

# Utjecaj projektiranja i izvedbe na trajnost i održavanje objekta

Professional paper

## Silva Lozančić

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Građevinski fakultet Osijek  
Ulica Vladimira Preloga 3  
lozancic@gfos.hr

## Davorin Penava

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Građevinski fakultet Osijek  
Ulica Vladimira Preloga 3  
dpenava@gfos.hr

## Mirjana Bošnjak Klečina

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Građevinski fakultet Osijek  
Ulica Vladimira Preloga 3  
mbosnjak@gfos.hr

## Matko Baloković

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Građevinski fakultet Osijek  
Ulica Vladimira Preloga 3  
matko.balokovic.92@gmail.com

**Sažetak**—Uzročnik nevaljalog stanja objekta i gradiva nije jedino starost objekta. Postoje drugi čimbenici odnosno pogreške koji uvjetuju nevaljalo stanje objekta i potrebu za dodatnim mjerama održavanja i poboljšanja. Ovi čimbenici izravno su povezani s načinom projektiranja i izvedbe odnosno pogreškama koje pri tome nastaju, a čiji uzročnici su sudionici u gradnji. Ove pogreške vidljive su u obliku pukotina, promjene boje i sastava gradiva te samog urušavanja, vrlo brzo nakon završetka objekta. U radu su prikazani primjeri izbora statičkog sustava objekta s ciljem umanjavanja mogućnosti nastanka pogreške u završenom objektu. Dodatno, navedene su i objašnjene najčešće vrste istih te su dane smjernice za njihovo sprječavanje.

**Ključne riječi**—Pogreške, statički proračun, projekt, izvođenje, održavanje

## Influence of design and construction on building durability and maintenance

**Abstract**—The time is not the only factor influencing the poor condition of the building and built in materials. There are other factors or flaws that condition the poor building state and the necessity for increased measures for maintenance and rehabilitation. Those factors are related to design and construction process of the building i. e. to flaws made in it, and they are caused by participants in construction. In a very short time after the building is constructed, those flaws are observed in the form of cracks, changed material structure and color, up to very collapse itself. In this paper an example is given about the proper selection of the structural system with aim to reduce the probability of flaws appearance in complete building. Additionally, the most common types of flaws are stated.

**Keywords**—flaws, static analysis, design, construction, maintenance

### 1. UVOD

Zakon o gradnji [1] uređuje sudionike u gradnji: projektant, nadzor, izvođač i investitor, kao i zahtjeve za iste: projektiranje, građenje, nadziranje i održavanje objekata. Ako bilo koji sudionik podbaci u svome zadatku, posljedica toga biti će nevaljalo stanje objekta te će biti potrebna dodatna, često znatna, novčana ulaganja kako bi se objekt doveo u stanje dobre uporabljivosti.

Zadatak projektanta odabrali je optimalni statički sustav nosivih konstrukcijskih elemenata, napraviti ispravan odabir gradiva i razraditi projekt. Izvođač treba izvoditi objekt u skladu s projektom, pri tome vodeći računa o kvaliteti izvedenih

radova, pravovremenom dostavljanju i ugradnji gradiva na gradilište, kvaliteti gradiva, sposobnosti i vještini radnika. Međutim, bez obzira na to, pri izvedbi objekata vrlo često nastaju pogreške. Investitor treba osigurati nadzor nad izvedbom objekta, ne samo u svrhu zadovoljenja pravne regulative koja to zahtjeva, već kako bi se zaštitio od nekvalitetno izvedenih radova. Kod manjih objekata provedba nadzora najčešće je samo formalna. Iako se poštuju zakonski uvjeti i pravila gradnje, javljaju se i umnažaju pogreške koje proistječu iz npr. teorijskih pretpostavki proračuna, ljudskih pogrešaka i nevaljale kvalitete gradiva.

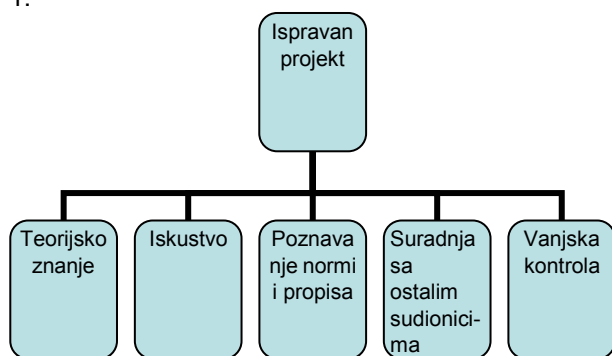
Pogreške nastale iz navedenih razloga nisu često jasno uočljive i potrebno je proći vremena

kako bi se primijetile. To čini razliku u odnosu na veće pogreške nastale pri izvedbi objekta, a koje budu vrlo brzo primjetne. One zahtijevaju veća (novčana) sredstva za popravak i održavanje objekata, jer uvjetuju odnosno prijete daljnjim oštećenjima na objektu. Kako su u praksi vrlo česte pogreške nastale pri projektiranju, u radu je prikazan primjer izbora statičkog sustava s ciljem umanjavanja mogućnosti pogreške te su navedene najčešće vrste pogrešaka.

## 2. POGREŠKE PRI PROJEKTIRANJU OBJEKTA S PRIMJERIMA

Oštećenja nastala zbog pogreške u projektiranju, uključujući i pogrešno odabrana gradiva, manje su izražena (prisutna) od oštećenja nastalih uslijed pogreški pri izvođenju objekta. Obje vrste pogreški uglavnom se brzo uoče nakon završetka gradnje. Pogreške u projektiranju najčešće su uzrokovane nedostatkom razumijevanja ponašanja konstrukcije. Uzroci su im u polaznim pretpostavkama i samom proračunu konstrukcije, nevaljalo odabranom konceptnom rješenju konstrukcije odnosno nosivih konstrukcijskih elemenata, nevaljalo odabranim odnosno odabranim neodgovarajućim gradivima, izostavljanjem (nenamjernim) pojedinih djelovanja na konstrukciju ili preopterećenja dijelova konstrukcije, promjeni namjene objekta, nevaljalo odabranog (neodgovarajućeg) proračunskog modela, izostavljanju provjere pojedinih čimbenika konstrukcijskog odziva (najčešće progiba).

Uvjeti za izradu ispravnog projekta odnosno smanjivanja pogreški prikazan je grafikonom na Sl. 1.



Sl.1: Čimbenici ispravnog projekta

Kako bi se umanjile pogreške izvođenja, projektom je potrebno utvrditi (propisati) načine kontrole ugrađenih gradiva, detaljan opis gradiva, načine izvođenja pojedinih radova, način održavanja, zahtjeve prema izvođaču (detaljan tehnički opis) i posebne tehničke uvjete (prijenos, ugradnja gradiva, oplata, vremenski uvjeti izvođenja radova).

Prethodno je potrebno poznavati svojstva tla kako bi se ispravno postavio koncept nosivog sustava. Za važnije građevine vrše se prethodna ispitivanja radi utvrđivanja svojstava tla, a što je ujedno uvjetovano propisima. Za manje građevine prethodna ispitivanja nisu uvjetovana propisima te se ne pridaje puno pažnje stvarnim veličinama vezanih za svojstva tla i prisutnost podzemnih voda. U projektu se te veličine uzimaju prema pretpostavkama koje nisu nužno točne. Pri projektiranju i izvedbi objekta potrebno je u obzir uzeti međudjelovanje promatranog objekta sa susjednim objektima u svrhu sigurnosti susjednih objekata tijekom gradnje. Ono se vrlo često izostavi pri projektiranju, iako je potrebno razmatrati i ove utjecaje. Oštećenja susjednih objekata vrlo su česta pri izvođenju novih objekata pored postojećih objekata i uzrok su dugogodišnjih sudskih postupaka.

Pri proračunu konstrukcija često se izostavlja provjera progiba nosivih konstrukcijskih elemenata, premda kod elemenata većih raspona znaju poprimiti kritične vrijednosti. Za veće objekte popisana je kontrola projekta od strane revidenta, ispitivanje konstrukcija s probnim djelovanjima prije dopuštanja uporabe, dok za manje objekte navedeno nije propisano.

Djelovanja na konstrukcije određena su i propisana konstrukcijskim normama, ali su podložna promjenama tijekom uporabe objekta. Vrlo često dolazi do rušenja objekta zbog podcijenjenih veličina djelovanja [2]. Dodatno, djelovanja na konstrukciju su idealizirana na način da iako imaju dinamički karakter, u proračunu se uzimaju kao statička. To dovodi do odstupanja u rezultatima proračuna i procjeni odziva konstrukcije. Proračunski model nosivih konstrukcijskih elemenata izrađuju projektanti. Usporedba više statičkih sustava s ciljem odabira najboljeg rješenja vrlo često se ne provodi.

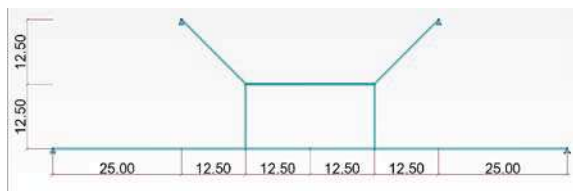
U svrhu prikaza pogreški pri projektiranju dan je primjer usporedbe tri modela sličnih statičkih određenih sustava (vidjeti Sl. 1.), primjenjivih kod mostova manjih raspona i kod krovnih konstrukcija (npr. model 1). Sličan postupak vrijedi i za druge statičke sustave. Model 2 i 3 razlikuju u dužini štapova ovjesa.

Provedena je studija odziva modela za četiri vrste djelovanja: simetrično raspodijeljeno - tip 1, antisimetrično raspodijeljeno - tip 2, simetrično koncentrirano (sumarno jednake vrijednosti kao i raspodijeljeno opterećenje) - tip 3, antisimetrično koncentrirano (sumarno jednake vrijednosti kao i raspodijeljeno opterećenje) - tip 4 (vidjeti Sl. 2.)

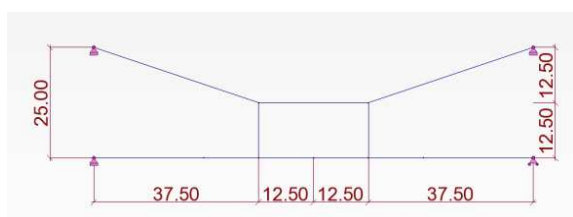
U okviru studije dan je utjecaj načina djelovanja opterećenja na sustav. Sva opterećenja koja djeluju na statičke sustave izražena su kao suma simetričnih i antisimetričnih opterećenja u skladu s [3]. Na primjeru modela 1 prikazana je razlika u odzivu, ako se izmijene pojedini ulazni parametri.



a) model 1: statički određen sustav, ojačana ili Langerova greda



b) model 2: statički određen sustav, ovješena greda



c) model 3: statički određen sustav, ovješena greda, s dužim štapovima ovjesa

Sl.1: Prikaz razmatranih modela

Izmijenjen je jedan oslonac tj. umjesto pomičnog pretpostavljen je upeti (ili jedna unutarnja veza). Ovakav slučaj vrlo se često događa pri izvođenju objekta zbog čega nastaju odstupanja od projekta ili ako projektant dobro ne pretpostavi veze.

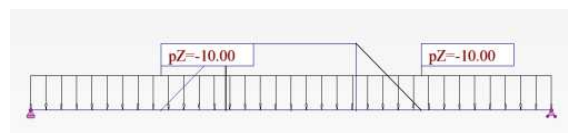
Proračunski modeli i studija izrađeni su u računalnom programu Robot Structural Analysis Professional Software [4].

Studijom odziva modela 1 utvrđene su povećane vrijednosti unutarnjih sila za slučaj raspodijeljenog ili koncentriranog simetričnog opterećenja, dok je kod modela 2 i 3 utvrđeno suprotno.

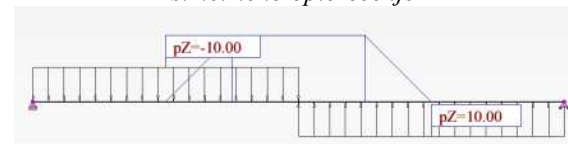
Iz toga slijedi kako bi kod statički određenih sustava odziv trebao biti jednak neovisno o usvajanju djelovanja kao raspodijeljenog ili koncentriranog.

Prema Tablici 1., od navedena tri modela, model s najmanjim vrijednostima unutarnjih sila bio je model 2 te se stoga može smatrati najprikladnijim rješenjem.

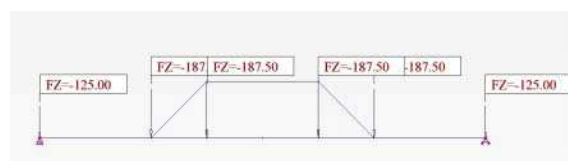
Međutim, ako bi pri gradnji postajala mogućnost nedovoljne nosivosti tla, model 2 ne bi bio prikladan odabir zbog prijenosa većeg dijela opterećenja preko oslonaca na tlo. U usporedbi s modelima 2 i 3, model 1 uravnotežuje više opterećenje unutar samog sustava.



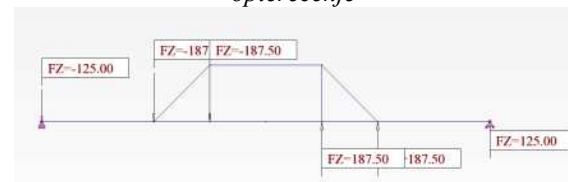
a) 1. tip opterećenja - jednoliko raspodijeljeno simetrično opterećenje



b) 2. tip opterećenja - jednoliko raspodijeljeno antisimetrično opterećenje



c) 3. tip opterećenja - koncentrirano simetrično opterećenje



d) 4. tip opterećenja - koncentrirano antisimetrično opterećenje

Sl.2: Prikaz razmatranih slučajeva opterećenja

Tablica 1.: Usporedba rezultata proračuna modela 1-3 za tip opterećenja 1-4

	Oznake	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4
Model 1	$M_{\max}$ (kNm)	9375	3125	9375	3515
	$V_{\max}$ (kN)	750	250	750	234
	$N_{\max}$ (kN)	1414	0	1326	0
	$W_{\max}$ (mm)	67454	17842	64325	18065
Model 2	$M_{\max}$ (kNm)	1042	3125	1562	3516
	$V_{\max}$ (kN)	167	250	125	234
	$N_{\max}$ (kN)	471	0	442	0
	$W_{\max}$ (mm)	3425	17842	4450	18065
Model 3	$M_{\max}$ (kNm)	1042	3125	1562	3509
	$V_{\max}$ (kN)	167	250	125	234
	$N_{\max}$ (kN)	1054	0	988	1,32
	$W_{\max}$ (mm)	3466	17842	4374	18045



Građevinski radovi naizgled jednostavni i manje važni su katkad nedostatno obuhvaćeni i opisani projektima, s jednostavnom skicom bez ikakvih proračuna.

Plan armature nije obavezni dio projekata. Za manje objekte se ne rade izvedbeni projekti kojima se razrađuju tehnička rješenja dana glavnim projektom, detalji, planovi armature ipak nedostaju i pogrešno se izvedu, itd.

Vrlo često je na objektima spriječeno pomicanje elementa konstrukcije izloženih volumenskim deformacijama uslijed promjene temperature i vlažnosti tj. izvedu se elementi sa nedostatkom odgovarajućih dilatacijskih spojnica i razmaka. Najčešće su to krovne konstrukcije što rezultira uvijanjem elemenata, velikim pukotinama i odrezima (npr. i izobličavanje podnih drvenih podloga). Nepravilno riješeni detalji odvodnje oborinske vode, rezultiraju vlaženjem dijelova objekata i uništavanjem strukture materijala.

Kod manjih objekata nadzor gradnje često je samo formalan odnosno služi kako bi se ispoštovali uvjeti za dobivanje uporabne dozvole. Troškovi gradnje su visoki, uvode se stalno, dodatni administrativni troškovi i investitor pokušava uštedjeti, a često je to na nadzoru.

#### 4. ZAKLJUČAK

Gradnja objekta iziskuje velika novčana sredstva. Osim toga, investitor snosi velike troškove i prije samog početka gradnje, u postupku dobivanja građevinske dozvole,

Pogreške uvjetovane neispravnim načinom projektiranja i izvođenja brzo su uočljive nakon izgradnje objekata i zahtijevaju dodatno održavanje objekata te znatno poskupljuju troškove održavanja.

Najčešće pogreške u projektiranju su: krive pretpostavke proračuna, neprikladni proračunski model, krivi koncept konstrukcije, uporaba neodgovarajućih gradiva, kriva procjena djelovanja na konstrukciju, nepredviđanje moguće promjene namjene objekta, itd.

Česti uzroci pogreški u izvođenju su: nepažnja, gradiva lošije kvalitete od pretpostavljene, neoubećni odnosno nedovoljno vješti radnici, krivo ili nedovoljno armiranje elemenata, krivo postavljena oplata, nepravilna ugradnja gradiva i održavanje, itd.

Za gradnju većih objekata postoje propisani detaljni načini kontrole projekata i gradnje, dok za manje objekte ne.

Kako bi se umanjile mogućnosti pogreške, potrebno je uvesti kontrolu projekta i za manje objekte i to od strane stručnih osoba koje nisu sudjelovale u izradi projekta. Najbolji način provedbe toga je putem zakonske obveze odnosno regulative.

U tu svrhu Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja bi moglo propisati popis građevinskih radova koje bi nadzor obvezno trebao nadgledati, fotografirati ih i prilagati završnom izvješću, s ciljem bolje provjere i povećanja kvalitete izvedenih radova.

Dugoročni pravni postupci i dokazivanja netočnosti odnosno pogrešaka u radu projekatana i izvođača, tužbe i protutužbe s investitorima i dr., uzrokuju velike troškove i veliki gubitak vremena svih sudionika u gradnji te nepravovremeno izvođenje radova održavanja što za posljedicu ima dodatna oštećenja na objektima.

#### LITERATURA:

- [1] Hrvatski sabor, *Zakon o gradnji*. Republika Hrvatska, 2013.
- [2] J. Dvornik and D. Lazarević, "Manjkavosti proračunskih modela inženjerskih konstrukcija," *Građevinar*, vol. 57, no. 4, pp. 227–236, 2005.
- [3] A. Mihanović and B. Trogrlić, *Građevna statistika I*. Split: Građevinsko-arhitektonski fakultet Split, 2011.
- [4] Autodesk, "Robot Structural Analysis Professional Software." 2015.
- [5] A. Dogariu, "European Erasmus Mundus Master Course: Errors in the design of structures and modern reconstruction," 2014.