, uz podršku računala uvelike olakšava i ubrzava izradu varijantnih rješenja. Uz primjenu tehnike ortogonalnog plana, pristupnik je u svom diplomskom radu prikazao i verificirao istraživački rad koji je predao na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2012./2013. U tom je radu analizirao planove prošlih projekata, pa je statističkom obradom podataka odredio tehničke i organizacijske parametre koji najviše utječu na trajanje jednoga cestograđevnog projekta. Ti parametri u procesu planiranja služe kao ulazne smjernice za određivanje strategije izvođenja nekog projekta. Konačan je rezultat rada vrlo primjenjiv u praksi, a logika i principi rada se mogu primijeniti i na planiranje izvedbe ostalih linijskih građevina.

Matematičko modeliranje i vodni gubici

Regulacijom se tlakova mogu smanjiti vodnih gubici uz male financijske troškove



Nagrađeni: Domagoj Nakić, mag. ing. aedif.

Naslov: *Optimizacija vodoopskrbnog sustava Velika Gorica*

Mentor: prof. dr. sc. Davor Malus, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Smjer: Hidrotehnika

Provedena je analiza integralnog upravljanja vodnim gubicima i primjena frekvencijske regulacije crpki u vodoopskrbnim sustavima uporabom naprednih oblika matematičkog modeliranja. Opisana je problematika vodnih gubitaka uz detaljan osvrt na svjetski priznatu IWA WLSG (International Water Association – Water Loss Specialist Group) metodologiju aktivne kontrole i upravljanja vodnim gubicima. Definirana je sustavna metodologija analize vodnih gubitaka, primjenjiva u hrvatskoj praksi, koja je prikazana na primjeru vodoopskrbnog sustava Velika Gorica. Regulacijom tlakova moguće je postići znatna smanjivanja stvarnih vodnih gubitaka uz relativno mala financijska sredstva. Originalnost u procjeni vodnih gubitaka temelji se na uvođenju tzv. emitter koeficijenta kojim se vodni gubici na matematičkom modelu prikazuju u ovisnosti otvora-pukotine o trenutnom tlaku, čija je točnost potvrđena kalibracijom modela na temelju terenskih mjerenja. U drugom je dijelu rada predstavljen jedan od trenutno najnaprednijih softvera na području vodoopskrbe (WaterGEMS) koji dosad nije korišten u Hrvatskoj, a koristi genetske algoritme Darwinovog kalibratora i može predvidjeti lokacije pojavljivanja novih gubitaka u sustavu na temelju podataka o mjerenim protocima i tlakovima. Rezultati su pokazali visok stupanj podudarnosti sa stvarnim stanjem. Rad je dodatno upotpunjen ekonomskim analizama troškova sanacije i ostvarenih ušteda. Predviđenim se mjerama za konkretan vodoopskrbni sustav, ovisno o razmatranoj varijanti, tijekom korištenja uštedi od nekoliko stotina tisuća pa sve do nekoliko milijuna kuna.

Plošne konstrukcije i kretanje ljudi

Rad je vrlo primjenjiv jer se radi o općenitoj simulaciji i analizi utjecaja pješaka na dinamički odziv konstrukcija

Nagrađena: Nina Čeh, mag. ing. aedif.

Naslov: *Dinamički odziv plošnih konstrukcija na pobudu uzrokovanu kretanjem ljudi*

Mentor: prof. dr. sc. Nenad Bičanić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Smjer: Konstrukcije



Posebna je značajka rada njegova primjenjivost jer predložena metodologija predstavlja općeniti pristup simulaciji i analizi utjecaja kretanja pješaka na dinamički odziv konstrukcija. Princip analize je ilustriran (uz vlastiti program) na grednim nosačima, dok je praktična primjena prikazana adaptacijom industrijski verificiranoga programskog paketa. Rezultati su simulacija uspješno uspoređeni s postojećom regulativom (prema britanskim propisima) za procjenu dinamičkog faktora za standardne pravokutne ploče pri kretanju grupe pješaka, pa se predloženi postupak može racionalno primjenjivati u slučaju nestandardnih oblika ploča, ploča s otvorima ili ploča sa složenim rubnim uvjetima koje nisu obuhvaćene regulativom. Kandidatkinja je pokazala i kreativnost jer je razvila vlastiti program simulacije dinamičkog odziva konstrukcije u jeziku *Matlab*, primjenom Newmarkove metode direktne numeričke integracije jednadžbi gibanja. Ujedno je razvila i novi

vlastiti model za opis vremenske funkcije opterećenja generiranog kretanjem pješaka, koja uključuje skakanje, hod i trčanje.

Rekonstrukcija klizišta prije klizanja

Primijenjena je metodologija rekonstrukcije klizišta prije povijesnog klizanja na području gdje nisu postojale stare topografske karte

Nagrađeni: Ivan Žigo, mag. ing. aedif.

Naslov: *Analiza razvoja klizišta Grohovo iz 1885. godine*

Mentor: prof. dr. sc. Željko Arbanas, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Smjer: Geotehnika



U radu je primijenjena metodologija povratne rekonstrukcije klizišta prije nastaloga povijesnog klizanja za područje na kojem nisu postojale stare topografske karte terena. To svakako predstavlja inovativan pokušaj i originalan pristup koji dosad nije primjenjivan. Iako rezultat nije do kraja verificiran, jer ga treba potvrditi terenskim istražnim radovima, metoda je uz odgovarajuća proširenja u kombinaciji s terenskim istražnim radovima i terenskim potvrđama pretpostavki i dobivenih rezultata, svakako primjenjiva na druga slična klizišta sa sličnim geotehničkim uvjetima. Uz dopune kojima bi se verificirali rezultati provedenih analiza, rad bi bio svakako vrijedan za objavljivanje rad u časopisima koji se bave znanstvenom

tematikom u području klizišta ili geotehnikom u širem smislu.

Poslijediplomski doktorski studiji

Nagrađeni su najbolji doktorski radovi iz područja građevinarstva na fakultetima u Zagrebu i Splitu

Upravljanje i vrijednost nekretnina

Modelirani sustav za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima nekretnina omogućuje i cjelokupno okupljanje potrebnih podataka

Nagrađeni: dr. sc. Ivan Marović

Naslov: *Sustav za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima nekretnina*

Mentor: prof. dr. sc. Ivica Završki, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Smjer: Organizacija građenja



izostanak je kvalitete te transparentnog i učinkovitog upravljanja nekretninama na razini urbanih cjelina, a u okviru upravljanja prostorom, uočen kao česti nedostatak u sustavu lokalnog upravljanja. Problemi se uglavnom javljaju u odlučivanju koje karakterizira niska razina uključivanja i kvalitetnog sagledavanja svih relevantnih informacija i podataka, pri čemu je posebno izražen izostanak uključivanja u procese donošenja odluka svih zainteresiranih sudionika. Podaci koji najčešće nedostaju, ili su nepotpuni, odnose se na vrijednosti nekretnina u području upravljanja. Razlog su tome najčešće neodgovarajući načini prikupljanja podataka te činje-

nica da ne postoji definiran i razrađen postupak njihova prikupljanja. Poseban su problem obrada i znatne količine potrebnih podataka te njihova prilagodba u izdašne izvore informacija donositeeljima upravljačkih odluka. Dodatan je problem pohrana prikupljenih podataka radi njihova mogućega ponovnog korištenja. Posljedica je neodgovarajući pristup tom složenom problemu što rezultira niskom razinom kvalitete i učinkovitosti odluka.

Istraživanje koje je dovelo do formiranja i uvođenja modela sustava za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima nekretnina prostornih jedinica imalo je za cilj modelirati sustav za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima nekretnina u urbanim cjelinama radi kvalitetnijega, konzistentnijega i djelotvornijeg upravljanja. Suvremenim se modeliranim sustavom za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima nekretnina kao prostornih jedinica, a time i cijelog prostora na području urbane cjeline, kvalitetno pridonijelo rješavanju složenih problema u odlučivanju. Modelom je obuhvaćena vrijednost svakoga pojedinog elementa urbane cjeline. U radu je ujedno predstavljen prijedlog modela za izračun vrijednosti pojedinačne nekretnine i vrijednosti svakoga gradskog područja ili zone, s modelom za analizu i usporedbu zona, a time i analizu cijelog prostora urbane cjeline. U sustavu odlučivanja može poslužiti donositeljima odluka kao alat i podloga za donošenje kvalitetnih, znanstveno i stručno utemeljenih te praktično primjenjivih strateških odluka.

Modeli su oblikovani tako da svojom komplementarnošću omogućuju izbjegavanje uskih grla u identificiranim informacijskim kanalima (koja nastaju kao posljedica zagušenosti velikim brojem nedovoljno pripremljenih podataka i informacija) čija je protočnost nužna za donošenje kvalitetnih odluka. Ispunjavanjem toga glavnog i svih pomoćnih ciljeva, istraživanje je pridonijelo proširivanju postojećih i utemeljenju novih spo-



Nagrađeni doktoranti dr. sc. Neno Torić i dr. sc. Ivan Marović s Draganom Blaževićem, predsjednikom HSGI-a

znaja o procesima donošenja odluka povezanih s upravljanjem vrijednostima nekretnina. Uz predstavljanje novog modela za podršku odlučivanju za upravljanje nekretninama u urbanim cjelinama, ujedno predstavlja i doprinos u različitim znanstvenim disciplinama posebice građevinarstvu i menadžmentu.

Ukupno je istraživanje obavljeno za stolom i na terenu. Korištena je postojeća znanstvena literatura, različite studije i elaborati koji su povezani s teorijom odlučivanja, podrške odlučivanju, upravljanju urbanim cjelinama i nekretninama na njihovu području, te s konceptima, pristupom i metodama procjene njihove vrijednosti, a posebno je istaknuto građevinsko stajalište. Terenska su istraživanja obuhvatila slobodne intervjue, ali i neformalne razgovore sa stručnjacima i ljudima čiji je svakodnevni posao usmjeren na područje istraživanja. U izradi teorijskog dijela rada i teorijskog modela sustava uporabljene su opće znanstvene metode, poput induktivne i deduktivne te analize i sinteze, a slično

je učinjeno pri izboru literature korištene i izradi teorijskog modela. Neke su metode upotrijebljene za dodatno istraživanje radi kvalitativne interpretacije podataka i informacija, a pri izradi teorijskog dijela primijenjena je i metoda generalizacije te klasifikacije, komparacije i deskripcije.

U empirijskom dijelu istraživanja uporabljene su metode modeliranja, simulacije i komparacije. Tijekom modeliranja sustava izrađen je niz teorijskih modela za podršku određenim procesima koje je u empirijskom dijelu istraživanja trebalo prilagoditi problematici nekretnina u urbanim cjelinama. Za provođenje su upotrebljene metode sustavne analize i metode višekriterijske analize (*Promethee*) pa su se podaci proširili na istraživanu pojavu radi što veće pouzdanosti spoznaje. Modeli su potom testirani metodom simulacije koja omogućuje teorijsko oponašanje stvarnih pojava i procesa kako bi se u velikom broju mogućih rješenja pro našlo ono najpovoljnije.

Modelirani sustav za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima ne-

kretnina urbanih sredina omogućuje jedinstveno i cjelokupno okupljanje potrebnih podataka te njihovu obradu i predstavljanje rezultata. To će osigurati brz protok informacija kroz sve razine odlučivanja, odnosno osigurati kvalitetniju podlogu za donošenje odluka. Time se u sustav upravljanja urbanim prostorom uvodi razvidno, učinkovito i kvalitetno donošenje odluka u skladu s održivim gospodarenjem resursima. Na temelju razvijenog i modeliranog sustava te njegove primjene na primjeru grada Splita, može se zaključiti da je uspješno modeliran složeni sustav zasnovan na znanstvenim metodama i najsvremenijim tehničkim mogućnostima, praktično primjenjiv i da znatno pridonosi kvaliteti i učinkovitosti upravljanja vrijednostima nekretnina u urbanim cjelinama. Time je ujedno potvrđena polazna hipoteza disertacije te je ostvaren glavni cilj istraživanja. Znatna je kvaliteta predloženog sustava dinamičnost i prilagodljivost te gotovo neograničene mogućnosti nadograđivanja i proširivanja radi eventualnih novih spoznaja i potreba. Taj proces provođenja različitih modela, od operativne do strateške razine, u sustavu za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima nekretnina, unapređuje širi prostor odnosno područje obuhvata i sredstvo je za dosljedno održivo upravljanje vrijednostima nekretnina na nekom području. Provedbom modela na strateškoj razini, a nakon operativne i taktičke razine, dobio bi se odgovor na pitanja "gdje?" i "u što?" ulagati. Za to bi trebalo provesti detaljnu kvalitativnu i kvantitativnu analizu prostora pojedine zone dobivene predloženim modelima, što bi moglo biti predmetom nekih budućih istraživanja. Nakon što se dobiju odgovori na postavljena pitanja, preostaje samo izračunati vrijednost potrebnih ulaganja, a to bi se kao dodatni modul moglo ugraditi u predloženi sustav za podršku odlučivanju u upravljanju vrijednostima nekretnina tijekom nekih budućih istraživanja.

Nosive konstrukcije u požaru

Požar pripada ekstremnim djelovanjima na nosivu konstrukciju pa su potrebna temeljita istraživanja materijala, konstrukcije i fenomena požara

Nagrađeni: dr. sc. Neno Torić

Naslov: *Numerička i eksperimentalna analiza nosivih konstrukcija pri djelovanju požara*

Mentor: prof. dr. sc. Ivica Boko, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu

Smjer: Konstrukcije



Cilj je provedenoga znanstvenog istraživanja doprinos boljemu razumijevanju ponašanja čeličnih, klasičnih armiranih i prednapetih betonskih konstrukcija pri djelovanju požara. Razvijen je novi numerički model koji omogućuje opis stvarnog razvoja temperature u nosivoj konstrukciji, degradaciju mehaničkih karakteristika materijala konstrukcije, simulaciju nosivosti konstrukcije pri cjelovitom ili parcijalnom izlaganju visokim temperaturama, a u obzir su uzeti i efekti koji se javljaju u materijalu pri izlaganju visokim temperaturama. Cilj je istraživanja i bolje razumijevanje ponašanja novih tipova betona (betona velikih čvrstoća) pri visokim temperaturama (betona velikih čvrstoća) pri visokim temperaturama. Znanstveno je istraživanje nadopunjeno eksperimentalnim studijama određivanja mehaničkih svojstava betona velikih čvrstoća pri visokim temperaturama

i ponašanja prednapetih betonskih ploča pri visokim temperaturama. U konačnici se formirala opsežna baza eksperimentalnih podataka (mehaničke karakteristike gradiva i mehanički odgovor konstrukcija) za testiranje razvijenoga numeričkog modela. Značajka je istraživanja u tome što su se za modeliranje ponašanja konstrukcija primjenom novoga numeričkog modela koristili parametri preuzeti iz norma HRN EN1992-1-2 i HRN EN1993-1-2. Tako se izravno može testirati ispravnost parametara u svakodnevnoj praksi i projektiranju nosivih konstrukcija u slučaju djelovanja požara.

Požar pripada ekstremnim djelovanjima na nosivu konstrukciju koja se mogu javiti tijekom trajanja građevine. Da bi se shvatio utjecaj požara na konstrukciju, sukladno ostalim krajnjim djelovanjima (eksplozija, potres, tornado...), potrebna su temeljita znanstvena istraživanja na razini materijala, konstrukcije i samog fenomena požara. Iako su najčešći smrtni slučajevi tijekom požara u većini slučajeva nastali gušenjem u zatvorenim prostorima od toksičnih plinova nastalih izgaranjem, određeni je broj dokumentiranih smrtnih slučajeva vatrogasaca i civila uzrokovan zatočenjem i rušenjem dijela nosive konstrukcije. Stoga je jedna od osnovnih zadaća projektiranja otpornosti konstrukcija na djelovanje požara očuvati mehaničku otpornost i integritet nosive konstrukcije. Ujedno je očuvanje mehaničke otpornosti konstrukcije u požarnoj situaciji jedan od pet bitnih zahtjeva za građevinu zbog evakuacije ljudi prema novoj verziji Zakona o prostornom uređenju i gradnji te u Zakonu o zaštiti od požara.

Istraživanja utjecaja požara na čelik na razini konstrukcije pokazala su kompleksno ponašanje čeličnih konstrukcija, pri čemu se, uz degradaciju mehaničkih svojstava, javlja i povećano puzanje pri visokim temperaturama, što je sve potrebno uzeti u obzir u numeričkom modeliranju kako bi se dobila stvarnija slika. Istraživanja ponašanja betona kao materijala na visokim temperaturama pokazala su velika

odstupanja u vrijednostima reduciranih mehaničkih svojstava među različitim tipovima betona, što upućuje na nužnost eksperimentalnih istraživanja radi preciznijega numeričkog modeliranja ponašanja betonskih konstrukcija u požaru. Istraživanja su pokazala da se uz povećano puzanje i takozvane prolazne deformacije javljaju već pri prvom zagrijavanju betona. Poseban problem u numeričkom modeliranju trenutačno u svijetu predstavljaju prednapete šuplje betonske ploče, čije ponašanje još nije na odgovarajući način ispitano zbog izrazito kompleksnog ponašanja tog tipa konstrukcije na visokim temperaturama.

Metodologija istraživanja je nastala na temelju dosadašnjih istraživanja u području ponašanja čeličnih konstrukcija u požaru provedenih na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, koja uključuju i eksperimentalnu studiju nosivosti čeličnih elemenata izloženih savijanju i ekscentričnom tlaku pri djelovanju visokih temperatura. U toj su studiji provedena i eksperimentalna istraživanja mehaničkih svojstava čelika kao materijala pri visokim temperaturama. Rezultati prethodno provedene studije predstavljali su dobru podlogu za razvoj i testiranje novoga numeričkog modela ponašanja nosivih čeličnih konstrukcija pri djelovanju požara, a odatle i ideja za istraživanje (disertaciju).

Da bi se dobili odgovarajući ulazni podaci za testiranje novoga numeričkog modela ponašanja čeličnih i betonskih konstrukcija pri djelovanju požara, provedena su dodatna eksperimentalna istraživanja, poput studije određivanja mehaničkih svojstava betona velike čvrstoće na visokim temperaturama i eksperimentalne studije određivanja ponašanja opterećene prednapete šuplje betonske ploče pri djelovanju standardne krivulje požara. Eksperimentalno određena mehanička svojstva uključuju tlačnu i vlačnu čvrstoću, sekantni i dinamički modul elastičnosti te krivulje naprezanje-deformacija na visokim temperaturama u rasponu

100°C - 700°C. Za svaku su temperaturu razinu uzeta po tri uzorka na kojima su određena mehanička svojstva. Ponašanje prednapete ploče pri djelovanju visokih temperatura uključivalo je praćenje progiba ploče u sredini raspona, zaokret ploče na ležaju, promjenu deformacija ploče u sredini raspona i promjene temperature u ploči u jedanaest mjernih točaka.

Praćenje je tih parametara osigurano preko suvremenih uređaja koji uključuju LVDT uređaje za mjerenje pomaka, mjerne trakice za mjerenje deformacija i termoparove za mjerenje temperature. Prethodno provedena studija ponašanja čelika i pripadajućih čeličnih elemenata na visokim temperaturama u kombinaciji s provedenom studijom ponašanja betona velike čvrstoće i studijom ponašanja prednapete šuplje betonske ploče na visokim temperaturama, korištena je za potrebe verifikacije novoga numeričkog modela ponašanja konstrukcija pri djelovanju požara.

Numeričko je modeliranje ponašanja građevinskih konstrukcija izloženih djelovanju požara jedno od aktualnih područja u eksperimentalnim istraživanjima i numeričkim modelima ponašanja nosivih konstrukcija. Razvoj jednostavnih i učinkovitih numeričkih modela, pogotovo onih potvrđenih eksperimentalnim ispitivanjima, predstavlja osnovu za bolje upoznavanje jednoga stohastičkog procesa kao što je požar, njegova djelovanja na nosive konstrukcije, ali i za daljnje nadopunjavanje norma i propisa za učinkovitije i sigurnije projektiranje građevinskih konstrukcija.

Inovativnost prikazanog istraživanja ponašanja nosivih konstrukcija pri djelovanju visokih temperatura očituje se u kombiniranju numeričke i eksperimentalne analize odgovora konstrukcija pri visokim temperaturama, što je ujedno i svjetski istraživački trend.

Poseban znanstveni doprinos prikazanog istraživanja sadrži:

- eksperimentalno ispitivanje mehaničkih svojstava betona velike

čvrstoće, posebno tlačne i vlačne čvrstoće, sekantnog i dinamičkog modula elastičnosti te krivulja naprezanje deformacija u razdoblju kad je uzorak zagrijan na maksimalnu temperaturu i ohlađen na sobnu temperaturu, ali i u periodu do 96 sati nakon toga;

- eksperimentalno ispitivanje ponašanja prednapete šuplje betonske ploče pri djelovanju standardne krivulje požara, što uključuje temperaturna mjerenja i mjerenja progiba te zaokreta i relativnih uzdužnih deformacija u diskretnim točkama;
- razvoj novoga numeričkog modela ponašanja nosivih čeličnih i betonskih konstrukcija pri djelovanju požara, kojim je moguće simulirati nosivost konstrukcije pri cjelovitom ili parcijalnom izlaganju konstrukcije visokim temperaturama;
- razvoj novoga implicitnog postupka kojim se uzimaju u obzir utjecaj dodatnih deformacija u materijalu pri djelovanju visokih temperatura na odgovor konstrukcije.

Stvarna je i primjenjivost znanstvenih doprinosa. Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava betona velike čvrstoće mogu se izravno upotrijebiti u testiranju pouzdanosti mehaničkih svojstava koji su dani u normi HRN EN1992-1-2 za inženjerske proračune. Rezultati eksperimentalnog ispitivanja prednapete šuplje ploče mogu poslužiti za testiranje toplinskih parametara iz norme HRN EN1992-1-2 i za testiranje jednostavnih proračunskih modela nosivosti iz te norme, ali i norme HRN EN1168. Rezultati se također mogu koristiti za verifikaciju numeričkog modela ponašanja konstrukcija u požaru. Razvojem novoga implicitnog postupka kojim se uzima u obzir utjecaj dodatnih deformacija u materijalu pri djelovanju visokih temperatura na odgovor konstrukcije dobiva se mogućnost testiranja normi HRN EN 1992-1-2 i HRN EN 1993-1-2 u kojima je korištena slična metodologija za uzimanje u obzir dodatnih deformacija u materijalu.