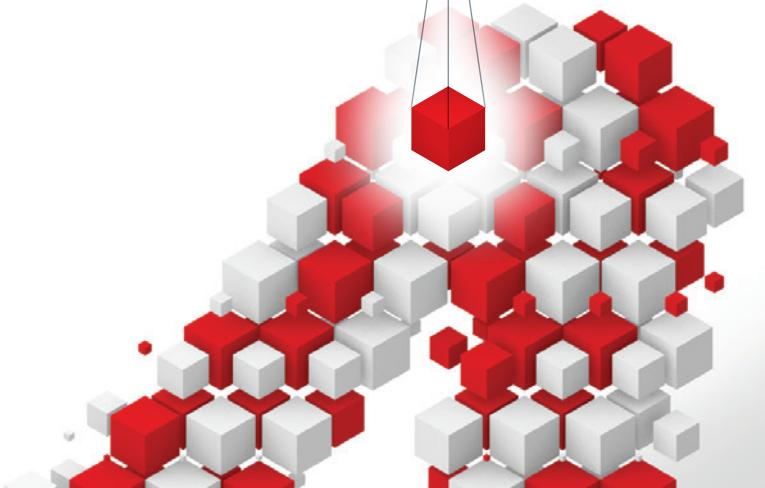


Urednik
STJEPAN LAKUŠIĆ



IZAZOVI U GRADITELJSTVU 4

Hrvatski graditeljski forum 2017

HSG

Izdavač

Hrvatski savez građevinskih inženjera
Zagreb, Berislavićeva 6

Urednik

Prof. dr. sc. Stjepan Lakušić

Tehnička urednica

Tanja Vrančić

Dizajn naslovnice

minimum d.o.o.

Prijelom

Tanja Vrančić

Lektorica

Mr. sc. Smiljka Janaček-Kučinić

Tisak

Tiskara Zelina d.d., 2017.

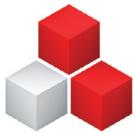
Naklada

200 kom.

ISSN 2459-606X

Zagreb, studeni 2017.

Iako su poduzete sve mjere da se sačuva integritet i kvaliteta ove publikacije i u njoj sadržanih podataka, izdavač, urednik i autori ne smatraju se odgovornima za bilo koju štetu nanesenu imovini ili osobama zbog primjene ili korištenja ove knjige ili zbog korištenja u njoj sadržanih informacija, uputa ili ideja. Radovi objavljeni u knjizi izražavaju mišljenja autora koji su i odgovorni za objavljene sadržaje. Cjeloviti radovi smiju se reproducirati ili prenositi samo uz pismenu suglasnost izdavača. Manji dijelovi mogu se reproducirati samo uz odgovarajuće citiranje izvora.



IZAZOVI U GRADITELJSTVU 4

Urednik:
Stjepan Lakušić

Predgovor

Hrvatski graditeljski forum prvi je put organiziran u Zagrebu 18. i 19. studenoga 2013. u sklopu 60. obljetnice Hrvatskoga saveza građevinskih inženjera i 65. obljetnice izlaženja časopisa GRAĐEVINAR. Odluka o pokretanju skupa proizašla je iz činjenice da je hrvatsko graditeljstvo u velikoj krizi, a izlazi su iz nje vrlo spori. Velik interes koji su sudionici pokazali za teme predstavljene na prvom *Forumu* potvrđio je ispravnost odluke Hrvatskoga saveza građevinskih inženjera o organiziranju takvoga znanstveno-stručnog skupa, te je *Hrvatski graditeljski forum* organiziran i u 2014. i 2015. godini. Na njima su također razmatrani problemi u graditeljstvu te je upozorenje na poticajne i održive nove projekte i investicije. Neki su od najavljenih velikih projekata i realizirani, poput Zračne luke dr. Franjo Tuđman, Terminala za rasute terete u Luci Ploče, Trajektne luke u Zadru (Gaženica) i većega broja projekata vodnog gospodarstva. Neki su od najavljenih projekata u fazi realizacije, kao što su modernizacija željezničke pruge Dugo Selo – Križevci, izgradnja Mosta kopno – otok Čiovo, kontejnerski terminal na Zagrebačkoj obali u Rijeci itd. No, većina velikih projekata koji su najavljeni u fazi su odabira izvoditelja radova; tu svakako treba spomenuti projekt izgradnje Pelješkoga mosta, koji je danas najveći projekt u području prometne infrastrukture. Neki su od najavljenih projekata još u fazi projektiranja ili ishođenja potrebnih dozvola, iako su u početnim fazama pokretanja bili predviđeni za realizaciju tijekom 2014. ili 2015. godine. Vidljivo je da je problema puno i da se rješavaju jako sporo, a rezultat svega sveprisutno je preslagivanje u sektoru građevinarstva. Svjedoci smo da ovo preslagivanje svodi hrvatsku operativu na svega nekoliko domaćih tvrtki. U želji dobivanja posla mnoge su domaće tvrtke često rizično ulazile u određene projekte, zbog čega je uslijedilo prekomjerno zaduživanje, a konačni su rezultat takvoga načina poslovanja uvijek poteškoće u poslovanju, koje nažalost često završavaju loše. Hrvatski graditeljski forum zamišljen je upravo kao mjesto za okupljanje i javnu diskusiju bitnih dionika, na kojem se otvoreno raspravlja o problemima u graditeljstvu i mogućnostima njihova rješavanja.

U povodu prvoga organiziranja Hrvatskoga graditeljskog foruma u Zagrebu, 19. i 20. studenoga 2013., priređena je knjiga *Izazovi u graditeljstvu 1*. Drugi Hrvatski graditeljski forum održan je u Zagrebu 18. i 19. studenoga 2014. U povodu drugoga organiziranja *Forumu* priređena je knjiga *Izazovi u graditeljstvu 2*. Treći Hrvatski graditeljski forum održan je u Zagrebu 4. prosinca 2015. Njegovim je povodom priređena knjiga *Izazovi u graditeljstvu 3*.

Nakon uspješnih skupova održanih 2013., 2014. i 2015. godine, Hrvatski savez građevinskih inženjera odlučio je da se **Hrvatski graditeljski forum** ubuduće održava svake druge (neparne) godine. U skladu s navedenom odlukom i u želji da se ne prekine već stvorena "tradicija"

Hrvatskoga graditeljskog foruma, on je ostvaren i u 2017. godini. U povodu ovogodišnjeg skupa priređena je knjiga **Izazovi u graditeljstvu 4**. Knjiga je podijeljena u šest tematskih cjelina. U prvoj su dijelu obrađene teme vezane za zakonsku regulativu, ponajprije za Zakon o građevnim proizvodima te Zakon o poslovima i djelatnostima prostornoga uređenja i gradnje. Drugi se dio knjige odnosi na teme iz područja obrazovanja u građevinarstvu i to prikazom problematike zapošljavanja nakon završetka diplomskih studija na građevinskim fakultetima u Hrvatskoj te s jednom zanimljivom analizom obrazovanja građevinskog inženjera u prošlosti i danas. Treći se dio knjige odnosi na teme iz područja rizika u realizaciji projekata, posebice velikih investicija, pri čemu je jedna velika investicija u Hrvatskoj, izgradnja Pelješkoga mosta, i prikazana u knjizi. Četvrti dio knjige obrađuje danas sve prisutniju temu gospodarenja građevnim otpadom, te nudi i određene podloge za izradu smjernica za gospodarenje građevnim otpadom. Peti dio knjige vezan je uz teme iz područja energetske učinkovitosti, pri čemu naglasak stavljen na gotovo nula energetske zgrade te utjecaj zrakopropusnosti na energetsku učinkovitost zgrada. Šesti dio knjige sadrži teme iz područja požara u građevinama, danas sveprisutnoga problema kojemu treba posvetiti veliku pozornost još u fazi izrade projektne dokumentacije, te teme vezane za kontrolu postojećih građevina modernim tehnologijama.

Za ovogodišnji se Forum knjiga priređuje samo u elektroničkom obliku. Razmatrane su obje inačice publiciranja, klasična tiskana knjiga ili knjiga u elektroničkom obliku. Odabrana je varijanta elektroničke knjige, jer je ona zbog svoga oblika dostupnija čitateljima, što je i osnovna namjena svake knjige. Druga je važna činjenica da se ovakvim načinom objave knjiga smanjuju troškovi tiskanja, štiti se okoliš, omogućen je pristup dodatnim informacijama (poveznice, multimedija i dr.), a ujedno nestaje strah od ilegalne uporabe knjige. Veća i lakša dostupnost sadržaja e-knjige preko mrežnih stranica časopisa GRAĐEVINAR i Hrvatskog saveza građevinskih inženjera sigurno je za autore pojedinih poglavlja najvažnija činjenica. U tom je obliku knjiga uvijek dostupna za čitanje, neovisno o teme je li čitatelj pri računalu, tabletu, pametnom telefonu ili pak posebnom uređaju namijenjenu čitanju e-knjiga.

Knjiga je priređena zahvaljujući veliku trudu autora i koautora. Svi koji su sudjelovali u pripremi (suradnici, autori, lektorica, tehnička urednica i urednik), trudili su se kako bi knjiga bila pravodobno objavljena. Vjerujemo da će knjiga biti zanimljiva ne samo kolegicama i kolegama u svakodnevnoj inženjerskoj praksi već i studentima na preddiplomskim, diplomskim i poslijediplomskim studijima.

Zagreb, 28. studenoga 2017.

Urednik



Prof. dr. sc. Stjepan Lakušić

Sadržaj

1. Most Pelješac - današnji investicijski prioritet u Hrvatskoj Gordana Hrelja Kovačević	9
2. Djelatnost ispitivanja i prethodnih istraživanja Mr. sc. Mihaela Zamolo	33
3. Standardizirani ugovori o građenju za javne naručitelje Mićo Ljubenko	47
4. Sustav kontrole gradnje i neki rizici realizacije investicijskih projekata Dr. sc. Lino Fučić	67
5. Rizici u velikim i kompleksnim projektima Prof. dr. sc. Anita Cerić, doc. dr. sc. Maja-Marija Nahod	91
6. Pregled građevina bespilotnim letjelicama i daljinski upravljanim podmornicama Josip Rukavina, doc. dr. sc. Ivan Marović	111
7. Gdje je nestao inženjer? Prof. dr. sc. Alen Harapin	129
8. Problematika zapošljavanja mladih nakon završetka diplomske studije na građevinskim fakultetima u Hrvatskoj Dr. sc. Mislav Stepinac, doc. dr. sc. Saša Ahac	151
9. Gospodarenje građevnim otpadom - izazovi i prilike Prof. dr. sc. Nina Štirmer, dr. sc. Ana Baričević, Vedrana Lovinčić Milovanović	175
10. Građevni otpad i postupanje s njim tijekom gradnje Eddy Ropac, Dragan Blažević, Boris Vujašković, Robert Rašetina	201
11. Troškovno optimalne analize i rješenja za gotovo nulte energetske zgrade i primjeri iz prakse Željka Hrs Borković	233
12. Razvoj koncepata gotovo nultih energetskih zgrada Dr. sc. Miha Praznik	249

13. Utjecaj zrakopropusnosti na energetsku učinkovitost zgrada	
Doc. dr. sc. Hrvoje Krstić, Ivan Lukić, Mihaela Teni, doc. dr. sc. Irena Ištoka Otković, izv. prof. dr. sc. Željko Koški, prof. dr. sc. Vlastimir Radonjanin, prof. dr. sc. Mirjana Malešev	261
14. Zaštita od požara u građevinama	
Prof. emer. dr. sc. Dubravka Bjegović, doc. dr. sc. Marija Jelčić Rukavina, Milan Carević, doc. dr. sc. Miodrag Drakulić	299
14. Utjecaj promjena antropoloških mjera na širinu evakuacijskih putova	
Dražen Leš, Miroslav Merćep	339



Most Pelješac – današnji investicijski prioritet u Hrvatskoj

Autor:
Gordana Hrelja Kovačević

Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Most Pelješac – današnji investicijski prioritet u Hrvatskoj

Gordana Hrelja Kovačević

Sažetak

Mostom preko morskog tjesnaca između Kleka i poluotoka Pelješca, duljine oko 2400 m uspostavit će se čvrsta veza između dijelova hrvatskog teritorija, u svrhu povezivanja i razvijanja Dubrovnika i cijele hrvatske najjužnije županije. Izgradnja mosta započela je 2007. godine, ali je zbog nedostatka finansijskih sredstava prekinuta 2012. godine. Investitor je ponovo pokrenuo proceduru projektiranja, zahtijevajući ekonomičnije rješenje za most. Napravljena su dva nova idejna rješenja (2013.), čelični gredni most i polu-integralni "extradosed" most sa hibridnim rasponskim sklopom. "Extradosed" most je odabran za daljnju razradu, a gradnja mosta trebala bi uskoro biti nastavljena. U radu su prikazana projektna rješenja za sve faze projektiranja.

Ključne riječi: most Pelješac, ovješeni most, gredni sandučasti most, poluintegralni "extradosed" most, čelični rasponski sklop, duboko temeljenje

Pelješac bridge - today's investment priority in Croatia

Abstract

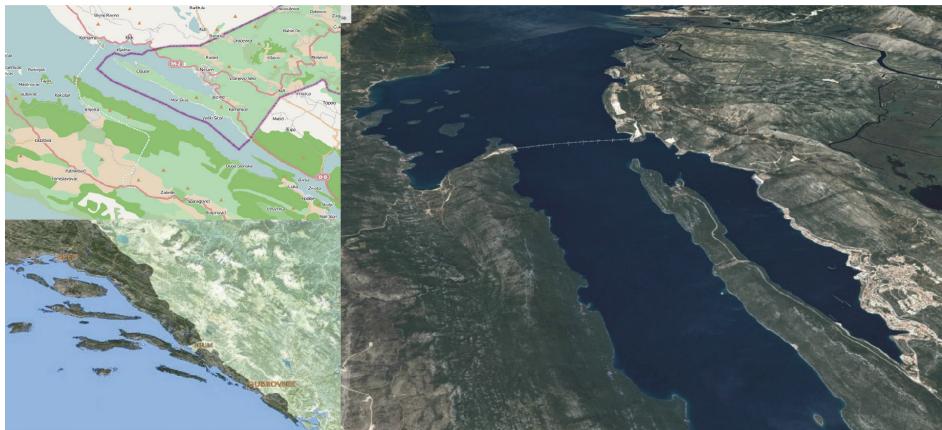
The southern part of Croatia, including the city of Dubrovnik, is currently separated from the rest of Croatia by a small coastal stretch belonging to the state of Bosnia and Herzegovina. A fixed link between all parts of Croatia will be established after completion of the Mainland-Peljesac Peninsula Bridge. Construction of the bridge started in 2007, but it was slowed down and finally abandoned in 2012 due to lack of funds. The client requested new economically more viable solutions. Two alternative bridge solutions were proposed in the new preliminary design (2013), a continuous steel beam bridge and a multi-span extradosed semi-integral bridge with hybrid deck. Finally, the multi-span extradosed semi-integral bridge with hybrid deck was chosen for further design, and the construction of the bridge should soon be continued. All the design alternatives are described in the paper.

Key words: Pelješac bridge, cable stayed steel bridge, box girder bridge, extradosed semi-integral bridge, steel deck, deep foundations

1 Uvod

Izgradnjom mosta kopno-Pelješac uspostaviti će se čvrsta cestovna veza između svih dijelova hrvatskog teritorija. Jugoistočni dio Dubrovačko-neretvanske županije povezat će se s glavninom hrvatskog teritorija što će bitno pridonijeti razvitku Dubrovnika, poluotoka Pelješca i cijele najjužnije hrvatske županije (slika 1.).

Ideja o mostu Pelješac stara je koliko i suvremena hrvatska država, a s razrađivanjem idejnih rješenja započelo se 2004. godine. Područje na kojem se nalazi most je ekološki vrlo osjetljivo, zaštićeno Naturom 2000, a sam malostonski zaljev je Posebni rezervat (slika 2.).

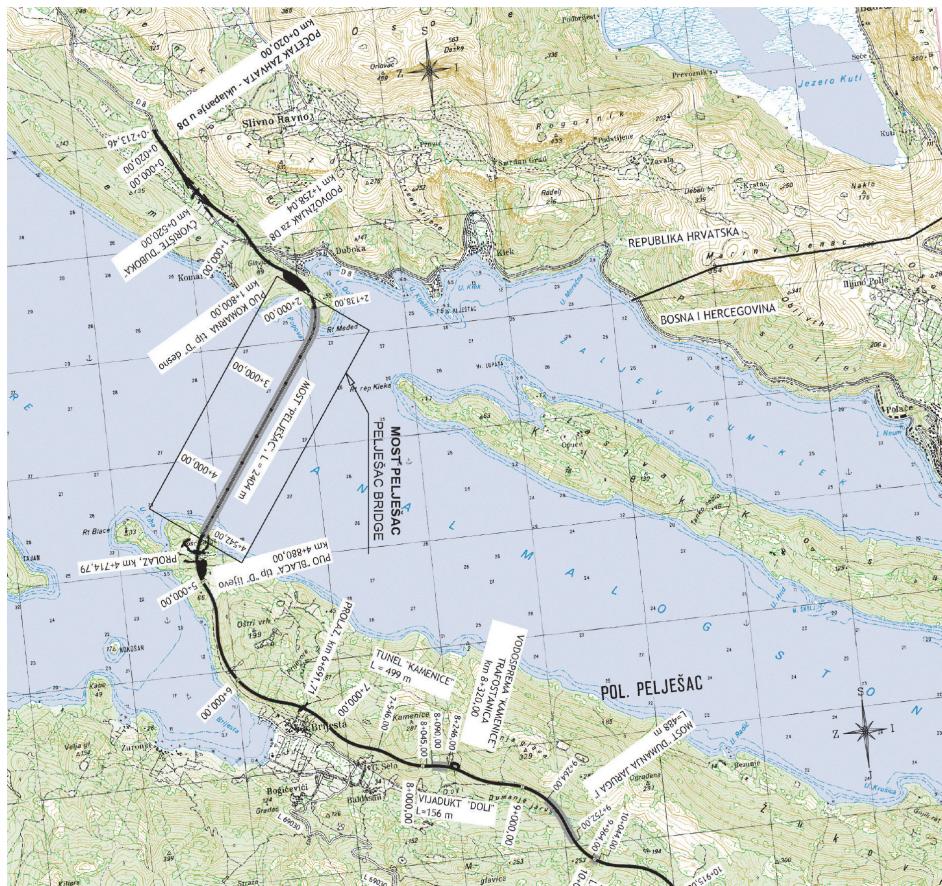


Slika 1. Položaj mosta Pelješac



Slika 2. Položaj mosta Pelješac – zaštita prirode

Trasa ceste položena je na način da most bude na najužem dijelu zaljeva, kako bi se omogućilo najpovoljnije rješenje za sam most, a širina prijelaza na tom mjestu je približno 2400 m (slika 3.).



Slika 3. Situacija mosta i pristupnih cesta

Od samog početka znalo se da su uvjeti temeljenja na lokaciji mosta nepovoljni, što su potvrdila i prva ispitivanja provedena u listopadu 2004. [1], a zatim i detaljnija ispitivanja 2009. godine [2]. Osim nepovolnjih uvjeta temeljenja, most je smješten u zoni izuzetne seizmičnosti i jakih vjetrova.

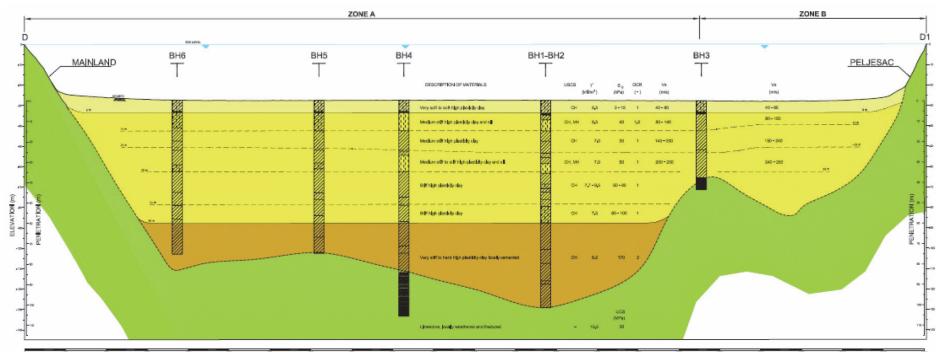
Jedan od bitnih zahtjeva za budući most bio je i plovidbeni profil ispod mosta. U fazi idejnog rješenja definiran je od Hrvatskih cesta i trebao je biti širine 150,0 m i visine 30,0 m, plovni profil je više puta mijenjan, da bi na kraju bio usvojen širine 200 m i visine 55 m. Također, tijekom cijelog trajanja projektiranja mijenjala se i širina mosta.

Valja naglasiti da trenutačno nema nikakvih brodskih linija na tom području. Osim toga, kako je spomenuto, područje Malostonskog zaljeva je ekološki vrlo osjetljivo i bilo kakav

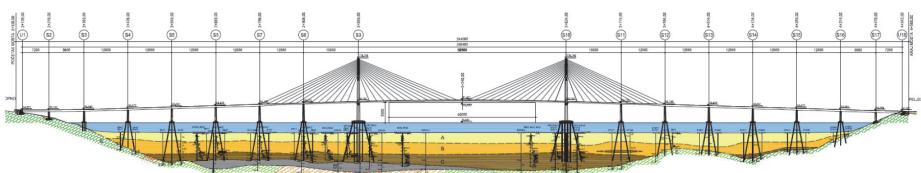
veći promet može ugroziti osjetljivu biološku ravnotežu jednog od posljednjih europskih prirodnih staništa školjaka. Zbog svega nabrojanog, očito je da je trebalo projektirati most sa što manjom vlastitom težinom, posebno rasponskog sklopa, a s druge strane most sa što manje oslonaca (veći rasponi), kako bi se smanjio broj temelja. Kroz različite faze projektiranja razrađivana su različita rješenja koja se ovdje opisuju.

2 Podloge za projektiranje

Prvi istražni radovi na lokaciji mosta provedeni su 2004. godine, a detaljniji 2009. godine [2]. Temeljno tlo duž planirane lokacije mosta ispitano je geofizičkim postupcima, istražnim buštinama s uzorkovanjem i *in situ* mjerjenjima (slike 4. i 5.) [1, 2]. Dubina mora na cijeloj duljini mosta iznosi 27-28 m.



Slika 4. Geološki profil temeljnog tla prema istražnim radovima 2004. [1]



Slika 5. Geološki profil temeljnog tla i položaj istražnih bušotina prema istražnim radovima 2009. [2]

Debljina naslaga tla iznad vapnenačke stijene varira duž mosta u rasponu od približno 40 do 100 m i čine ih pretežno prašinaste gline s mjestimično većim udjelom pjeskovitih ili šljunčanih frakcija. Slojevi glina do dubina oko 58-60 m od morskog dna pripadaju skupini "mekih glina", lakognječive do teškognječive konzistencije, sive do sivomaslinaste boje. Karakterizira ih pretežno niski indeks konzistencije, velika poroznost (pretežno veća od 50 %) i relativno niske vrijednosti otpora prodiranju šiljka CPT, blago rastuće s dubinom. Ti slojevi su nastali u zadnjih 18.000 – 20.000 godina tijekom transgresije Jadranskog mora, a porijeklo im je pretežno iz naplavina rijeke Neretve i povoljnih biogenih uvjeta u regiji.

Slojevi glina ispod šezdesetak su metara starijeg porijekla, sivosmeđe do žutosmeđe boje, polučvrstog do čvrstog konzistentnog stanja, mjestimično cementirane ili s vapnenačkim konkrecijama, porotnosti nižih od 50 % te blago prekonsolidirane. Nedrenirane čvrstoće izmjerene na uzorcima ili indirektno ocijenjene iz rezultata CPT imaju znatno veće vrijednosti od gornjih slojeva. U ovim slojevima se češće pojavljuju krupnozrne frakcije.

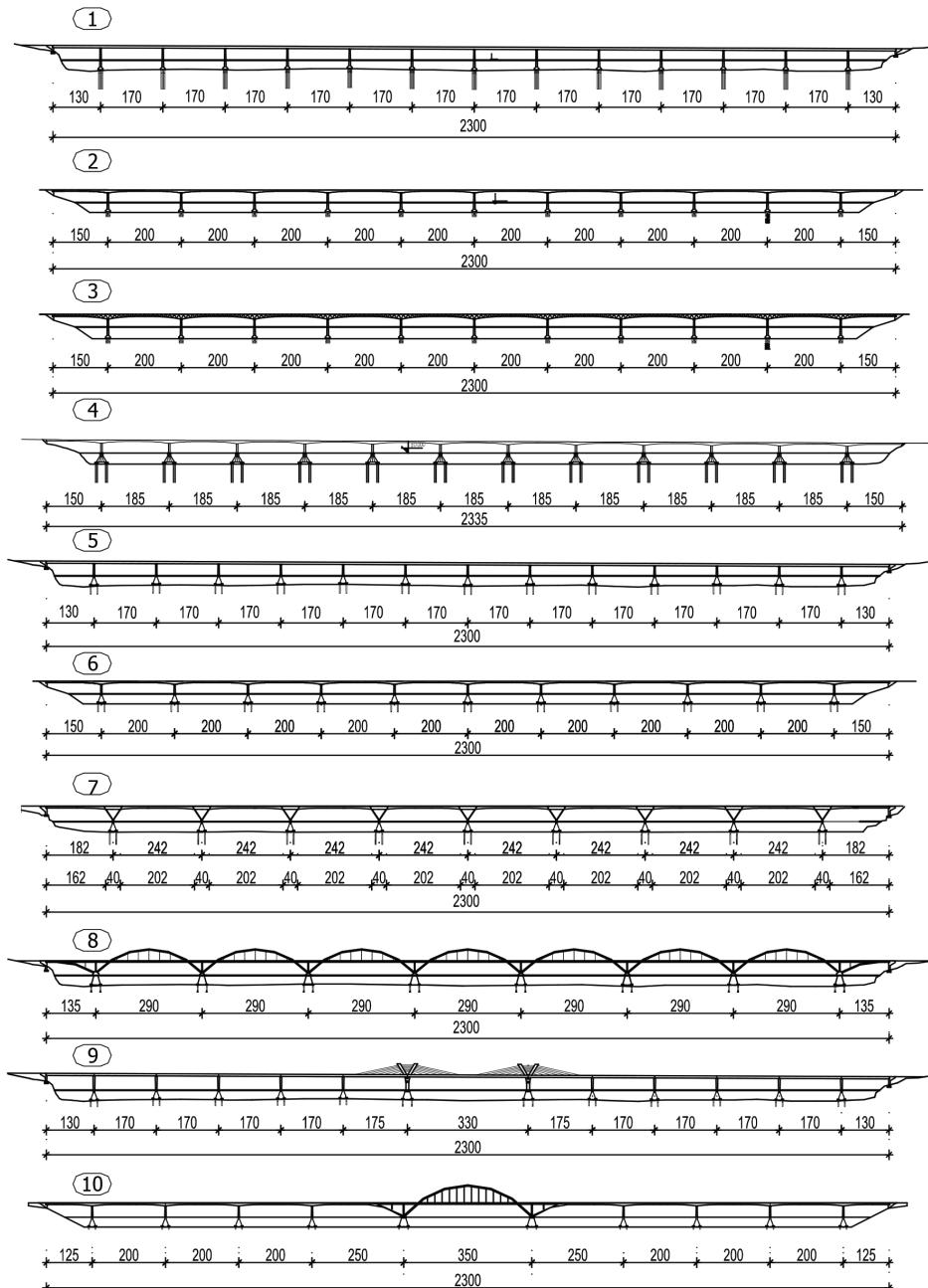
Vapnenačka stijena u podlozi dosegnuta je u većini bušotina. Na zapadnoj strani oko 700 m od poluotoka Pelješca nalazi se površinska, rastrošena stijenska zona na dubini približno 38 m od dna mora (podvodni greben), a na ostalim buštinama prema kopnu stijena je pronađena na dubinama od približno 75 do 102 m, što se uglavnom podudara s rezultatima prethodnih geofizičkih ispitivanja.

3 Idejna rješenja

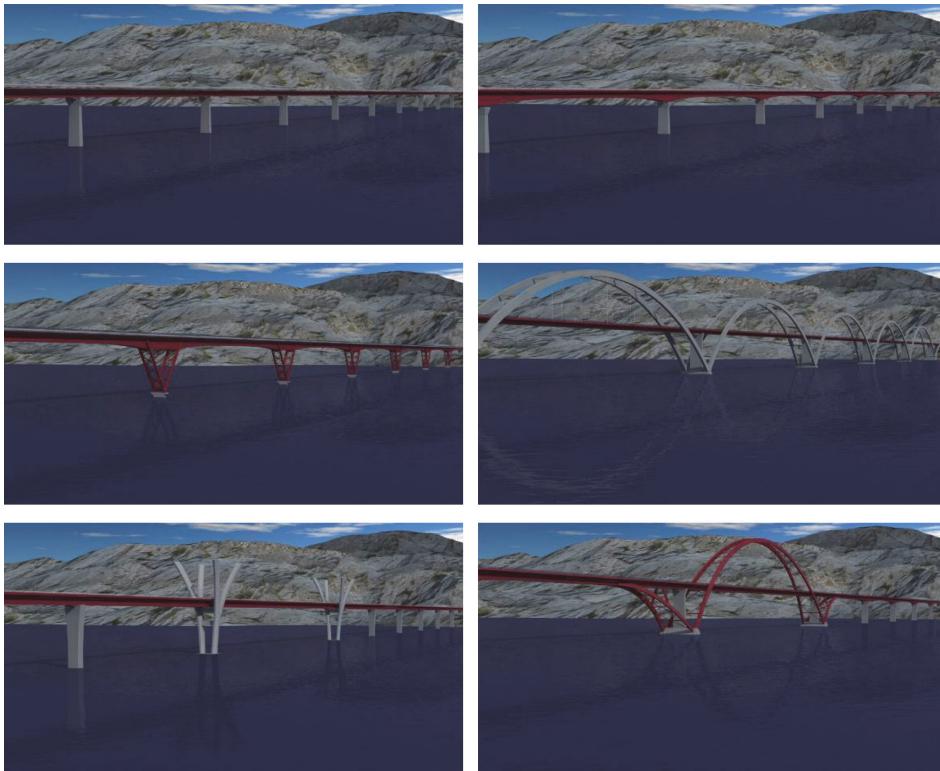
U početku projektiranja razrađivano je više d 10 različitih idejnih rješenja, uključujući gredne, rešetke, lukove i ovještene mostove [3]. Vrednovanje različitih inačica provedeno je na osnovi kriterija estetike, izvodljivosti i ekonomije, koji je uključivao ukupne količine pojedinih materijala, cijenu tehnologije izvedbe i predviđene troškove održavanja mosta. Idejna rješenja razrađivana su za dvije širine mosta: 12,5 m i 15,0 m. Na slikama 6. i 7. prikazana su idejna rješenja za most.

Gredni most ocijenjen je kao najjednostavniji za izvedbu, a s estetskoga je stajališta njegova prednost u jednostavnosti i čistoći linija. Nešto atraktivnijim ocijenjen je ovješeni most, ali je on i skuplji i za izvedbu i za održavanje.

Na kraju je za daljnju razradu u idejnom projektu odabran gredni most [3-5].



Slika 6. Idejno rješenje – uzdužni presjeci

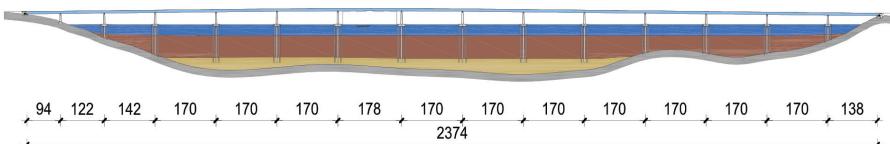


Slika 7. Idejno rješenje – vizualizacije

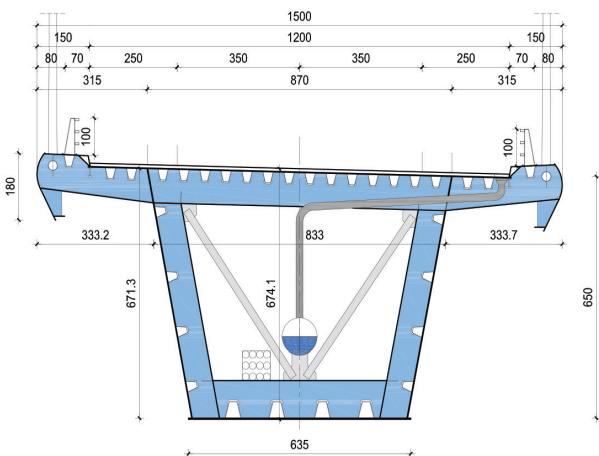
4 Idejni projekt (2005.)

U idejnom projektu (slike 8. i 9.) [6] usvojena je širina od 15,0 m: prometna širina mosta s dva kolnička traka širine po 3,5 m i obostranim servisnim trakovima od 2,5 m u koje su uključeni zaštitni trakovi širine 20 cm, nadvišeno područje sidrenja čelične odbojne ogradi i sidrenja stupova rasvjete širine je 150 cm obostrano. Širina kolnika mosta je 12,0 m, a ukupna širina mosta 15,0 m.

Početak mosta je u stacionaži 2+143,00 u krivini radijusa 450 m, zatim od stacionaže 2+493,44 do 4+502,951 most je u pravcu i do kraja u stacionaži 4+517,00 most je u prijelaznoj krivini. Niveleta je na početku u konkavnoj krivini radijusa 8000 m. Od stacionaže 2+235,00 do 2+800,00 niveleta je u pravcu nagiba 1 %, a nakon toga do stacionaže 3+400,00 u konveksnoj krivini radijusa 30000 m, slijedi pravac nagiba 1 % do stacionaže 4+445,96 i na kraju konveksna krivina radijusa 15000 m. Usvojen je jednostrešni poprečni nagib kolnika od 2,5 %. Ovodnja oborinskih voda je u zatvorenom sustavu, preko slivnika, poprečnih cijevi i uzdužne cijevi smještene unutar sanduka, instalacije se također provode unutar sanduka. Predviđa se rasvjeta mosta, obostrano, na konzolnim istakama.



Slika 8. Idejni projekt – gredni most – uzdužni presjek



Slika 9. Idejni projekt – gredni most – poprečni presjek

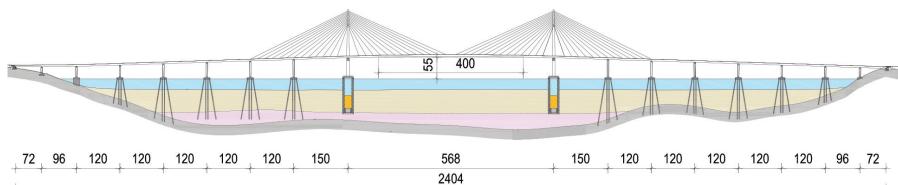
Kontinuirani punostijeni sandučasti čelični rasponski sklop preko 15 raspona ukupne je duljine $L = 94,0 + 122,0 + 142,0 + 3 \times 170,0 + 178,0 + 7 \times 170,0 + 138,0 = 2374,0$ m i nepromjenjive visine od 6,5 m. Hrptovi su kosi s vertikalnim ukrućenjima nad ležajevima, a razmak ležajeva u poprečnom smjeru iznosi 5,96 m. Kolnička ploča je čelična ortotropna ploča sa zatvorenim trapezastim uzdužnim smjerom.

Na krajevima mosta izvode se jednaki, klasični masivni betonski upornjaci. Izvodi se ukupno 14 stupova, jedan na kopnu (S2) i ostalih 13 u moru. Stupovi su armirano betonski, sandučastog poprečnog presjeka. Temeljenje za oba upornjaka i za stup S2 je plitko na stijeni. Stupovi S3 do S15 temelje se u moru gdje su uvjeti temeljenja izrazito nepovoljni. Odabранo je temeljenje na zabijenim čeličnim pilotima sa naglavnom pločom na razini mora. Ispod svakog stupa predviđeno je po osam pilota pravokutno raspoređenih.

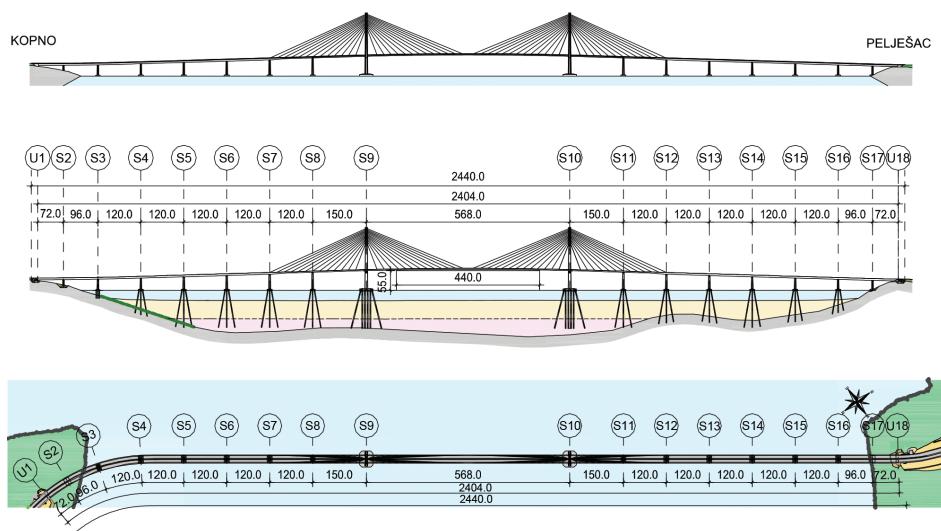
Za odabranu inačicu napravljen je idejni projekt, te je ishođena načelna dozvola. Prethodno je za cijeli zahvat koji uključuje most i pristupne ceste ishođena lokacijska dozvola. Nakon idejnog projekta postavljeni su novi zahtjevi za slobodni plovni profil ispod mosta; najprije je povećana visina na 51 m, a konačni usvojeni slobodni profil iznosi 200 m širina i 55 m visine. S obzirom na nove uvjete, razrađuju se nove inačice mosta, najprije za povećanu visinu od 51 m, a zatim i za konačno usvojeni slobodni profil. Sve nove inačice su s ovješenim mostom preko plovnog profila [4], te je za razradu u glavnom projektu odabrana inačica prikazana u nastavku.

5 Glavni projekt (2007. – 2009.)

Za razradu u glavnom projektu odabran je ovješeni most s dva pilona i glavnim rasponom od 568 m (slika 10.). Glavni projekt mosta napravljen je 2007. godine [7] i dobivena je građevinska dozvola, te izmjena i dopuna načelne dozvole iste godine. Za to rješenje raspisana je natječaj za gradnju i odabran izvođač. Nakon toga, u dogovoru s izvođačima mosta, pristupilo se optimizaciji glavnog projekta. U međuvremenu su promijenjeni i elementi trase koja je prije imala elemente državne ceste, a sada je promijenjena u brzu cestu sa četiri vozna traka i razdjelnim pojasom. Novi glavni projekt dovršen je 2009. godine (slike 11. i 12.) [8-10], te je za njega ishođena izmjena i dopuna građevinske dozvole.



Slika 10. Glavni projekt 2007. – uzdužni presjek



Slika 11. Glavni projekt 2009. – pogled na most, uzdužni presjek i tlocrt mosta



Slika 12. Glavni projekt 2009. – vizualizacija mosta

U glavnom projektu (2007. i 2009.) usvojena je širina mosta kako slijedi: prometnu plohu na mostu čine dva kolnika širine po 8,0, m ($2 \times 3,5 + 2 \times 0,5$) i razdjelni pojas širine 3,0 m. Izvan prometne plohe nalaze se servisne staze širine po 2,0 m gdje su smještene rubne ograde i sidra kosih vješaljki. Ukupna širina gornje plohe mosta je 23,02 m. Izvan te širine obostrano se dograđuju polukružne maske - regulatori vrtloženja, širine 0,81 m, koji po visini pokrivaju cijeli vijenac. Ukupna širina mosta je 24,64 m (slika 13.).

Početak mosta je u stacionaži 2+120,00 u krivini radijusa $R = 450\text{m}$, a od stacionaže 2+410,45 do 4+485,45 most je u prijelaznoj krivini ($A = 184$). Od stacionaže 4+485,45 do stacionaže 4+500,46 most je u pravcu, dok je sam kraj mosta od stacionaže 4+500,46 do 4+542,00 u prijelaznoj krivini ($A = 184$, $R = 450\text{m}$).

Niveleta je na početku u konkavnoj krivini radijusa $R = 8.000\text{ m}$. Od stacionaže 2+393,24 do 3+012,37 niveleta se diže po pravcu nagiba 2,98 %, a na središnjem dijelu mosta niveleta je u konveksnoj krivini radijusa $R = 11.000\text{ m}$ do stacionaže 3+667,63. Slijedi spuštanje nivelete po pravcu nagiba 2,98 % do stacionaže 4+443,88 i na kraju konkavna krivina radijusa $R = 8.000\text{ m}$.

Usvojen je dvostrešni poprečni nagib kolnika od 2,5 % na dijelu mosta u pravcu, a na dijelu mosta u krivinama najveći poprečni jednostrešni pad iznosi 5,8 %. Ovi parametri ostaju nepromijenjivi i u sljedećim inačicama mosta.

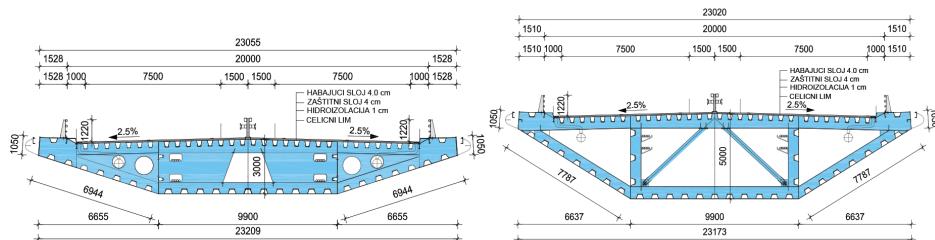
Raspontski sklop je kontinuiran od upornjaka U1 na strani kopna (Komarna) do upornjaka U18 na Pelješcu (Brijesta). Duljina mosta preko ukupno 17 raspona iznosi $L = 72 + 96 + 5 \times 120 + 150 + 568 + 150 + 5 \times 120,0 + 96 + 72 = 2.404$ metara, mjereno od osi krajnjih ležajeva na upornjacima U1 i U18 (slika 3.). Konstrukcijski sustav raspontskog sklopa nad plovidbenim otvorom i obostrano priležećim otvorima je ovješeni most s bočnim ovješenjem, a prilazni rasponi od obje obale premošteni su grednim konstrukcijskim sustavom. Na mostu se razlikuju tri segmenta: središnji sustav između stupova S7 i S12, pristup Komarna između upornjaka U1 i stupa S7 i pristup Brijesta između stupova S12 i upornjaka U18.

Središnji ovješeni most dominira cijelim prijelazom. Proteže se nad plovidbenim otvorom (S9-S10) i po dva obostrano priležeća otvora (S7-S9 i S10-S12). Tlocrtno je u pravcu, a niveleta je simetrična, s konveksnom krivinom i pripadnim tangentama. U uzdužnom smjeru je simetričan, glavni raspon je $L = 568\text{ m}$, s obostranim priležećim rasponima od po 150 + 120 m. Sidrene vješaljke završavaju na stupovima S7 i S12. Umetanjem dodatnih stupova u postrane otvore ovješenog mosta postignuta je veća krutost glavnog raspona.

Raspontski sklop je pridržan kosim vješaljkama na uzdužnom razmaku od 20 m. Samo prve vješaljke kod pilona ugraditi će se na udaljenosti 30 m od osi pilona. U poprečnom presjeku sklop je simetričan, s dvostrešnim poprečnim padom od 2,50 %. Širina mosta između rubnih dijelova iznosi 19,0 m. Rubni dijelovi gornje plohe, širine 2,0 m izdignuti su na mjestu kraja asfalta za 0,20 m i nagnuti prema kolniku u nagibu od 2,50 %. Rubni lim (rubnjak) je u nagibu od 5:1.

Pristupni dijelovi raspontskog sklopa Komarna i Brijesta su gredni mostovi jednakih značajki. Razlika je samo u zadovoljenju tlocrtne geometrije i vitoperenju presjeka. Tipski rasponi su duljine 120 m.

Poprečni presjek nastao je od poprečnog presjeka središnjeg sklopa tako da je visina od $h_2 = 3,0\text{ m}$ u sredini poprečnog presjeka produljenjem vertikalnih hrptova povećana na $h_1 = 5,0\text{ m}$. Ostali geometrijski oblici (širine) zadržani su (slika 13.).



Slika 13. Glavni projekt 2009. – poprečni presjek na ovješenom dijelu mosta (lijevo) i na pristupnim dijelovima (desno)

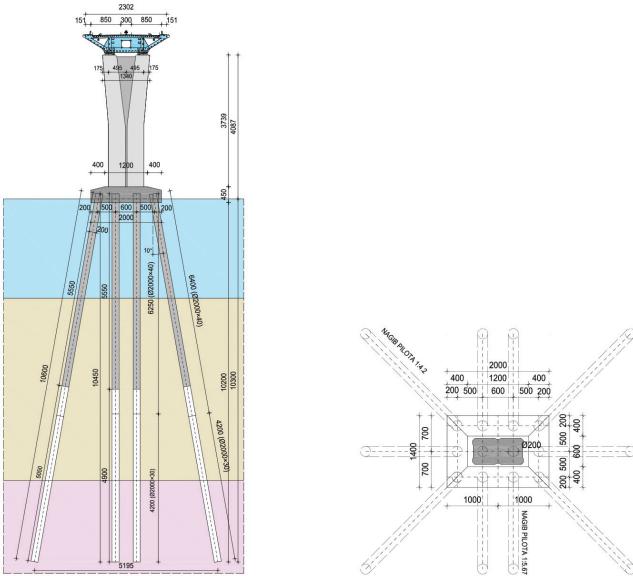
Temeljenje za oba upornjaka i stup S2 koji se nalazi na obali je plitko na stijeni. Stup S17 nalazi se na obali, neposredno uz more. U glavnom projektu bilo je predviđeno plitko temeljenje, ali je nakon detaljnijih geotehničkih ispitivanja promijenjeno na pilote. Stup S3 nalazi se u moru i temelji se na 12 bušenih pilota promjera 1,5 m koji ulaze u zdravu stijenu najmanje 5,0 m. Stupovi S4-S8 i S11-S16 i piloni S9 i S10 temelje se u moru gdje su uvjeti temeljenja izrazito nepovoljni. Istražne bušotine (2004.) obuhvaćaju područje do približno 1600 m od obale kopna, dok u preostalih oko 700 m do poluotoka Pelješca nisu izvedene, te je profil procijenjen iz podvodnih geofizičkih mjerena.

Temelji stupova S4-S8 i S11-S16 izvest će se na grupi od 12 pilota ukrućenih armiranobeton-skom naglavnicom na razini mora (slika 14.). Dubina mora na lokaciji stupova iznosi 27-28 m. Piloti su raspoređeni u tri reda u smjeru mosta i četiri reda poprijeko na most. Svi vanjski piloti nagnuti su prema vani pod kutom od 10° (17,6 %, 1:5,67) prema vertikali. Kutni piloti nagnuti su po dijagonalni, a nagib im je 23,8 %, odnosno 1:4,2.

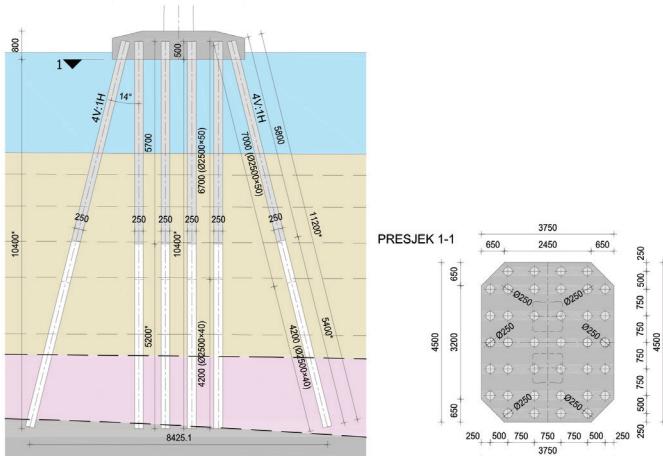
Antikorozijska zaštita čelika uključuje izvedbu 10 mm deblje čelične stijenke pilota od potrebne za uporabna djelovanja (pretpostavljeno je prema podatcima iz literature gubitak čeličnog materijala u morskoj vodi uslijed korozije 0,035 mm/god), tako da je usvojena ukupna debljina stijenke $t = 40$ mm, izvedbu katodne zaštite s vanjske strane pilota u gornjem dijelu pilota (kroz morskou vodu i površinskih 8 m tla) sa žrtvenim anodama i dodatnu antikorozijsku zaštitu gornjih dijelova pilota u duljini od oko 33 m.

Dubine zabijanja pilota slijede iz proračuna potrebne nosivosti pojedinog pilota i grupe pilota, te profila tla na lokaciji pojedinog stupa. Sila zabijanja pojedinog pilota nije manja od 35 MN, a minimalna dubina zabijanja u sloj tvrde gline iznosi 10 m. Na stupovima S6, S7 i S8 ta nosivost postiže se trenjem po plaštu pilota i završetkom pilota u sloju tvrde gline na dubini od 60 m ispod dna mora. Na ostalim stupnim mjestima završne dubine zabijanja pilota bit će u zdravoj zoni osnovne vapnenačke stijene.

Temeljenje pilona (S9 i S10) izvodi se na 38 pilota s naglavnicom na razini mora (slika 15.). Piloti su raspoređeni u šest redova u smjeru mosta i sedam redova poprijeko na most. U kutove ovako određenog rastera ne pobijaju se piloti, tako da ih je ukupno $42-4 = 38$ komada. Svi vanjski piloti nagnuti su prema vani, pod kutom od 14° (25,0 %, 1:4,0) prema vertikali.



Slika 14. Stup i temeljenje u moru



Slika 15. Temeljenje pilona

Gradnja mosta prema ovom projektu započela je 2007. (slika 16.). Povjerena je hrvatskim izvođačima i u to vrijeme bio je to najveći most koji se gradi u Europi. Zbog ekonomske krize, gradnja mosta prekinuta je 2010. godine.



Slika 16. Gradilište mosta Pelješac 2009.

6 Idejni projekti (2013.)

Krajem 2012. godine investitor Hrvatske ceste ponovo pokreće proceduru za izradu idejnog projekta u dvije inačice. Posao je povjeren konzorciju koji čine Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Ponting d.o.o. Maribor i Pipenbaber Inženirji d.o.o.

Izrađene su dvije inačice idejnog projekta: gredni most (Građevinski fakultet Zagreb) (slika 17.) [11, 13] i “extradosed” most (Ponting i Pipenbaber Inženirji) (slika 18.) [12, 13].



Slika 17. Idejni projekt – gredni most (2013.)



Slika 18. Idejni projekt – “extradosed” most (2013.)

6.1 Idejni projekt – gredni most (2013.)

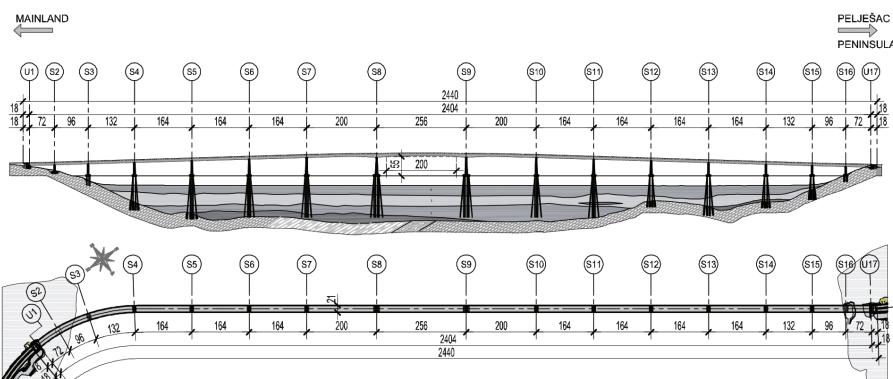
Prema projektnom zadatku investitora, kolnik u svakom smjeru čine prometni trak širine 3,5 m, zaustavni trak širine 2,5 m i obostrani rubni trakovi širine po 0,5 m, tako da ukupna širina kolnika iznosi $2 \times (0,5+2,5+3,5+0,5) = 14,0$ m.

Naknadnim zahtjevom investitora zatraženo je da se prometni smjerovi razdjeli zaštitnom ogradom (odbojnikom) u osi mosta, tako da je ukupna širina kolnika povećana za razdjelni pojas širine $0,5+1,0+0,5 = 2,0$ m (ukupno 16,0 m). Osim toga, zatraženo je da se na rubove mosta postave vjetrobrani, što je dodatno povećalo ukupnu širinu mosta u odnosu na izvorni projektni zadatak.

Ukupna širina između izdignutih rubnih dijelova iznosi 16,6 m zbog zahtjeva da na njima smještene zaštitne ograde budu na 1,0 m od voznog profila. Ukupna širina gornje površine rasporskog sklopa iznosi 18,0 m. Na rubne ploče priključuju se vjetrobrani visine 3,0 m, a ostavljen je i prostor $b/h = 80/250$ cm za revizijske staze, te širina mosta zajedno s vjetrobranim iznosi 21,0 m.

Početak i kraj mosta te svi parametri prometnice zadržani su onakvi kakvi su bili u projektu prema kojem je započela gradnja mosta. Rasporski sklop je kontinuiran od upornjaka U1 na strani kopna (Komarna) do upornjaka U17 na Pelješcu (Brijesta) (slika 19.). Duljina mosta preko ukupno 16 raspona iznosi: $L = 72,00+96,00+132,0+3 \times 164,0+200,0+256,0+200,0+4 \times 164,0+132,0+96,0+72,0 = 2.404,0$ m. mjereno od osi krajnjih ležajeva na upornjacima U1 i U17.

U odnosu na Glavni projekt [15] zadržani su rubni rasponi na strani kopna $L = 72,0+96,0$ m i na strani Pelješca $L = 96,0+72,0$ m, jer su upornjaci i stupovi tih raspona djelomično ili potpuno izvedeni.

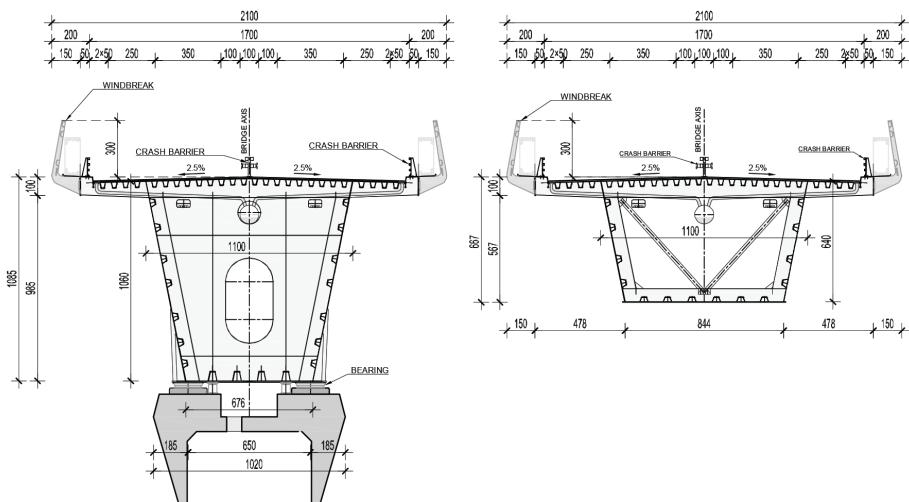


Slika 19. Gredni most (2013.) – uzdužni presjek i tlocrt mosta

Konstrukcija je kontinuirani jednočelijski čelični sanduk (slika 20.) s dva nagnuta hrpta i obostranim konzolama, nepromjenjive visine $h = 6,572$ m u osi mosta odnosno visine hrptova $6,400$ m, osim u glavnom rasponu (S8-S9) nad plovnim putom $L = 256,0$ m i dva njemu priležeća raspona $L = 200,0$ m, (S7-S8) i (S9-S10), gdje je visina promjenjiva $h = 6,572-10,842$ m u osi mosta, odnosno promjenjiva visina hrptova $6,400-10,600$ m.

Raspontski sklop je u poprečnom presjeku simetričan, s dvostrešnim padom od 2,50 %. U sredini konstrukcije ugrađena je elastična čelična dvostrana odbojna ograda, širine 0,86 m, tako da je ukupna širina između voznih trakova u suprotnim smjerovima 2,0 m. Rubni dijelovi gornje površine, širine 0,70 m, izdignuti su od kolnika za 20,0 cm i nagnuti prema kolniku u nagibu od 4,00 %. Rubni lim (rubnjak) je u nagibu 5:1.

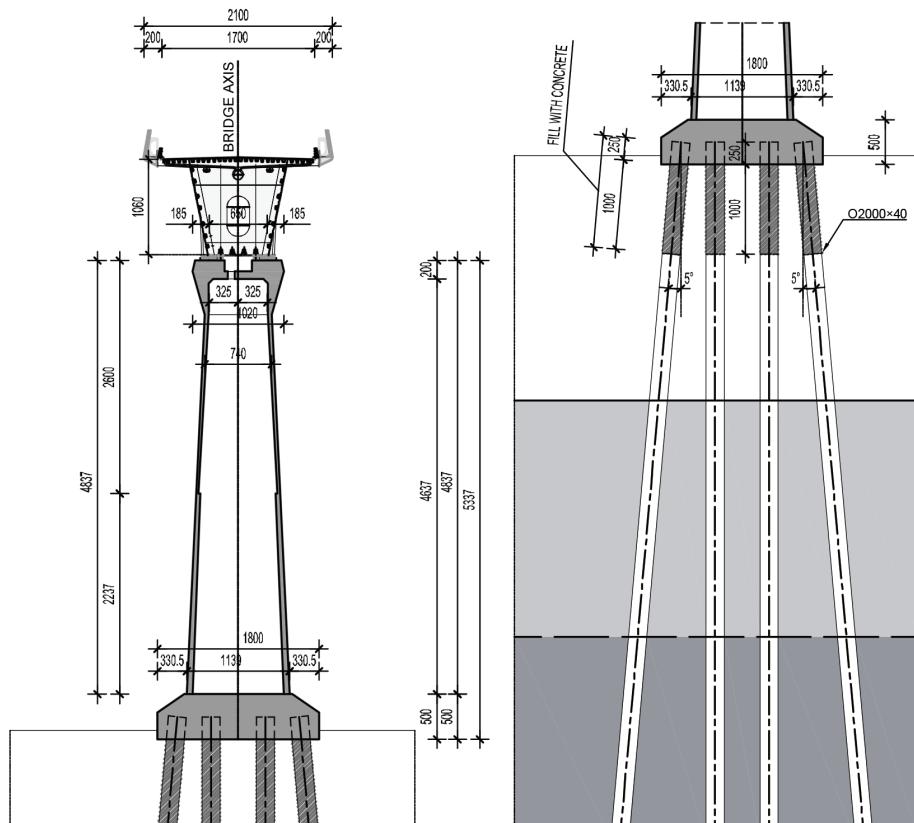
Hrptovi su nagnuti 1:5 prema horizontali. Razmak hrptova na spoju s kolničkom pločom iznosi 11,0 m, a na spoju s donjom pojasmicom 8,44 m za normalni presjek s visinom hrpta 6,40 m. Za poprečni presjek nad stupovima najvećeg raspona visine hrpta 10,600 m, najmanji razmak hrptova na spoju s donjom pojasmicom iznosi 6,76 m.



Slika 20. Gredni most (2013.) – poprečni presjek nad stupom S8 i poprečni presjek u polju

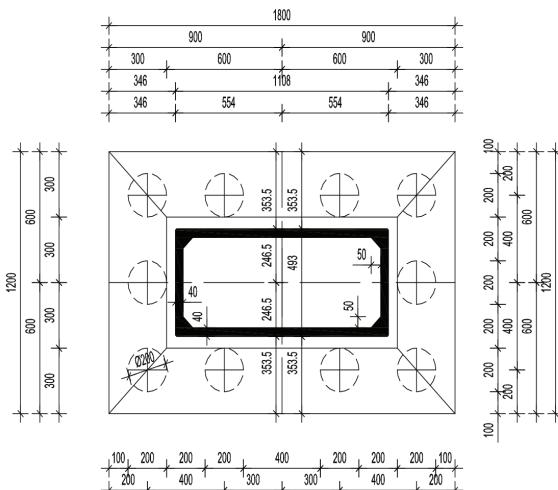
Stupovi su sandučastog poprečnog presjeka, promjenjivih vanjskih izmjera. Svi stupovi završavaju s posebno oblikovanim kapitelom visine 6,0 m (slika 21.). Širina kapitela u uzdužnom je smjeru 3,48 m (3,50 m oplatno, bez skošenja), a u poprečnom je 10,52 m (11,0 m oplatno, bez skošenja). Kapitel je olakšan središnjim izrezom visine 1,20 m i širine 3,50 m (osim za stupove S8 i S9, kod kojih je širina 3,00 m). Izrez omogućava pristup iz čeličnog sanduka (otvor iz sanduka je 60 x 60 cm) na stup (ostvarena slobodna visina od sanduka do nastupne plohe stupa je ~1,80 m). S ove plohe ostvaren je ulazak u stup (otvor 80 x 80 cm). Vanjske dimenzije svih stupova na donjem rubu kapitela iznose 2,5 x 8,0 m. Izmjere stupova S8 i S9 u oba smjera linearno rastu prema dolje (spoju na temeljnu ploču) u nagibu 4,0 %. Širine stupova S2-S7 i S10-S16 (u smjeru mosta) linearno rastu prema temeljnoj ploči u nagibu od 3,0 %, a širine (poprijeko na os mosta) linearno rastu u nagibu od 4,0 %. Debljina svih stijenki poprečnog presjeka stupova S2-S7 i S10-S16 nepromjenjiva je po visini i iznosi 40,0 cm. Samo su kraće stranice stupova S8 i S9 podebljane na 60,0 cm na duljini 22,4 m, mjereno od gornjeg ruba temeljne ploče (20,0 m mjereno od dna kapitela), dok su sve ostale stijenke debljine 40,0 cm, kao i kod ostalih stupova.

Temeljenje stupova u moru (S4-S15) izvodi se zabijanjem čeličnih cijevi $\Phi 2000 \text{ mm}$. Projektirana je kombinacija vertikalnih i kosihi pilota u blagom nagibu 5° (slika 21.). Kosi piloti aksijalnom nosivošću preuzimaju dio horizontalnih sila (potres, vjetar) koje djeluju na konstrukciju i bitno smanjuju bočne pomake konstrukcije.



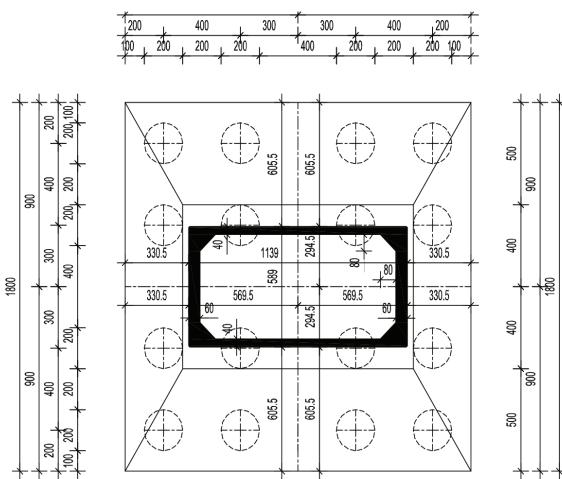
Slika 21. Gredni most (2013.) – stup i temeljenje

Stupovi S4 i S12-S15 temelje se na 8 zabijenih čeličnih pilota debljine stijenke $t = 30 \text{ mm}$, koji ulaze u čvrstu stijenu i u potpunosti su ispunjeni betonom (spregnuti presjek). Stup S5 temelji se na 10 zabijenih čeličnih pilota debljine stijenke $t = 40 \text{ mm}$, koji ulaze u čvrstu stijenu i u potpunosti su ispunjeni betonom (spregnuti presjek). Stupovi S6, S7, S10 i S11 temelje se na 10 zabijenih čeličnih pilota, debljine stijenke $t = 40 \text{ mm}$, koji nose trenjem po plaštu i ispunjeni su betonom samo na duljini 10 m mjereno od donjeg ruba naglavne ploče (slika 22.).



Slika 22. Tlocrtni raspored na stupovima temeljenim na 10 pilota

Stupovi S8 i S9 na koje se oslanja glavni navigacijski raspon temelje se na 16 zabijenih čeličnih pilota, debljine stijenke $t = 40$ mm, koji nose trenjem po plaštu i ispunjeni su betonom samo na duljini 10 m mjereno od donjeg ruba naglavne ploče (slika 23.).



Slika 23. Tlocrtni raspored na stupovima S8 i S9 temeljenim na 16 pilota

U Studiji o prometnom povezivanju Republike Hrvatske, za daljnju razradu odabran je "extradosed" most za koji je napravljen i glavni projekt [13, 14]. Slijedi opširniji opis o tome.

7 Glavni projekt (2013.-2017.)

“Ekstradosed” most koncipiran je kao poluintegralni most. Integralno koncipirana mostovna konstrukcija s hibridnim ovješenim rasponskim sklopom i centralno postavljenim armirano-betonskim pilonima, koji su elastično upeti u stupove, osigurava seizmičku stabilnost mosta bez ugradnje velikih ležajeva i seizmičkih prigušivača (slika 24.).

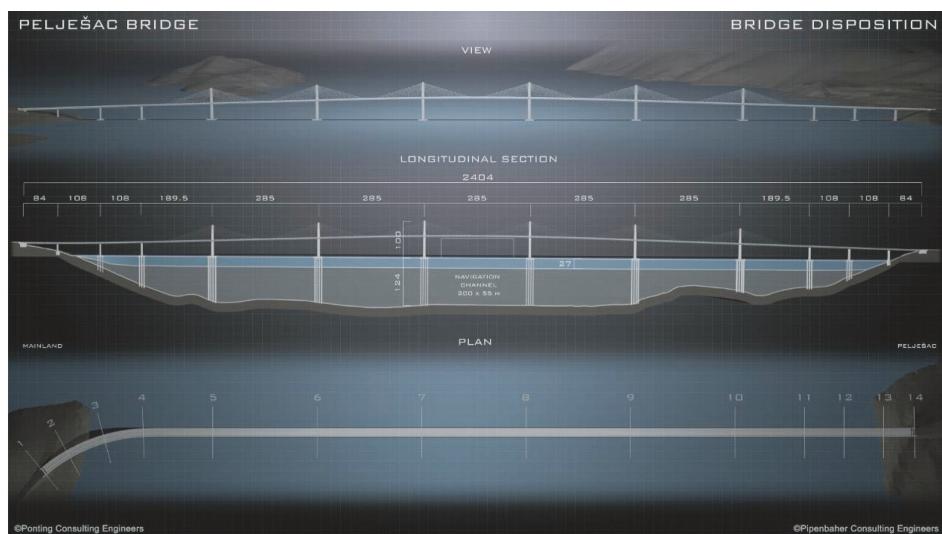
Visina pilona iznosi 40,0 m, tako da omjer visine pilona prema rasponu iznosi 0,14 što most svrstava na granicu između ovješenih i ekstradosed mostova. Ležajevi su predviđeni samo na krajnjim dijelovima mosta - na upornjacima i na stupovima 2 – 4 i 11 – 13. Na mostu je predviđena i zaštita od vjetra koja omogućava korištenje mosta gotovo u svim vremenskim uvjetima, bez prekidanja prometovanja u slučaju jakih vjetrova (slika 25.).

Kontinuirana sandučasta rasponska konstrukcija je duljine 2404 m, a rasponi iznose: $84 + 2 \times 108 + 189.5 + 5 \times 285 + 189.5 + 2 \times 108 + 84$ (slika 24.).

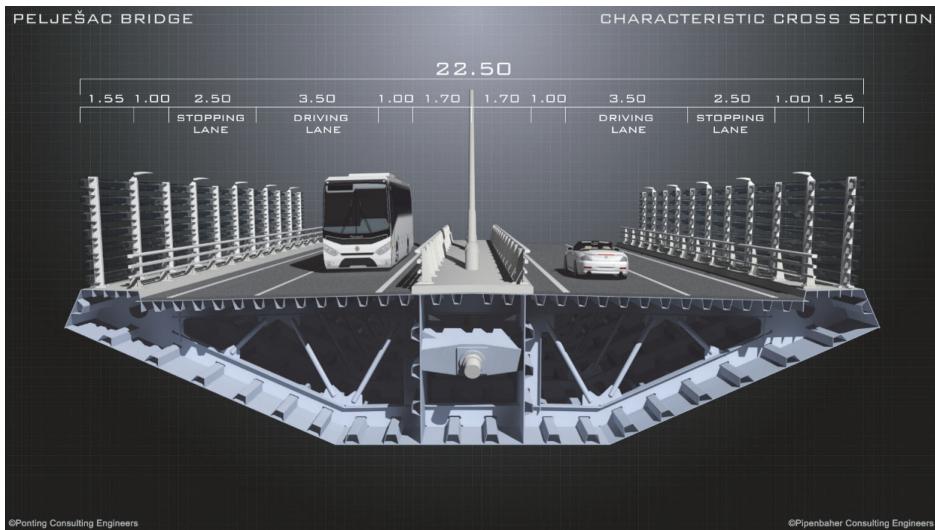
Čeličnu rasponsku konstrukciju ovješenog i pristupnih dijelova mosta čini tročelijski sanduk. Središnji sustav duljine 1804 m je ovješeni most sa 6 niskih pilona i 5 otvora po 285 m, tako da je postignuta potpuna simetrija mosta u prostoru. Ortotropna ploča kolnika ukupne je širine 22,5 m. Donji pojaz sanduka je horizontalan, širine 8,1 m. Ukupna visina sanduka u osi mosta iznosi 4,5 m. Središnja čelija u kojoj su predviđena sidrišta kosih zatega je širine 3,0 m. Donju plohu zatvaraju dva bočna, kosa hrpta koji su nagnuti 24° prema horizontali (slika 25.).

Pristupni dijelovi rasponskog sklopa na strani kopna i na Pelješcu su gredni mostovi jednakih značajki. Razlika je samo u tlocrtnoj geometriji i vitoperenju presjeka. Nazivni rasponi su $84.0 + 108.0 + 108.0$ m.

Svi vanjski geometrijski oblici pristupnih dijelova mosta ostaju isti kao kod središnjeg sklopa, samo je širina središnje čelije 8,0 m (slika 26.).

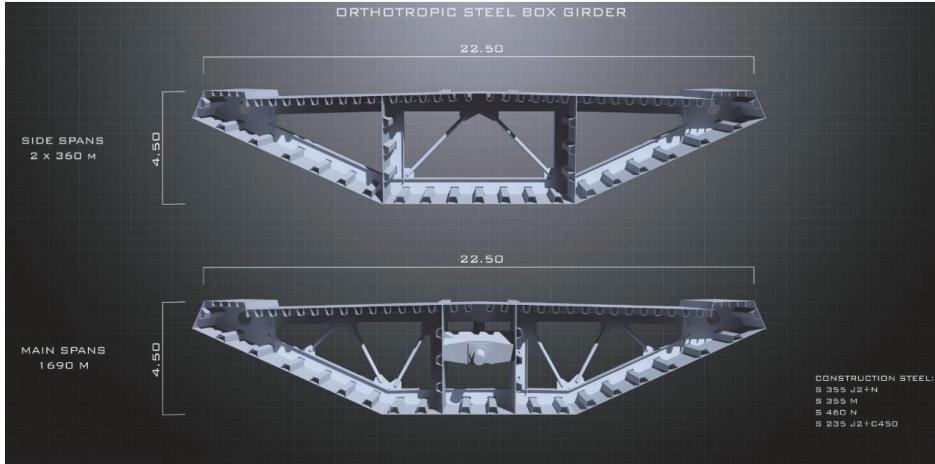


Slika 24. “Extradosed most” – pogled, uzdužni presjek i tlocrt



©Ponting Consulting Engineers ©Pipenbauer Consulting Engineers

Slika 25. "Extradosed most" – poprečni presjek – prometne plohe

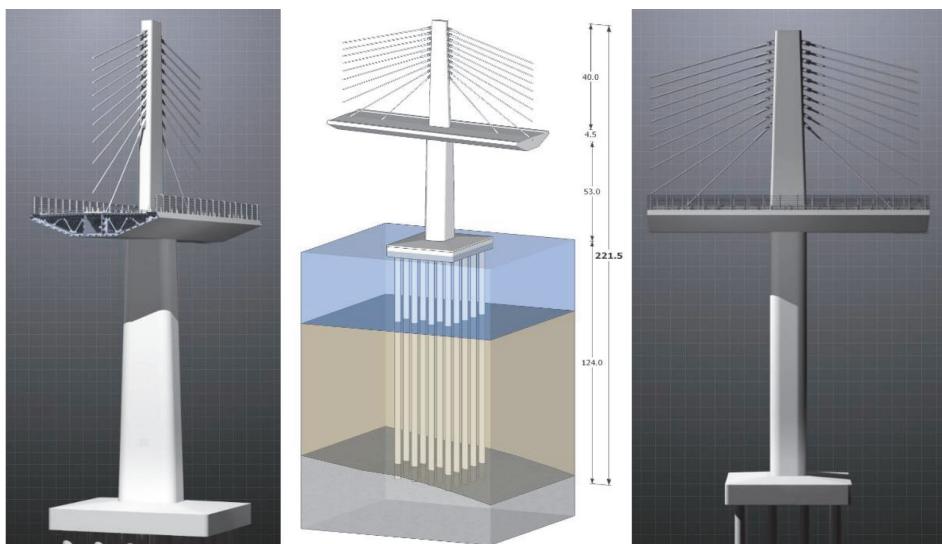


Slika 26. "Extradosed most" – poprečni presjek pristupnih raspona (gore) i "extradosed" raspona (dolje)

Stupovi pilona S5 – S10 su elastično upeti u masivnu naglavnicu pilota na donjoj strani i u rasponsku konstrukciju i pilon na vrhu (slika 27.). Visine stupova iznose od 37,9 m do 53,4 m. Stupovi su sandučastog poprečnog presjeka i konstantnih vanjskih izmjera u poprečnom smjeru, a u uzdužnom se smjeru šire od vrha prema dnu stupa. U uzdužnom smjeru mosta stupovi su konstane šitine od 7,0 m, dok u poprečnom smjeru mosta širina na vrhu stupova iznosi 8,10 m, a na dnu 11,00 m.

Stijenke su u poprečnom smjeru mosta debljine 0,80 m, a u uzdužnom smjeru su 0,70 m. Zbog zaštite od udara broda, debljina stijenki stupova S7 i S8 povećana je u donjem dijelu, u visini od 11,35 m, na 1,20 m i to u uzdužnom i u poprečnom smjeru.

Armiranobetoniski piloni S5 - S10 su elastično upeti u betonski dio rasponske konstrukcije. Centralno postavljeni vertikalni piloni su betonski, visine 40 m i punog presjeka. Izmjere pilona na vrhu iznose 2,20 x 5,0 m, na nivou rasponske konstrukcije 2,20 x 7,0 m.

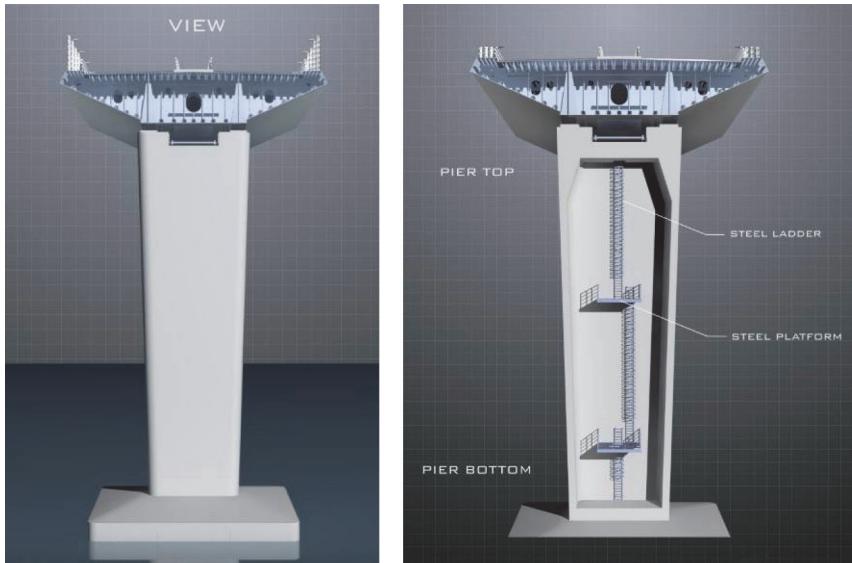


Slika 27. "Extradosed most" – stupovi i piloni S5 – S10

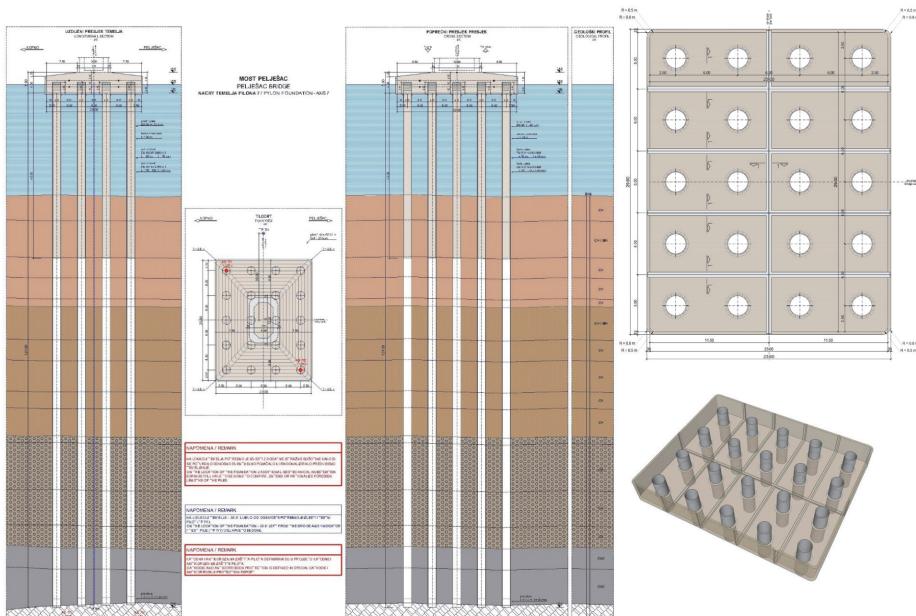
Stupovi S2 - S4 i S11 - S13, s ležajevima, nalaze se na pristupnim dijelovima mosta (slika 28.). Stup S2 nalazi se na kopnu, stup S13 na granici između kopna i mora, a svi ostali stupovi nalaze se u moru. Stupovi visine 19,4 – 32,0 m su sandučastog poprečnog presjeka, konstantnih vanjskih izmjera u uzdužnom smjeru, a u poprečnom smjeru se šire od dna prema vrhu. Stupovi su pravokutnog oblika sa zaobljenim rubovima i izmjerama od 4,25 m uzduž mosta i promjenljivom širinom 8 - 10 m poprečno na most. Debljina stijenki je konstantna i iznosi 0,60 m u uzdužnom i poprečnom smjeru.

Budući da stupna mjesta nisu na isom mjestu kao i u projektu prema kojemu je započela gradnja, kroz izradu izvedbenog projekta potrebno je napraviti dodatne istražne radove, odnosno dodatnih 17 bušotina duljine od 25 do 111 m. Upornjaci U1, U14 i stupovi S2 i S13 temeljeni su na stijeni. Stupovi S3 – S12, locirani su u moru i temeljeni su na čeličnim pilotima promjera 1800 i 2000 mm.

Piloti na stupištima S3, S4, S10, S11 i S12 produljeni su betonskom stopom u stijenu i u potpunosti su ispunjeni betonom. Stupovi pristupnih raspona temeljeni su na po 9 pilota, Piloti na preostalim stupištima ispunjeni su betonom do dubine 40 m. Ukupne duljine pilota iznose od 36 do 124 m. Piloti su na razini mora usidreni u masivnu betonsku naglavnicu. Stupovi središnjeg dijela mosta (S5 – S10) teljeljeni su na po 20 pilota (slika 29.).



Slika 28. "Extradosed most" – stupovi i piloni S5 – S10



Slika 29. Temeljenje stupa S7

Provđeno je ispitivanje mosta u zračnom tunelu, na dva modela: model odsječka mosta i model cijelog mosta uključujući i faze gradnje.

S obzirom na izmjenjene uvjete u odnosu na 2005. godinu, kada je rađena prva Studija utjecaja na okoliš, napravljena je nova, te je dobiveno Rješenje o mjerama zaštite okoliša. Idejni projekt, koji je napravljen za odabranu inačicu, sastavni je dio lokacijske dozvole koja je ishođena u veljači 2015. Građevinska dozvola ishođena je u kolovozu 2017.

Natječaj za gradnju raspisan je u lipnju 2016. i trenutačno je u tijeku pregledavanje ponuda dostavljenih u drugom krugu, te se očekuje početak gradnje mosta.

Literatura

- [1] CROSCO co., LTD, Geotechnical Investigation Final Report, Pelješac Bridge Location, Volume 1: Text, Tables, Figures and Drawings, Zagreb, 2005.
- [2] Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Most Kopno-Pelješac, Knjiga II: Inženjerskogeološke značajke područja stupnih mjesta, Zagreb, 2010.
- [3] Radić, J., Šavor, Z., Hrelja, G.: Design of Mainland - Pelješac Bridge, Proceedings of International Conference on Bridge Engineering – Challenges in 21st Century, Hong Kong, pp. 1-8, 2006.
- [4] Radić, J., Šavor, Z., Hrelja, G.: Design of Pelješac Bridge, Proceedings of Central European Congress on Concrete Engineering – Concrete Engineering in Urban Development, Opatija, pp. 51-60, 2008.
- [5] Radić, J., Šavor, Z., Hrelja, G., Mujkanović, N., Gukov, I., Vlašić, A., Mandić, A., Kindij, A.: Overview of Pelješac Bridge design, Proceedings of International Conference on Bridges, SECON, Dubrovnik, Croatia, pp. 67-84, 2006.
- [6] Šavor, Z., Radić, J.: Idejni projekt mosta Pelješac, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, 05.2005.
- [7] Šavor, Z., Radić, J.: Glavni projekt mosta Pelješac, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, 08.2007.
- [8] Hrelja, G., Radic, J., Savor, Z.: Analysis and Design of Pelješac Bridge in Croatia, Proceedings of the 33rd IABSE Symposium on Sustainable Infrastructure, Bangkok, Thailand, pp. 112-113, 2009.
- [9] Šavor, Z., Radić, J.: Glavni projekt mosta Pelješac - izmjena 01, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, 02.2009.
- [10] Radić, J., Šavor, Z., Hrelja, G., Mujkanović, N.: Most Pelješac, Građevinar, 61 (2009) 9, pp. 801-814
- [11] Šavor, Z., Radić, J.: Idejni projekt mosta Pelješac – gredni most, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, Ponting d.o.o., Pipenbacher Inženirji d.o.o., Zagreb, Maribor, Slovenska Bistrica, 2013.
- [12] Radić, J., Šavor, Z., Pipenbacher, M., Hrelja Kovačević, G.: New alternative solutions for Pelješac bridge in Croatia, IABSE Symposium Engineering for Progress, Nature and People, Madrid, Spain, pp. 518-519, 2014.
- [13] Pipenbacher, M., Radić, J.: Idejni projekt mosta Pelješac – “extradosed” most, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, Ponting d.o.o., Pipenbacher Inženirji d.o.o., Zagreb, Maribor, Slovenska Bistrica, 2013.
- [14] Pipenbacher, M., Radić, J.: Glavni projekt mosta Pelješac, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, Ponting d.o.o., Pipenbacher Inženirji d.o.o., Zagreb, Maribor, Slovenska Bistrica, 2015.



Djelatost ispitivanja i prethodnih istraživanja

Autor:

mr. sc. Mihaela Zamolo

Djelatost ispitivanja i prethodnih istraživanja

Mihaela Zamolo

Sažetak

Ispitivanja i prethodna istraživanja, možda različitog naziva, sastavni su dio graditeljstva od samih početaka u povijesti gradnje. Pitanje je zašto je to tek sada izazvalo toliki interes kod sudionika u gradnji. Odgovor je poznat i nalazi se u činjenici da su ove djelatnosti prvi put zakonom definirane donošenjem Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15). Brojne rasprave, nažalost, nakon donošenja i stupanja na snagu Zakona, a ne u fazi donošenja, pokazuju interes, ali i nejednaki pristup i razumijevanje sadržaja i nejednako provođenje navedenih djelatnosti. Zato su razmatranja na tu temu potrebna i mogu pridonijeti povećanju znanja i razumijevanja kod svih sudionika u gradnji.

Ključne riječi: ispitivanja, prethodna istraživanja, akreditacija, laboratorij

Testing and preliminary investigation activities

Abstract

Testing activities and preliminary investigations, although maybe known under a different name, have been an integral part of building process since the very onset of the history of construction. The question is why this issue has only now aroused such a great interest with construction participants. The answer is known and lies in the fact that these activities were for the first time legally defined by the Law on Tasks and Activities in Space Planning and Construction (Official Gazette 78/15). Numerous discussions that were unfortunately conducted after the passing and entry into force of this Law, rather than in the phase of its drafting, have shown an interest in this issue, but also diverse approaches and understanding of its content, and various ideas about its implementation. This is why dialog on this topic is necessary and may contribute to better knowledge and understanding of the issue by all participants in construction.

Key words: testing, preliminary research, accreditation, laboratory

1 Uvod, pojmovi i definicije

Ispitivanja i prethodna istraživanja, možda različitog naziva, sastavni su dio graditeljstva od samih početaka u povijesti gradnje. Pitanje je zašto je to tek sada izazvalo toliki interes kod sudionika u gradnji. Odgovor je poznat i nalazi se u činjenici da su ove djelatnosti prvi put zakonom definirane donošenjem Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15) (dalje: Zakon). Brojne rasprave, nažalost, nakon donošenja i stupanja na snagu Zakona, a ne u fazi donošenja, pokazuju interes, ali i nejednaki pristup i razumijevanje sadržaja i nejednako provođenje navedenih djelatnosti. Zato su razmatranja na tu temu potrebna i mogu pridonijeti povećanju znanja i razumijevanja kod svih sudionika u gradnji. Donošenjem Zakona uređeno je u cijelini područje ispitivanja i prethodnih istraživanja i možemo odgovoriti na sva pitanja 5W i 1H (Who?, What?, When?, Where?, Why?, How?), o čemu će se raspraviti u ovom tekstu. Dobili smo odgovor na pitanje TKO smije provoditi ispitivanja i prethodna istraživanja, što do sada nije bilo zakonski određeno iako se prve odredbe nalaze već u Zakonu o prostornom uređenju i gradnji iz 2007. godine.

Da bi se mogao što bolje shvatiti sadržaj Zakona, potrebno je definirati tri pojma koji bitno utječu na njegovo razumijevanje. To su: ispitivanja, prethodna istraživanja i akreditacija. Niti jedan od tih pojmova nije definiran u zakonima i propisima za gradnju, već se samo djelomično opisuje.

Ispitivanje je definirano u međunarodnim normama - rječnicima:

HRN EN 9000:2015 Sustavi upravljanja kvalitetom – temeljna načela i terminološki rječnik
Ispitivanje (3.11.8) određivanje (3.11.1) u odnosu na zahtjeve (3.6.4) za određenu predviđenu namjenu ili primjenu Napomena 1 uz naziv: rezultat ispitivanja koji pokazuju sukladnost (3.6.11) može se upotrijebiti u svrhu validacije (3.8.13).

Zahtjev (3.6.4): potreba ili očekivanje koji su utvrđeni, općenito se podrazumijevaju ili su obvezni

Određivanje (3.11.1): aktivnost pronalaženja jedne ili više značajki (3.10.1) i njihovih karakterističnih vrijednosti

HRN EN/ISO/IEC 17000:2004 Ocjenjivanje sukladnosti, rječnik i opća načela

Ispitivanje (4.2) određivanje jedne ili više značajki predmeta ocjenjivanja sukladnosti u skladu s postupkom (3.2) Napomena: ispitivanje se u tipičnome slučaju primjenjuje na materijale, proizvode ili procese.

Postupak (3.2) utvrđeni način obavljanja radnje ili procesa.

Prethodna istraživanja niti istraživanja nisu definirana u navedenim normama. Definicija koja je skinuta sa Wikipedia <https://hr.wikipedia.org/wiki/Istra%C5%BEivanje>

Istraživanje se opisuje kao aktivan, ustrajan i sustavan proces proučavanja s ciljem otkrivanja, tumačenja i pojašnjavanja činjenica.

Oblikovanje istraživanja uključuje: točno određivanje onoga što se želi znati; određivanje od koga se želi prikupiti podatke; izbor načina prikupljanja podataka i odabir načina obrade rezultata.

Akreditacija je definirana u Uredbi (EZ) br. 765/2008 za akreditaciju i nadzor tržišta, a značenje akreditacije dano je na mrežnoj stranici EA.

Uredba (EZ) br. 765/2008 Europskog parlamenta i Vijeća od 9. srpnja 2008. o utvrđivanju zahtjeva za akreditaciju i za nadzor tržišta u odnosu na stavljanje proizvoda na tržište i o stavljanju izvan snage Uredbe (EEZ) br. 339/93:

Akreditacija: znači potvrđivanje od strane nacionalnoga akreditacijskog tijela da tijelo za ocjenjivanje sukladnosti zadovoljava zahtjeve utvrđene usklađenim normama i, kad je to primjenjivo, neke druge dodatne zahtjeve, uključujući one utvrđene u odgovarajućim sektorskim programima, za provedbu posebnih radnji za ocjenjivanje sukladnosti.

Prema European Accreditation <http://www.european-accreditation.org/what-is-accreditation>:

Akreditacija je procjena treće strane i pokazivanje kompetencija. To je procjena neovisnosti, objektivnosti i sposobnosti subjekta za obavljanje određenih aktivnosti.

Akreditacija znači povećano povjerenje i prihvaćanje tražene razine kvalitete pruženih usluga. Akreditacija je aktivnost javne vlasti. To je zadnja razina kontrole javne vlasti.

Države članice EU organizirat će jedno nacionalno akreditacijsko tijelo (National Accreditation Body, NAB) (opaska: u Republici Hrvatskoj to je HAA) i osigurati zaštitu objektivnosti i nepristranosti svojih aktivnosti. NAB bi trebali djelovati neovisno o komercijalnim aktivnostima za ocjenjivanje sukladnosti. Države članice osiguravaju da u obavljanju svojih zadaća, NAB ima javne ovlasti, bez obzira na pravni status.

KOMENTAR: u definiciji ispitivanja u HRN EN/ISO/IEC 17000 i definiciji akreditacije u Uredbi (EZ) br. 765/2008 navodi se "ocjenjivanje sukladnosti", međutim to može biti bilo koje ocjenjivanje sukladnosti s određenim zahtjevima ili normama.

2 Odredbe zakona

U VI dijelu Zakona navodi se koje poslove obuhvaća djelatnost ispitivanja i djelatnost prethodnih istraživanja i kto može provoditi te djelatnosti, odnosno koje sposobnosti (stupanj sposobljenost), ili znanja, vještine i kompetencije su potrebne za obavljanje pojedine djelatnosti.

Odredbe Zakona su jasne, možda bi se neke formulacije mogle bolje opisati, i to bi trebalo biti provedeno u reviziji, odnosno izmjenama i dopuna Zakona koje se predviđaju u prvom tromjesečju sljedeće godine. Treba se nadati da će tada zainteresirani za te djelatnosti sudjelovati u e-savjetovanju.

Dosadašnje diskusije, nakon stupanja na snagu Zakona, pokazuju da je potrebno "unijeti više svjetla" u sam sadržaj ovog dijela Zakona i dati određena objašnjenja.

Prvo, ispitivanje ne znači isto što i prethodno istraživanje, iako su ispitivanja često sastavni dio prethodnih istraživanja. Razlike postoje, a proizlaze i iz definicije tih dvaju pojmova koji su objašnjeni u poglavlju 2.

Drugo, razlike postoje i u razumijevanju sadržaja na što se pojedine odredbe odnose (kontrolna ispitivanja ili ispitivanja).

Treće, važno je razumjeti razliku između sposobljenosti (laboratorija) za ispitivanja i zahtjeva za stručne osobe koje moraju imati znanja, vještine, kompetencije i iskustva u obavljanju poslova prethodnih istraživanja.

Ovdje se daju načela za pojedinu djelatnost i komentari za načela koja su sada u Zakonu. Ujedno se daju određena objašnjenja za bolje razumijevanje spomenutih navoda.

2.1 Djelatnost ispitivanja

Načelo 1: Ispitivanja se provode u svim fazama gradnje, prije i tijekom projektiranja i tijekom građenja nove ili rekonstruirane građevine ili održavanja, mogu biti prethodna, kontrolna ili naknadna.

Napomena: Kontrolna ispitivanja može provoditi druga ili treća strana, tj. izvođač ili neovisno (ovlašteno) tijelo.

U Zakonu je uglavnom implementirano ovo načelo, iako se navode samo "kontrolna" ispitivanja, što je ustvari podgrupa ispitivanja.

Načelo 2: Ispitivanja obuhvaćaju materijale, građevne proizvode, druge proizvode, opremu, dijelove i cijelu građevinu.

Napomena: Materijali su tlo, stijena i materijali izvađeni iz postojeće građevine. Drugi proizvodi su npr željeznički pragovi. Građevni i drugi proizvodi ispituju se na gradilištu nakon preuzimanja, prije ugradnje, ne u tvornici jer za to postoji poseban propis (Zakon o građevnim proizvodima, NN 76/13, 30/14). Oprema je u smislu posebnog zakona (Zakon o gradnji (NN 53, 20/17)(članak 3. stavak 1. točka 13.).

U Zakonu je djelomično provedeno ovo načelo. U Zakonu ispitivanja se odnose na ispitivanja iz Zakona o gradnji (NN 53/13, 20/17), (članak 18.), koja ne obuhvaćaju ispitivanja materijala, građevnih proizvoda i drugih proizvoda i opreme koja su uređena drugim zakonima za fazu proizvodnje (sva, osim materijala). Međutim, ovaj Zakon i posebno Zakon o gradnji treba definirati ispitivanja za ostale faze njihove uporabljivosti (Life cycle, LC); preuzimanje i rukovanja njima na gradilištu, ugradnje, u konstrukciji, u održavanju i pri uklanjanju.

Načelo 3: Ispitivanje se provodi radi provjere odnosno dokazivanja temeljnih zahtjeva i/ ili drugih zahtjeva za građevinu na temelju posebnih propisa, projekta ili u slučaju sumnje.
Napomena: Posebni propis je npr. Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17).

U Zakonu je ovo načelo u cijelosti implementirano, iako je formulacija "glavnim projektom ili izvješćem o obavljanju kontroli projekta" nepotrebna; nalazi se u Zakona o gradnji (NN 53/13, 20/17) (članak 18). Pojam projekt pokriva sve.

Načelo 4: Djelatnost ispitivanja može obavljati pravna osoba ili fizička osoba obrtnik koja ima potvrdu o akreditaciji i koja je sposobljena prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025 za područje ispitivanja ili prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17020 za područje inspekcije, gdje je to primjerenno.

Napomena: Inspekcija je primjerena za neka ispitivanja u području elekrotehničkih ispitivanja, ali se može primjeniti i za građevinska ispitivanja, npr. probna opterećenja i sl. Unutar akreditacije za područje inspekcije navode se određene norme metoda ispitivanja prema kojima se provode ispitivanja u inspekcijsi.

U Zakonu je ovo načelo glavnim dijelom implementirano, navedena je samo norma HRN EN ISO/IEC 17025 U Zakonu je zahtjev proširen na registraciju za djelatnost tehničkog ispitivanja i analize, što je prihvatljivo. U Zakonu se navodi da potvrdu izdaje nacionalno akreditacijsko tijelo, što je nepotrebna odredba jer proizlazi iz Uredbe (EZ) br.765/2008. Uredba navodi, između ostalog, da akreditaciju za pravnu ili fizičku osobu provodi nacionalno tijelo države u kojoj pravna ili fizička osoba ima poslovni nastan.

Predlaže se da članak 40. glasi:

1. Djelatnost ispitivanja obuhvaća ispitivanja materijala, građevnih proizvoda, drugih proizvoda, opreme, dijelova i cijele građevine
2. Ispitivanja se provode radi provjere odnosno dokazivanja temeljnih zahtjeva i/ili drugih zahtjeva za građevinu na temelju posebnih propisa, projekta ili u slučaju sumnje.
3. Ispitivanja se provode prije i tijekom projektiranja, tijekom građenja nove i rekonstruirane građevine ili održavanja.
4. Ispitivanja građevnih proizvoda koja se provode u postupcima ocjenjivanja i provjere stalanosti svojstava građevnih proizvoda uređena su posebnim propisom.

Predlaže se da dio članka 42. glasi:

1. Djelatnost ispitivanja može obavljati pravna osoba ili fizička osoba obrtnik koja: je registrirana za djelatnost tehničkog ispitivanja i analize ima potvrdu o akreditaciji za područje ispitivanja ili inspekcije

Predlaže se da članak 44. glasi:

1. Pravna osoba ili fizička osoba obrtnik sposobljenost za poslove ispitivanja dokazuje potvrdom o akreditaciji prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 ili HRN EN/ISO IEC 17020 za određenu metodu ispitivanja, a time dokazuje i sposobljenost za metodu ekvivalentnu toj metodi ispitivanja za isto ili slično svojstvo, koju zahtjeva plan i program ispitivanja ili je određena u projektu građevine.

2.2 Djelatnost prethodnih istraživanja

Načelo 1: Prethodna istraživanja provode se u cijelokupnom ciklusu građevine (Life cycle, LC), tj. u svim fazama gradnje; prije i tijekom projektiranja, tijekom građenja nove ili rekonstrukcije građevine ili održavanja.

Napomena: Primjereno bi bio pojam "istraživanja", ali u Zakonu o gradnji (NN 53/13, 20/17) (članak 18. i 202.) navodi se ovaj pojam.

U Zakonu je ovo načelo u cijelosti implementirano. "Prethodna istraživanja važna su za projektiranje, građenje i uporabu određene građevine" treba izostaviti jer je to rečeno u Zakonu o gradnji (NN 53/13, 20/17) (članak 18.), a i zaključak je navedenog načela.

Načelo 2: Prethodna istraživanja obuhvaćaju utvrđivanje uvjeta za građenje, utvrđivanja stanja građevine ili dijelova građevine ili opreme u odnosu na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu i/ili drugih zahtjeva.

U Zakonu je ovo načelo u cijelosti implementirano, čak i više, navode se primjeri utvrđivanja uvjeta za građenje. Upitno je treba li ih navoditi, jer nisu navedeni svi pa se stvaraju pogrešni zaključci. Ako se navode, treba prije navođenja staviti riječ na primjer.

Načelo 3: Prethodna istraživanja uključuju izradu programa i provedbu prethodnih istraživanja, što obuhvaća ocjenu rezultata ispitivanja i drugih kontrolnih postupaka, utvrđivanje uvjeta građenja ili postojećeg stanja građevine i utvrđivanje ispunjavanja zahtjeva posebnih propisa i/ili projekta i dokazivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu.

Napomena: Program istraživanja uključuje i program ispitivanja i kontrolnih postupaka, ako se provode.

U Zakonu je ovo načelo uglavnom implementirano. Bitno što nedostaje jest program.

Načelo 4: Djelatnost prethodnih istraživanja može obavljati pravna osoba ili fizička osoba obrtnik koja je osigurala stručnu osobu za obavljanje tih poslova. Stručna osoba mora zadovoljiti kriterije znanja, vještina, kompetencije i iskustva.

Napomena: Kriteriji se mogu ispuniti na način da je osoba ovlašteni inženjer ili ima određeno formalno obrazovanje (300 ECTS bodova) i ima stručno iskustvo u obavljanju poslova prethodnih istraživanja.

U Zakonu je ovo načelo u cijelosti implementirano. Dobro je prepoznato da se mora "osigurati" osoba, a to znači da ne treba biti zaposlena, što je u duhu novih zakonskih odredaba (Zakon o radu, NN 137/2004.). U Zakonu se navodi da osoba za koju postoji mogućnost polaganja stručnog ispita u skladu sa Zakonom, mora položiti stručni ispit. Tu odredbu treba izostaviti jer stvara diskriminirajuće efekte, neravnopravan položaj.

Predlaže se da članak 41. glasi:

1. Djelatnost prethodnih istraživanja obuhvaća utvrđivanje uvjeta za građenje, stanja građevine ili dijelova građevine ili opreme u odnosu na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu i/ili drugih zahtjeva.
2. Prethodna istraživanja provode se u cijelokupnom životnom ciklusu građevine (Life cycle, LC), tj. u svim fazama gradnje; prije i tijekom projektiranja, tijekom građenja nove ili rekonstrukcije građevine ili održavanja.
3. Prethodna istraživanja uključuju izradu programa i provedbu prethodnih istraživanja, što obuhvaća ocjenu rezultata ispitivanja i drugih kontrolnih postupaka, utvrđivanje uvjeta građenja ili postojećeg stanja građevine i utvrđivanje ispunjavanja zahtjeva posebnih propisa i/ili projekta i dokazivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu.

Predlaže se da dio članka 42. glasi:

2. Djelatnost prethodnih istraživanja može obavljati pravna osoba ili fizička osoba obrtnik koja:
 - je registrirana za djelatnost tehničkog ispitivanja i analize
 - osigura stručnu osobu za obavljanje prethodnih istraživanja.

Predlaže se da članak 43. glasi:

1. Pravna osoba ili fizička osoba obrtnik koja obavlja djelatnost prethodnih istraživanja dužna je osigurati i imenovati za pojedini posao osobu koja ispunjava zahtjeve članka 44. ovog Zakona
2. Pravna osoba ili fizička osoba obrtnik iz stavka 1. ovoga članka dužna je osigurati nepristranost za obavljanje poslova prethodnih istraživanja, a imenovanoj osobi neovisnost.

Predlaže se da članak 45. glasi:

1. Stručna osoba za poslove prethodnih istraživanja u smislu ovoga Zakona može biti:
 - ovlašteni inženjer koji ima određene kompetencije, znanja i vještine iz područja prethodnih istraživanja i ima najmanje tri godine stručnog iskustva u tom području ili
 - osoba koja je završila preddiplomski i diplomski sveučilišni studij ili integrirani pred-diplomski i diplomski sveučilišni studij i stekla najmanje 300 ECTS bodova, odnosno koja je na drugi način propisan posebnim propisom stekla odgovarajući stupanj obrazovanja i ima potrebne kompetencije, znanja i vještine iz područja prethodnih istraživanja i ima najmanje pet godina stručnog iskustva u tom području.
2. Primjerena struka za obavljanje poslova prethodnih istraživanja je svaka struka čiji su ishodi učenja takvi da su primjenjivi za provedbu prethodnih istraživanja u skladu s ovim Zakonom.

3 Odredbe drugih zakona i propisa (posebnih propisa)

Pojam ispitivanja i istraživanja građevina javlja se u zakonima i propisima kroz različite odredbe, ali nikad kao definicija.

Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, 50/12 i 55/12); u članku 20. "Ispitivanje i istraživanje građevine" određuje da ovlaštenje za obavljanje poslova daje i oduzima ministar (stavak 2), a uvjete za obavljanje tih poslova odredit će se u pravilniku (stavak 4) (opaska: nikada nije donesen).

Zakon o gradnji (NN 53/13, 20/17) u četvrnaest članaka daje odredbe vezane za ispitivanja (19 navoda), u dva članka navodi prethodna istraživanja, u jednom navodi kontrolna ispitivanja a u jednom kontrolne pregledе. U Zakonu se ne daje definicija ispitivanja i prethodnih istraživanja. Ispitivanje se povezuje uz dijelove građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja temeljnih zahtjeva za građevinu i/ili drugih zahtjeva, odnosno uvjeta kako je predviđeno glavnim projektom i kontrolom projekta. Prethodna istraživanja, navodi se, važna su za projektiranje, građenje i uporabu (članak 18., stavak 1).

Posebno treba izdvojiti odredbu da je investitor poslove ispitivanja, dokazivanja, odnosno istraživanja dužan povjeriti osobama ovlaštenim za obavljanje takvih poslova na temelju posebnog zakona(članak 18., stavak 2.)(opaska: Zakon o poslovima i djelatnostima). Zakon propisuje dužnosti sudionika u gradnji u odnosu na ispitivanja (izvođač, članak 54, stavak 1, podstavak 4 ; članak 135, stavak 1, podstavak 9), (nadzorni inženjer, članak 58, stavak 1, podstavak 4). Zakon govori o privremenoj uporabnoj dozvoli za građevinu za koju nema konačnih rezultata ispitivanja (članak 145). Zakon govori o prekršajima investitora (članak 162,), nadzornog inženjera (članak 168.). Zbog neispunjavanja zahtjeva vezanih za ispitivanje te o uporabnoj dozvoli u odnosu na ispitivanje (članak 183., 185.,187., 189. , i 191.). Posebno je važna odredba vezana za prestanak primjene propisa (članak 202., stavak 3.) koja govori da danom stupanja na snagu zakona ne prestaje vrijediti članak 20. Zakona o prostornom uređenju i gradnji koji se primjenjuje do stupanja na snagu posebnog zakona koji će urediti pitanja ispitivanja određenih dijelova građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu te prethodna istraživanja bitna za projektiranje, građenje i održavanje građevina (opaska: stupanjem na snagu Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15) ova odredba prestaje biti na snazi).

Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14.): dva puta se navode ispitivanja (jedno prethodno).

Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17): na više od 100 mesta navodi ispitivanja, a istraživanja 40 puta, od toga prethodna 14 puta.

KOMENTAR NA ODREDBE ZAKONA I PROPISA: Zakon je dao veći broj odredaba vezanih za poslove ispitivanja, manje prethodnih istraživanja, koje ne obuhvaćaju sve potrebno za djelatnosti. Posebno nedostaju definicije za ispitivanja i prethodna istraživanja. Odredba "ovlaštenje za obavljanje poslova" donošenjem Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog

uređenja i gradnje prestala je važiti. Posljedica su smanjeni uvjeti za obavljanje djelatnosti, ovlaštenja su zamijenjena akreditacijom za ispitivanja i imenovanjem stručnih osoba za prethodna istraživanja.

4 Analiza i komentari

4.1 Dzelatnost ispitivanja i uvjeti

Opravdano su u Zakonu odabrani uvjeti obveze ishođenja akreditacije za djelatnost ispitivanja. Akreditacija je donošenjem Uredbe (EU) 765/2008 dobila na važnosti i prepoznata je kao moćno sredstvo za pouzdanost i sigurnost dobivenih rezultata i prepoznavanje ospobljenosti pravnih i fizičkih osoba za obavljanje određenih aktivnosti (poslova). Primjena akreditacije, kao ni primjena europskih norma, na nivou EU nije propisana kao obvezna, što znači da je EC ostavila nacionalnim vlastima da to odrede. Za neka područja u Hrvatskoj akreditacija je uvjet u skladu s posebnim propisima, npr. za potvrđivanje sukladnosti građevnih proizvoda, potvrđivanje sukladnosti drugih proizvoda, područje ispitivanja kanalizacionih sustava, područje ispitivanja zaštite od buke. U tim područjima, ispitivanja trebaju provoditi tijela akreditirana za ispitivanje, a akreditacija je jedan od uvjeta za ovlašćivanje gdje je to propisano.

4.1.1 Akreditacija u području prethodnih, kontrolnih i naknadnih ispitivanja

Ispravno bi bilo odluke o potrebi akreditacije donositi na temelju analiza rizika koji nastaju ako rezultati ispitivanja nisu pouzdani, odnosno ako ih nisu izradila akreditirana tijela. Mogli bismo ići i korak dalje, pa to provesti za pojedine metode ispitivanja (oko 1000 metoda). Dakako da bi se takve analize morale nakon toga obraditi i tada bismo tek mogli donijeti pravilnu odluku treba li akreditacija za sve metode, za neke određene metode ili uopće ne treba. Takav pristup je jedino ispravan ali nije presudan/bitan. Kako onda odlučiti? Uzimajući iskustva drugih država, država članica EU i/ili samo svoja vlastita? Bilo bi ispravno uzeti sva iskustva. Međutim zakonske odredbe drugih država, posebno za to područje ispitivanja prije i tijekom projektiranja, tijekom građenja i održavanja teško su dostupne. Mogli bismo dakle jedino doznati to preko Kontaktnih točaka za proizvode (Product Contact Point, PCP), je li akreditacija potrebna za potvrđivanja sukladnosti građevnih proizvoda, što nam u ovom slučaju nije bitno jer smo to već odredili za Hrvatsku – POTREBNA je.

Nađeni su ipak neki primjeri o obveznoj ili neobveznoj akreditaciji.

U EK prema British Standard 5930: Code of practice for site investigations (12) za terenska ispitivanja laboratorij treba imati odgovarajući sustav upravljanja kvalitetom (SUK) i po mogućnosti akreditaciju (npr. NAMAS, National Measurement Accreditation Service). Ako to nema, treba imati stalni nadzor koji provodi geotehnički stručnjak s iskustvom u ispitivanju (npr tla ili stijena). Ispitivanja pod vodstvom nadzornika treba provoditi odgovarajuće kvalificirani tehničar s iskustvom za određeno ispitivanje.

Drugi primjer su Canal and River Trust - Requirements for site investigations (13), zahtjevi za terenska istraživanja za plovne putove. Navodi se, u skladu s industrijskom praksom, kako bi istraživanja na terenu trebala biti pod cijelovitim nadzorom stručnjaka (ICE 1993), koji bi trebao imati iskustva u istraživanjima za plovne putove. Istraživanje treba provesti prema normi BS 5930 (1999). Ispitivanje tla mora se provesti prema normi BS 1377 (1990), a treba ih provesti akreditirani laboratorij (UK Accreditation Service, UKAS).

Treći primjer iz UK je Conformity Assesment and Accreditaion Policy in UK (14) vezan za građevne proizvode (pokazujemo samo trend), UK akreditacija je prihvatljiva za usklađeno i neusklađeno područje, ostaje dragovoljna, dok se ne zahtijeva posebnim propisima.

Primjer iz BD, Savezna Republika Njemačka, Bundesanstalt für straßenwesen; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, ZTV-ING (16) opet govori o trendu, odnosi se na područje proizvoda. Za usklađeno područje zahtijeva se akreditacija koju provodi DAkkS GmbH, za neusklađeno područje i druga područja potrebno je priznavanje laboratorijskih instituta od Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) (opaska: na DIBt država je prenijela mnoge ovlasti).

Zbog važnosti rezultata ispitivanja, tijelo koje provodi ispitivanja mora biti sposobljeno, a to se ocjenjuje zadovoljenjem zahtjeva za osobe (odgovornosti i poznavanjem ispitivanja prema određenoj normi ispitivanja), zadovoljenjem okolišnih uvjeta za ispitivanja i zahtjeva za opremu (umjeravanje), poznavanjem postupaka (postupanje s nesukladnostima, međulaboratorijske usporedbe). Sposobnost se najlakše utvrđuje akreditacijom koju provode akreditacijska tijela i dokazuje potvrdom o akreditaciji, sve u skladu s normom HRN EN ISO/IEC 17025. Može li tko drugi provesti ocjenjivanje sposobljenosti? Ako se ne zahtijeva potvrda o akreditaciji, može se formirati tijelo koje će provoditi ocjenjivanje. To tijelo trebalo bi biti sastavljeno od članova HAA-a, predstavnika drugih tijela za ispitivanje (konkurenциje), predstavnika Ministarstva i specijalista za područje ocjenjivanja (različiti za pojedina područja). Što je dobitak ili gubitak takvog ocjenjivanja u odnosu na akreditaciju?. Za ispitno tijelo dobitak je mali ili ga nema jer je smanjena "pokazljivost kompetencije". Za korisnike usluga je sigurno gubitak jer je povjerenje u takva ocjenjivanja sposobljenosti znatno manja od povjerenja u potvrdu o akreditaciji. Osim toga, takva ispitna tijela sigurno neće biti konkurentna na tržištu EU.

Zašto se govori o ispitivanju i ispitnim tijelima, a ne o ispitnom laboratoriju? Jednostavno zato jer pojam "ispitni laboratorij" izaziva kod onih s nedovoljnim znanjima asocijaciju da se ispitivanja provode u odvojenim kontroliranim uvjetima opremljenog prostora koji zovemo laboratorij. To je u velikom broju slučajeva točno, ali znatni broj ispitivanja provodi se i na građevini (in situ ispitivanja), što je posebno značajno za građevine koje su u uporabi.

Konačni proizvod ispitivanja je izvještaj o ispitivanju. Osposobljenost ispitnog tijela ne može se utvrditi na temelju izvještaja o ispitivanju, niti rezultata ispitivanja. Ideja da nadzorni inženjer kontrolira rezultate ispitivanja je neprikladna, kao i da to kontrolira stručna osoba za prethodna istraživanja. Zahtjevi za nadzornog inženjera prema posebnom propisu i stručnu osobu za prethodna istraživanja ne uključuju potrebna znanja o metodama ispitivanja prema određenim normama i drugim zahtjevima prema normi HRN EN ISO/IEC 17025. Njihova je uloga jedino ta da utvrde jesu li ispitivanja provedena u skladu s programom, projektom

i propisom. Osim toga, ispitivanja se provode u cijelokupnom uporabnom vijeku građevine (LC), a ne samo tijekom građenja kada je prisutan nadzorni inženjer, u fazi projektiranja i fazi uporabe (održavanje).

Prethodna istraživanja bez pouzdanih ispitivanja (pogrešni, necjeloviti) nemaju potrebno značenje, a mogu dovesti do pogrešnih zaključaka i tehničkih rješenja što može direktno djelovati i na sigurnost građevine. S obzirom na ustrojstvo akreditacije na razini EU, akreditacija ispitnog tijela je najjednostavniji i najsigurniji način da se dokaže stalna sposobnost laboratorija zbog kompetentnosti tijela za akreditaciju koja provode akreditaciju (EA nadzire HAA) i kontinuirane vanjske kontrole (nadzora) ispitnog tijela jednom godišnje u akreditacijskom ciklusu od 5 godina, nakon što se izda potvrda o akreditaciji. Nakon toga slijedi ponovna akreditacija s istim ciklusom i sadržajem.

4.1.2 Spremnost za primjenu Zakona

U Republici Hrvatskoj postoji 200 akreditiranih laboratorija od kojih je oko 120 akreditirano u području građevinske djelatnosti s više od 500 metoda ispitivanja. Prvi laboratorijsi su akreditirani prije 18 godina, i većina od njih ima i dalje status akreditiranog laboratorija. U međuvremenu su mnogi laboratorijsi proširivali područje akreditacije. Uloženi trud za uspostavljanje laboratorija prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025 i uložena materijalna sredstva za opremu često su nemjerljiva s troškovima akreditacije i mnogostruko su veća. Vjerojatno se mogu naći i oprečni primjeri, ali oni se mogu riješiti na drugi način. Ne moraju biti svi akreditirani, niti akreditirani za sve, mogu koristiti i usluge podugovaranja poslova. Teško je utvrditi jesu li sva moguća područja ispitivanja (metode ispitivanja) u Hrvatskoj potkrivena akreditacijom ili barem osposobljenim ispitnim tijelima za zahtijevano ispitivanje. Vjerojatno nisu, ali to ne smije zaustaviti proces gradnje. To je posebno važno kod javne nabave. Postoje mogućnosti: jedna u skladu s ovim Zakonom, dvije u skladu s tehničkim mogućnostima provedbe ispitivanja da se ne dogodi prekid ili zaustavljanje gradnje. Kako postupiti?

1. mogućnost – postoji akreditirano ispitno tijelo za navedenu metodu ispitivanja → ispunjena odredba Zakona, dokaz 1: potvrda o akreditaciji koja u popisu metoda ispitivanja sadrži traženu metodu

2a. mogućnost – NE postoji akreditirano ispitno tijelo za navedenu metodu ispitivanja, ali postoji osposobljeno tijelo za metodu ispitivanja koje je inače akreditirano → moguća provedba ispitivanja

Dokaz 2: potvrda o akreditaciji koja u popisu metoda ispitivanja NE sadrži traženu metodu,
Dokaz 3: referencije ispitivanja traženom metodom (navedena građevina, naručitelj, izvještaj o ispitivanju)

2b. mogućnost – NE postoji akreditirano ispitno tijelo za navedenu metodu ispitivanja, ali postoji osposobljeno tijelo za metodu ispitivanja koje inače NIJE akreditirano → moguća provedba ispitivanja

Dokaz 3: referencije ispitivanja traženom metodom (navedena građevina, naručitelj, izvještaj o ispitivanju)

3. mogućnost – NE postoji akreditirano ispitno tijelo za navedenu metodu ispitivanja, niti NE postoji osposobljeno tijelo za metodu ispitivanja, ali postoji opremljeno tijelo (ima opremu kojom upravlja i koja je potrebna za ispitivanje prema traženoj normi) → moguća provedba ispitivanja.

Dokaz 4: samoanaliza, samoocjenjivanje; usporedna tablice sa zahtjevima za opremu i rezultate ispitivanja (izvještaj) prema traženoj normi metode ispitivanja i popis opreme kojom raspolaže ispitno tijelo, a koja je umjerena (postoje dokazi); analiza i zaključak o osposobljenosti.

4. mogućnost – NE postoji akreditirano ispitno tijelo za navedenu metodu ispitivanja, niti NE postoji osposobljeno tijelo za metodu ispitivanja, niti NE postoji opremljeno tijelo → NIJE moguća provedba ispitivanja.

Navedene mogućnosti treba definirati u Smjernicama za javnu nabavu, za sve skupine građevina, prema Zakonu o gradnji, u državnom, regionalnom ili lokalnom vlasništvu. Za privatne investitore ili vlasnike trebaju biti objavljene na mrežnoj stranici Ministarstva. To je prikidan način rješavanja mogućih situacija s unaprijed predviđenim mogućnostima, da ne dođe do obustave tijekom gradnje.

Tko ispituje:	VI. dio Zakona o djelatnosti...
Što se ispituje:	svojstva za (građevni) proizvod, materijal, građevinu, konstrukciju, opremu – propisi, norme, projekt
Kad se ispituje:	kada odredi propis, projekt i u slučaju sumnje – propisi i projekt,
Gdje se ispituje:	u laboratoriju, na građevini, na gradilištu, u proizvodnji i sl. – propisi, norme, projekt
Zašto se ispituje:	da se provjeri/dokaže da građevina ispunjava temeljne zahtjeve, da se utvrde uvjeti za projektiranje i sl. – propisi, projekt
Kako se ispituje:	propisuje norma, metoda ispitivanja ili projekt – norma ili projekt

Napomena: slični odgovori odnose se i na prethodna istraživanja

4.2 Djelatnost prethodnih istraživanja i uvjeti

Za obavljanje djelatnosti prethodnih istraživanja opravdano su u Zakonu odabrani uvjeti vezani za stručne osobe koje moraju imati odgovarajuća znanja, vještine i kompetencije te iskustva u obavljanju poslova prethodnih istraživanja.

Dokazi kojima se potvrđuje ispunjavanje uvjeta su jednoznačni, pogotovo ako se iz Zakona izostave odredbe o polaganju stručnog ispita za jednu grupu osoba, čime bi se otklonile diskriminirajuće odredbe.

5 Zaključak i prednost ovog zakona

Pitanja i odgovori u prikupljanju pojedinih informacija uvijek traže da se pitanja postave i odgovori dadu s 5W i H (**Who?, What?, When?, Where?, Why?, How? / Tko? Što? Kada? Gdje? Zašto? i Kako?**)

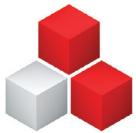
Pokušajmo ta pitanja postaviti uz ISPITIVANJA i odgovoriti u kojoj se zakonskoj odredbi ili u kojem dokumentu se nalazi odgovor.

Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15) odgovorio je na pitanje koje je dugo bilo "otvoreno" TKO ISPITUJE?, TKO SMIJE ISPITIVATI? To je korisno, dobro i sigurno će dati rezultate i unijeti red u djelatnosti, posebno u djelatnost ispitivanja. Međutim, suprotno nekim krivim tumačenjima Zakona, Zakon ne odgovara na druga pitanja, a odgovori na druga pitanja nalaze se u zakonima, propisima, normama, projektu i upisu u dnevnik (nadzorni inženjer u slučaju sumnje zahtjeva dodatna ispitivanja).

Područja koja obuhvaća pojedina djelatnost ne bi trebala biti u ovom Zakonu. Ovdje su zato jer odredbe u Zakonu o gradnji, gdje im je mjesto, nisu dovoljne. U tom smislu, kod prve revizije, izmjene i dopune Zakona o gradnji to treba provesti. Posebno treba dati definicije pojmova ispitivanja i prethodnih istraživanja.

Literatura

- [1] Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15) – VI dio Djelatnost ispitivanja i prethodnih istraživanja
- [2] Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07,38/09,55/11, 90/11, 50/12, 55/12) – čl. 20. (ne vrijedi)
- [3] Zakon o gradnji (NN 53/13, 20/17) – članci vezani uz ispitivanje i prethodno istraživanje
- [4] Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14): dva puta se navode ispitivanja (jednom prethodno)
- [5] Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17): na više od 100 mjeseta navode se ispitivanja, a istraživanja 40 puta, od toga prethodna 14 puta.
- [6] Uredba (EZ) br. 765/2008 Europskog parlamenta i Vijeća od 9. srpnja 2008. o utvrđivanju zahtjeva za akreditaciju i za nadzor tržišta u odnosu na stavljanje proizvoda na tržište i o stavljanju izvan snage Uredbe (EEZ) br. 339/93.
- [7] HRN EN 9000:2015 Sustavi upravljanja kvalitetom – temeljna načela I terminološki rječnik
- [8] HRN EN/ISO/IEC 17000:2004 Ocjenjivanje sukladnosti, rječnik i opća načela
- [9] European Accreditation <http://www.european-accreditation.org/what-is-accreditation>
- [10] HAA - <http://www.akreditacija.hr/>
- [11] Mišljenje HKIG, KLASA: 100-01/17-07/98, URBROJ: 500-11-17-2 od 19. rujna 2017.
- [12] British Standard 5930: Code of practice for site investigations (BS 5930 Code of practice for site investigations - excerpt - Quality Management.docx)
- [13] Canal and River Trust - Requirements for site investigations.docx
- [14] Conformity Assesment And Accreditaion Policy in UK (conformity-assessment-accreditation-uk-policy.pdf)
- [15] Department for Business Energy & Industrial Strategy; Conformity Assesment and Accreditation Policy in the United Kingdom (shw.pdf)
- [16] Bundesanstalt für straßenwesen; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, ZTV-ING (ztv-ing.pdf)



Standardizirani ugovori o građenju za javne naručitelje

Autor:
Mićo Ljubenko

Odvjetničko društvo: LJUBENKO & PARTNERI
Branimirova 29, 10000 Zagreb

Standardizirani ugovori o građenju za javne naručitelje

Mićo Ljubenko

Sažetak

U radu se iznose osnovne ideje o potrebi standardiziranja ugovora o građenju za javne naručitelje. Razlog toj potrebi je u nastojanju da svi sudionici gradnje na ujednačen način ugovaraju, a onda i primjenjuju bitne elemente ugovora o građenju, s obzirom na pravila javne nabave koja ne omogućuju kasnije pregovaranje o uvjetima ugovora. Naime, ugovor o građenju u pravilu mora javni naručitelj unaprijed sastaviti i ponuditi. Dakle, nije moguće uskladiti s izvođačem ugovorne klauzule prigodom ugovaranja, kao što je to logično kod ugovora o građenju koji nije uvjetovan pravilima javne nabave. Korisno je naglasiti da se u javnoj nabavi ne primjenjuju pravila Posebnih uzanci o građenju, ako nisu ugovorena. To daje osobito ambicioznu zadaću javnom naručitelju koji priprema ugovor u smjeru da svojim odredbama ugovora zamijeni vrlo velik broj klauzula poznatih iz uzanci.

Ključne riječi: ugovor o građenju, posebne uzance o građenju, opći uvjeti ugovora, FIDIC, javni naručitelj

Standardised construction contracts for public sector clients

Abstract

Basic ideas on the need to standardise construction contracts for public clients are presented in the paper. This need arises from the efforts to enable all participants in construction process to negotiate and apply essential elements of construction contracts in a uniform way, taking into account public procurement rules that do not allow subsequent negotiation of contract terms. In fact, a construction contract must be prepared and offered in advance by the public sector client. Thus, contract clauses may not be harmonised with contractor during negotiations, although this is quite logical in case of construction contracts that are not subject to public procurement rules. It should be noted that particular conditions of construction contracts are not applied in public procurement procedures, unless they have been agreed upon. This provides public sector clients with a particularly challenging task to replace, with their own contract clauses, a considerable number of clauses contained in the mentioned conditions.

Key words: construction contract, particular conditions of contract for construction works, general conditions of contract, FIDIC, public sector client

1 Uvod

Zakon o obveznim odnosima (dalje: ZOO) dopušta uskladiti ili bolje rečeno razraditi sve ono što je okvirno predviđeno ZOO-om, a osobito sve ono što uopće nije predviđeno ZOO-om. Stalna je pravna dilema koje norme ZOO-a su prisilne, a koje dispozitivne, te je jedan od kriterija za rješenje zaključivanje s obzirom na "može/mora" iz zakonske odredbe, iako često puta ne piše niti jedno od toga. Ipak ZOO se u cijelini shvaća kao dispozitivan.

ZOO u odredbama od članka 620. pa do članka 636. uređuje prava i obveze stranaka, a čak i krajnjih korisnika na temelju ugovora o građenju.

Osim Zakona o obveznim odnosima i Posebnih uzanci o građenju, postoje i brojni drugi propisi koji također reguliraju materiju ugovora o građenju, počevši od Zakon o gradnji, ali njihov utjecaj je manji, jer su to prisilni propisi koji se odnose na upravni aspekt gradnje i nadalje građenje.

Primjena običaja, a time i uzanci u ugovornim odnosima regulirana je ZOO-om, i to člankom 12. koji predviđa da se u obveznim odnosima među trgovcima primjenjuju oni običaji čiju su primjenu stranke ugovorile.

Budući da su odnosi kod ugovora o građenju prije duljeg vremena prepoznati kao važni u tom smislu, nije neobično da su uzance o građenju čak i kodificirane kroz službeni glasnik Sl. SFRJ 018-1977, a koje je tada donijela skupština Privredne komore Jugoslavije i još uvijek su na snazi.

Ugovor sam po sebi nije nužno uvijek zaštita i sigurnost, kako bi se to površnim shvaćanjem lako zaključilo. Ugovor u pravilu neće biti prvi i temeljni razlog spora, već su to ipak konkretnе činjenice i sukobljeni interesi. Ali, ugovor može biti ipak generator spora. To znači, da će vrlo složen, a proturječan ugovor uvlačiti stranke još dublje u problem, a loš ugovor će biti alibi za pokriće partikularnih interesa samih stranaka.

Također i vrlo šturi tzv. *pro forma* ugovor može biti kontraproduktivan jer smanjuje važnost onoga što su stranke stvarno htjele, a nisu napisale. Kvalitetan ugovor je onaj koji dobro štiti obje strane od spora, a tu je bitna mjera, poznавanje materije i iskrena volja pri ugovaranju. Ugovor o građenju svakako trebaju pripremati primarno osobe koje imaju komercijalne i tehničke informacije. To znači, dobro ocijeniti što se može izvesti, po kojoj cijeni se može izvesti, u kojem roku se može izvesti, jesu li svi usklađeni, od projekta do propisa i na kraju do cilja koji želi investitor. Svemu navedenom je potrebno u ugovoru dati smisao i provedivost.

Da bi ugovor bio smislen i provediv, nužan član tima mora biti i iskusan pravnik. Iskusan pravnik je onaj koji je u toj konkretnoj materiji odredio velik broj konkretnih ugovora, a pravu potvrdu tog iskustva može imati samo ako je proces pratio do kraja jer ocjena kvalitete dolazi na kraju.

Pri sklapanju ugovora su bitna iskustva koja netko ima nakon sklapanja ugovora – loše odredbe i što nije bilo uređeno. O pravnoj kvaliteti ugovora govore rješenja spornih odnosa bilo izvan suda, bilo na sudu. Zato svaki ugovor treba stalno usavršavati na način da ga se "čisti" od klauzula koje se nikad ne koriste, ali da se dodaju klauzule koje praksa traži kao potrebne bez obzira što sve novo uzrokuje otpor.

Kad su u pitanju ugovori tzv. "uzmi ili ostavi", ne znači da nije moguće postići korekstan odnos, štoviše, može se zaključiti da ponuditelj takvog ugovora ispravno stoji iza svoje po-

nude i sam preuzima rizik svojih pogrešaka u takvom ugovoru kako to određuje ZOO. Druga strana ima tada možda i jasniju situaciju bez obzira na to koliko na prvi pogled izgleda to nepovoljno.

Problem može biti recimo hibridna situacija gdje se nudi stvarno uzmi ili ostavi odnos, ali se formalno poziva drugu stranu na komentare i prijedloge bez prave volje da joj se dopusti pregovaranje. Često se miješa pregovaranje o cijenama i pregovaranje o uvjetima. Ako se cijene ne mogu pregovarati, ne znači isto i za uvjete. Ugovor o građenju nije ugovor o prodaji robe i pitanje je kakve namjere ima ona strana koja ne želi usklađivati uvjete.

Jedna od tipičnih pogrešaka pri sastavljanju ugovora je utvrđivanje vrlo strogih klauzula, pa čak i s jasnim uvjetima, ali bez predviđenih posljedica u slučaju kršenja tih klauzula. Takve klauzule nisu tada neutralne nego mogu biti i štetne jer dovode u zabludu da je odnos siguran i jasan, a u slučaju potrebe dolazi do još većeg poremećaja jer se ne zna kako dalje sanirati ili riješiti problem. Najčešći primjer jest pitanje koja povreda i na koji način jest razlog za raskid ugovora, a koja nije.

Ugovor sam za sebe niti najbolji ne može riješiti potencijalne sporne odnose. Važnu ulogu u rješavanju ima pravodobno reagiranje u provedbi ugovora o građenju. Za to je naravno potreban dobar ugovor koji će dati podlogu za reakciju, jer bez reakcije i pouzdane komunikacije ugovor često gubi snagu. Tipičan primjer je dobar ugovor, mnogo postupaka i činjenica tijekom izgradnje bez prave komunikacije pozivom na ugovor i zatim spor. Spor tada nije izazvao ugovor, nego – neprimjenjivanje ugovora.

Poznato je da se značajan broj ugovora o građenju prepisuje iz ranijih predložaka, te se u njima obično samo mijenjaju rokovi, cijene, stranke i predmeti gradnje, tj. ono što je nužno, dok se same pravne klauzule često ne analiziraju prilikom ugoveranja. Naručitelji u ugovoru o građenju u pravilu nisu građevinske struke, a kao strana koja sastavlja ugovor preuzima punu odgovornost za kvalitetu tih ugovora.

Zbog navedenog, standardizirani ugovori o građenju, predloženi javnim naručiteljima od nadležnog ministarstva, držimo da bi pridonijeli kvalitetnijoj realizaciji projekata i smanjenju broja sporova iz ovog područja. Konačno, Zakon o obveznim odnosima nalaže da se ugovori tumače na teret one strane koja ih je jednostrano sastavila, dakle na teret javnog naručitelja.

2 Razlozi za standardiziranje ugovora o građenju – za javne naručitelje

Razlozi za moguće standardiziranje ugovora o građenju pojavljuju se kroz iskustva u primjeni tih ugovora u posljednjem referentnom razdoblju od npr. 25 godina. U tom periodu moguće je zamijetiti značajan broj sudskih sporova upravo iz ugovora o građenju, a što je posljedica mogućih dvaju uzroka. Prvo, značajan porast investicija u tom periodu te podjela investicija na tzv. privatne i javne. U prethodnom razdoblju sve investicije su bile javne tj. državne, i to u doslovnom značenju tog pojma. To znači da su tada i naručitelj i izvođač bili subjekti zapravo države i stoga nije bilo razloga u punom smislu kod provedbe ugovora taj odnos provoditi kao odnos dviju ugovornih strana sa svojim vlastitim, ponekad i suprotnim interesima.

Sada u periodu tržišnog natjecanja, privatne investicije kod ugovora o građenju imaju svoj slobodan gospodarski položaj. Međutim, javne investicije nužno moraju biti pod određenom regulacijom koja ograničava punu slobodu ugovaranja. Temeljna forma kroz koju se to provodi je javna nabava i njezini propisi.

U primjeru javne nabave za poslove koji se obavljaju na temelju ugovora o građenju primjetno je kako ne postoji standard koji će odrediti kako se ti poslovi moraju ili trebaju ugovoriti. Time se ujedno otvara prostor za drugačije razumijevanje pa i realizaciju uvjeta same javne nabave.

U tom smislu, standardizacija ugovora o građenju za javne naručitelje, u početnoj fazi kroz dva osnovna tipa ugovora (ključ u ruke i prema količinama), a zatim i za neke podvrste ugovora (kad projektiranje preuzima izvođač, zatim za ugovore sa zajednicom izvođača itd.), bio bi značajan korak k većoj pravnoj, a time i gospodarskoj sigurnosti u realizaciji projekata. U provedbi standardizacije tih ugovora razumno bi bilo da nadležno ministarstvo (graditeljstva) prihvati tekstove tih ugovora i onda ih objavi kao preporuku javnim naručiteljima. Forma takve preporuke javnim naručiteljima bi omogućila i slobodu ugovaranja drugačijih rješenja kada je to nužno, ali i potrebnu sigurnost kod razumijevanja što je uopće preporučeni standard za javne naručitelje i zašto se od njega možda odstupilo.

Svakako da bi to konačno trebalo biti od značajne pomoći samim javnim naručiteljima kod uređenja ugovornih klauzula, ali i izvođačima kod odluke o sudjelovanju u javnim natječajima.

Korisno je podsjetiti da ugovori o građenju s javnim naručiteljima zbog logike procedure ne mogu biti predmet usuglašavanja s izabranim izvođačem, već se prihvaćaju kako su pretvodno jednostrano sastavljeni i time se nužno prepustaju na kasnije moguće različito tumačenje u provedbi.

Moguće dvojbe u razumijevanju i potrebi standardiziranja ugovora o građenju može izazvati shvaćanje cilja i svrhe u Posebnim uzancama o građenju i općim uvjetima ugovora o građenju – koji se pogrešnim shvaćanjem mogu razumjeti kao tri jednakva alternativna rješenja.

3 Razlike između Posebnih uzanci o građenju, općih uvjeta ugovora o građenju i standardiziranog ugovora o građenju

Za pravilno shvaćanje potrebe standardizacije ugovora o građenju korisno je naglasiti razliku koju taj oblik ugovora ima prema Posebnim uzancama o građenju i općim uvjetima ugovora o građenju.

Uzance o građenju izraz su dugotrajne zajedničke prakse i kao takve su objavljene tj. kodificirane. Sada su na snazi uzance o građenju koje su objavljene 1977. godine i one će se formalno primjenjivati sve dok se ne objave nove. Kod javnih naručitelja se one primjenjuju ako su ugovorene i onda sklapa li se ugovor prema Zakonu o javnoj nabavi. Dakle, svako pitanje koje nije riješeno ugovorom bit će u tom slučaju riješeno na temelju navedenih uzanci o građenju.

S druge strane, opći uvjeti ugovora, neovisno je li riječ o FIDIC uvjetima ili je riječ o općim uvjetima koje su same ugovorne strane uredile, predstavljaju sastavni dio ugovora. Opći uvjeti ne mogu biti sami za sebe ugovor o građenju, već je potrebno urediti određene kla-

uzule ugovora o građenju koje bi nužno morale biti sukladne smislu i cilju općih uvjeta koji će se primijeniti za taj ugovor.

Prema tome, niti Posebne uzance o građenju niti opći uvjeti ugovora (FIDIC ili drugi) ne mogu zamijeniti potrebu sastavljanja samog ugovora o građenju.

Kako i posebne uzance o građenju i različiti opći uvjeti ugovora o građenju imaju tendenciju na određen, standardan način urediti odnos između naručitelja i izvođača, to je svrhovitije da se uredi i preporučeni sadržaj (tekst) ugovora o građenju koji se tada može na teoretskom univerzalnom nivou pripremiti da je doista sukladan i uzancama i mogućim općim uvjetima, ali i Zakonu o gradnji te Zakonu o obveznim odnosima.

Priprema i sadržaj ugovora o građenju za konkretnu svrhu od konkretnog javnog naručitelja i u konkretnom roku za objavu ili ponudu svakako nema jednak kvalitetne okolnosti da takav ugovor prepozna sve nedorečenosti, kolizije, neravnopravnosti i ostale rizike ugovornih klauzula koje nerijetko daju bitan poticaj za sporno tumačenje i time dovode realizaciju investicije u nepotreban financijski rizik.

3.1 Cilj i svrha Posebnih uzanci o građenju

Smisao je i važnost uzanci o građenju (sadašnjih i budućih) u tome da se u ugovoru kod primjene uzanci treba ugavarati samo ono što ugovorne strane žele riješiti drugačije nego što je to predviđeno uzancama.

Dakle, sva rješenja koja su već predviđena uzancama, a strankama su prihvatljiva, dodatno se ne ugovaraju. Uzance nisu zakon i nisu "nametnute" od države ili zakonodavca. To su pisana pravila struke koja neke struke usuglase kroz svoju dugotrajnu praksu i zatim objave radi jednakog razumijevanja. Bit je svih uzanci da se mogu konkretnim ugovorom i izmjeniti u konkretnim pitanjima, ako je to cilj ugovornih strana, pa će se i tada dalje primjenjivati one uzance koje nisu ugovorom izmijenjene.

Uzance uređuju stručni aspekt odnosa između naručitelja i izvođača, na način koji je detaljniji i proširen u odnosu na članke Zakona o obveznim odnosima koji imaju isti cilj. Zakon o gradnji u bitnom nema cilj uređenja obveznog odnosa između naručitelja i izvođača, već načelno upravni odnos investitora i propisa koji uređuju cijelovito gradnju, a ne samo građenje. Prema tome nije neobično što Zakon o gradnji ne uređuje status naručitelja, kao jedne strane ugovora o građenju, jer taj zakon podrazumijeva da investitor u gradnji nije nužno naručitelj u ugovoru o građenju.

Može se napomenuti i to da dokument o uzancama sadrži 125 članaka, što znači da je vrlo opširan, pa se može očekivati kako bi pojedinačni ugovor o građenju u cijelosti mogao zamijeniti sva konkretna određenja iz uzanci.

3.2 Cilj i svrha općih uvjeta ugovora o građenju

Opći uvjeti trebaju detaljne definicije svih bitnih pojmova, međusobno sukladne odredbe te dosljedno i pažljivo uređene bitne procedure i postupanja. Oni propisuju rokove i načine korespondencije, odnosno obvezu adresiranja svakog pitanja pisanim putem, što ih u značajnoj mjeri razlikuje od *ad hoc* pripremanih ugovora.

Opći uvjeti trebaju biti nepristrani. Rizici su raspodijeljeni između ugovornih strana na način da su uvijek dodijeljeni onoj strani koja njima može objektivno najbolje upravljati. Razlog

tomu su prethodno zabilježena tržišna iskustva koja su pokazala da nerazmjerno veliki rizici prevaljeni na stranu izvođača redovito rezultiraju:

- porastom troškova projekta (troškovi garancija i polica osiguranja)
- porastom rizika o nastanku sporova.

Primjerice FIDIC-ovi opći uvjeti uvode dodatnu instanciju za eventualno i učinkovito rješavanje sporova – Vijeće za rješavanje sporova, u izvorniku *Dispute Adjudication Board*, tj. DAB. Odluka tzv. DAB-a se u pravilu nudi dobrovoljna na prihvat strankama, a iznimno stranke mogu predvidjeti odluku DAB-a kao ovršnu, čime ona zapravo zamjenjuje budući arbitražni ili sudski postupak.

Opći uvjeti su sveobuhvatni i fleksibilni. Obuhvaćaju širok raspon potreba reguliranja ugovornog odnosa te omogućuju dodatnu prilagodbu kroz posebne uvjete.

Prepoznati su i dokazani kroz tržišnu upotrebu u cijelom svijetu i u različitim pravnim uvjetima i sustavima. Ključna prednost pritom je učinkovitost kroz cijeli postupak – od nabave do provedbe. Jednom kad svi sudionici u postupcima nabave i provedbe usvoje postavke općih uvjeta, oni se mijenjaju i dopunjaju posebnim uvjetima, koji su opsegom znatno manji. Time se svi postupci – izrada uvjeta ugovora u okviru izrade dokumentacije za nadmetanje, njihova analiza od strane ponuditelja tijekom pripreme ponude te upravljanje ugovorom tijekom provedbe – čine učinkovitim.

U slučaju da svi sudionici imaju prethodno iskustvo upotrebe FIDIC-ovih općih uvjeta ugovora, vjerojatnost pogreške u komunikaciji i tumačenju ugovora je mala, premda je postojanje arbitražnih sporova poznato i u našoj praksi.

4 Primjer Ugovora o građenju javnog naručitelja Agencije za promet nekretninama

Primjer najčešće korištenih klauzula Ugovora o građenju, koji bi mogao poslužiti kao podloga za standardizaciju ove vrste ugovora, svakako može biti onaj koji je na svojim mrežnim stranicama objavila državna agencija APN (Agencija za promet nekretninama), koja nerijetko nastupa kao javni naručitelj u gradnji i kasnije u građenju.

Taj primjer je izabran jer se radi o javnom naručitelju koji ima kontinuiranu potrebu investiranja (načelno u visokogradnji) i koji građenje mora provoditi s većim brojem različitih izvođača zbog većeg broja odvojenih investicijskih projekata.

Osim toga, taj je primjer izabran i zato što je objavljen kao uzorak za standardizaciju ugovaranja, a nije riječ o konkretnom ugovoru koji je usmјeren na konkretan projekt.

U tom smislu ugovori o građenju APN-a mogu biti predložak s dovoljnjem stupnjem standardiziranosti, jer nisu ovisni nužno o specifičnostima konkretnog objekta kao kada je riječ o iznimnim infrastrukturnim projektima (mostovi, tuneli, pročistači voda, hidrocentrale, plinovodi, spremnici goriva itd.).

Kako se u analizi ovog primjera ugovora ne bi suviše široko i suviše načelno upućivalo na pitanja kako standardizirati Ugovor o građenju, analiza je ograničena samo na četiri članka tog ugovora.

Može se naglasiti da je zapravo riječ i o najvažnijim ugovornim klauzulama Ugovora o građenju koje uređuju:

- određenje dinamike radova i rokova - čl. 5.
- primopredaju i uvjete za konačni obračun - čl. 8.
- konačni obračun i njegovu provedbu - čl. 9.
- uvjete za penale (ali ne uzroke ili temelj za penale) - čl. 10.

Ovdje je korisno naglasiti da se članci 6. i 7. tog ugovora odnose na plaćanje i osiguranje što u razumijevanju ugovora dijelom narušava vezu između članka 5. i 8. koji se logički nastavljaju.

NAČIN IZVOĐENJA RADOVA

Članak 5.

"Poslovi izvođenja gradnje iz ovog Ugovora dijele se prema dinamici izvođenja pojedinih faza građenja na više strukovno, terminski i cjenovno zaokruženih cjelina. Opseg svake pojedine, tako utvrđene faze građenja, utvrđuje se operativno terminsko-financijskim planom građenja:

OPERATIVNI TERMINSKO-FINANCIJSKI PLAN GRAĐENJA (Minimalno u tri faze)

I faza 33 % ukupne cijene, Obračunska cijena I faze: _____, __ kn, rok izvođenja ____ dana (najviše 3 mjeseca).

Opis radova I. faze - grubi radovi, izgradnja i pokrivanje građevine: pripremni radovi, izgradnja konstrukcije građevine i krovišta s pokrovom.

II faza 31 % ukupne cijene, Obračunska cijena II faze: _____, __ kn, rok izvođenja ____ dana (najviše 3 mjeseca).

Opis radova II. faze - unutarnji zidarski i instalaterski radovi: zidanje pregrada, razvod i ugradnja instalacija bez fine montaže opreme, vanjska limarija, stolarija i bravarija.

III. faza 31 % ukupne cijene, Obračunska cijena III. faze: _____, __ kn, rok izvođenja ____ dana (najviše 4 mjeseca).

Opis radova III. faze - završni zidarski, obrtnički i instalaterski radovi: izrada žbuka, izrada podloga i obloga, svi završni obrtnički radovi, fina montaža opreme (instalacijske, sanitарне), fasaderski radovi i radovi na uređenju okoliša.

Zadnja faza 5 % ukupne cijene. Obračunska cijena zadnje faze/okončane situacije _____, __ kn, rok izvođenja mjesec dana (najviše do 2 mjeseca).

Opis radova zadnje faze:

Izjava izvoditelja o završetku ugovorenih radova s uvjetima održavanja građevine.
Završno izvješće nadzornog inženjera da su radovi na izgradnji građevine iz ovog Ugovora uredno završeni te da izgrađena građevina nema nedostataka koji bi priječili redovnu uporabu građevine u skladu s projektiranim namjenom.

Primopredaja građevine naručitelju, sudjelovanje u izradi Primopredajnog zapisnika između izvoditelja i naručitelja koji ovjerava nadzorni inženjer. Ako su kod primopredaje uočeni bilo kakvi nedostaci izvođenja, ti se nedostaci moraju opisati i nabrojiti u Primopredajnom zapisniku s upisom primjerenog roka za otklanjanje tih nedostataka. Otklanjanje nedostataka iz Primopredajnog zapisnika uvjet je za pristupanje izradi konačnog obračuna izvedenih radova.

Izrada konačnog obračuna izvedenih radova po otklanjanju svih nedostataka iz Primopredajnog zapisnika i predaji naručitelju bankovnog jamstva za otklanjanje eventualnih skrivenih nedostataka u jamstvenom roku od dvije godine.

Opis radova zadnje faze izvođenja bez iznimaka naprijed navedene radove i iznosi 5% ukupne cijene iz članka 3. ovog Ugovora.“

PRIMOPREDAJA I KONAČNI OBRAČUN

Članak 8.

Primopredaju izvedenih radova izvršit će ovlašteni predstavnici obiju ugovornih strana uz predočenje ovlaštenja po ishodjenju Završnog izvješća nadzornog inženjera o izvedbi građevine prema kojem se ta građevina može početi koristiti.

Prilikom primopredaje naručitelj i nadzorni inženjer, dužni su sastaviti s izvođačem rada Primopredajni zapisnik u kojem će navesti sve prigovore na nedostatke gradnje i/ili ugrađene opreme.

Izvođač se obvezuje utvrđene nedostatke otkloniti u primjerenom, zajednički utvrđenom roku.

Primopredajnim zapisnikom, koji su stranke obvezne sastaviti tijekom primopredaje, naročito treba utvrditi:

- jesu li radovi izvedeni u skladu s dokumentacijom prema kojoj je nadležnom upravnom tijelu prijavljen početak izvođenja radova iz ovog Ugovora
- jesu li radovi izvedeni u cijelosti po Ugovoru, projektno-tehničkoj dokumentaciji i troškovniku iz ovog Ugovora, odnosno po propisima i pravilima struke
- da li je građevina završena u ugovorenom roku, a ako nije, odstupanja od ugovorenog roka treba iskazati u danima u odnosu na ugovoren rok završetka
- odgovara li kvaliteta izvedenih radova ugovorenoj kvaliteti, odnosno koje radove mora izvođač o svom trošku dovršiti, popraviti ili otkloniti nedostatke i u kojem roku to treba učiniti
- konstatirati primopredaju jamstvenih listova i atesta za izvedene radove, materijal i opremu koju je izvođač ugradio u građevinu, a za koju jamstvo daje proizvođač tih proizvoda
- konstatirati eventualna, od strane naručitelja, odnosno nadzornog inženjera odobrena odstupanja od projekta, s priloženom dokumentacijom po kojoj su izvedene izmjene
- konstatirati da je izvođač dao naručitelju Izjavu o izvedenim radovima s uputom za održavanje građevine koja je obvezni prilog Primopredajnog zapisnika
- konstatirati datum od kojeg se građevina može početi redovno koristiti u skladu s namjenom.

Članak 9.

Ugovorne strane izvršit će konačni obračun nakon uspješno provedene primopredaje građevine na korištenje naručitelju, tj. kad se otklone zapisnički utvrđeni nedostaci kod primopredaje za koje je odgovoran izvođač, i kad se naručitelju preda jamstvo izvođača za kvalitetu izvedenih radova u jamstvenom roku od dvije godine od početka korištenja građevine.

Konačnim obračunom ugovorne strane uredit će sva svoja međusobna prava i obveze proizашle iz ovog Ugovora, a naročito će utvrditi:

- ukupnu vrijednost izvedenih radova u odnosu na vrijednost ugovorenih radova
- visinu isplaćenih iznosa po privremenim situacijama do okončanog obračuna
- konačni iznos koji izvođač treba primiti ili vratiti naručitelju prema nespornom dijelu obračuna izvedenih radova
- iznos cijene koju je naručitelj zadržao na ime otklanjanja utvrđenih nedostataka kod primopredaje građevine
- podatak o tome zadržava li naručitelj pravo na ugovornu kaznu, odnosno naknadu štete, u kojem iznosu i po kojoj osnovi
- jesu li nedostaci koje je izvođač obvezan otkloniti u roku od primopredaje građevine do okončanog obračuna otklonjeni u primjerenom roku
- vrstu i iznos jamstva za kvalitetu izvedenih radova izdanog na rok od dvije godine po primopredaji građevine naručitelju.

UGOVORNA KAZNA

Članak 10.

U slučaju prekoračenja roka za dovršenje izgradnje i primopredaju građevine iz ovog Ugovora naručitelju, izvođač se obvezuje platiti naručitelju ugovornu kaznu u visini 2‰ (dva promila) od ukupne vrijednosti ugovorenih poslova za svaki kalendarski dan prekoračenja roka iz članka 4. stavka 1. ovog Ugovora.

Ukupni iznos ugovorne kazne iznosi ____% (najmanje 5%), sveukupno ugovorene vrijednosti radova iz članka 3. ovog Ugovora.“

Izvod dijela teksta iz primjera Ugovora o građenju APN – objavljeno na stranici www.apn.hr

Analiza članka 5. - Ugovor o građenju APN (primjer)

Ovaj članak primjer je vrlo značajne klauzule ugovora koja rješava veći broj bitnih elemenata ugovora o građenju. Iako naziv klauzule glasi "način izvođenja radova", jasno je da je tu riječ o dinamici izvođenja radova po pojedinim fazama, proceduri pripreme za predaju radova (po uzoru na FIDIC kroz Izjavu izvođača o završetku i Završno izvješće nadzornog inženjera), pravilima primopredaje radova, te konačno pripremi za izradu konačnog obračuna (koji inače uređuju Posebne uzance o građenju).

Radi preciznije primjene i praćenja stavki ovako složenih i opširnih klauzula, svakako bi bilo korisno provesti numeraciju po stavnima prema principu 5.1, 5.2 itd.

Primjetno je nadalje da se u zadnjem stavku opisuje način provedbe primopredaje, iako se kasnije u članku 8. (niže citirano) detaljno uređuje sama primopredaja i time se dovodi u nekim određenjima u koliziju članke 5. i 8. Ugovora.

Na primjer u članku 5., predzadnji stavak - utvrđuje se uredna primopredaja radova kao - uvjet za izradu konačnog obračuna riječima:

"Otklanjanje nedostataka iz primopredajnog zapisnika uvjet je za pristupanje izradi konačnog obračuna izvedenih radova."

Znači li to da u slučaju nesuglasnosti naručitelja i izvođača kod primopredaje glede spornih nedostataka neće niti doći do konačnog obračuna radova?

Spor o uzroku, opsegu, vrsti i kvaliteti nedostataka jedan je od tipičnih spornih odnosa iz ugovora o građenju.

Analiza članka 8. - Ugovor o građenju APN (primjer)

Ovaj članak nosi naziv primopredaja i konačni obračun i time se preklapa u svom cilju sa člankom 5., neovisno o tome i sadržajno se tim člankom dovodi u koliziju uvjet iz članka 5. – da je uredna primopredaja uvjet za konačni obračun.

U članku 8. prvi stavak – utvrđuje se “jesu li radovi izvedeni za upravnom, te projektno-tehničkom dokumentacijom”. Jednako tako u sljedećem stavku “odgovora li kvaliteta ugovornoj kvaliteti”. To bi značilo da možda i nisu ti radovi na taj način predani, što je u koliziji sa člankom 5.

Suprotno tumačenje članka 8. u pogledu primopredajnog zapisnika onemogućava izvođača da pristupi konačnom obračunu, ako ne prihvaca prigovore koje je dao nadzorni inženjer za naručitelja. Naime, ovaj koncept primopredajnog zapisnika ne predviđa mogućnost utvrđenja da određeni radovi nisu izvedeni na gore opisani način prema stavu nadzornog inženjera, a suprotno tome prema stavu izvođača.

Posebno bi bilo korisno urediti dio primopredaje koji se odnosi na uvjete za provedbu tehničkog pregleda i zadovoljenje upravnih uvjeta, a što ne bi smjelo biti predmet različitih stavova, nadzornog inženjera i izvođača, o pitanjima koja se odnose na ugovorenu kvalitetu izvedbe.

Navedena klauzula, iako je usmjerena na izvršenje ugovora u cijelosti prema tehničkoj dokumentaciji, zanemaruje mogućnost uređenja tzv. trajnog odbitka uz suglasnost naručitelja i izvođača, a što se uređuje konačnim obračunom.

Stavak članka 8. koji ovdje govori o “odobrenju nadzornog inženjera od ugovora” nema taj smisao, jer odobrenje za odstupanje može biti uzrokovano npr. korištenjem drugog jednako kvalitetnog materijala, dok je smisao suglasnosti o trajnom odbitku suglasno utvrđenje pogreške izvođača koja se neće otklanjati jer nije ekonomično, ne utječe na funkcionalnost niti na kvalitetu.

Zbog navedenog uređenja da se (svi) nedostaci utvrđeni kod primopredaje moraju otkloniti, ova klauzula može uzrokovati penale ako se prihvaca da je krajnji rok završetka podnošenje zahtjeva za penale – konačni obračun.

Ovo pitanje dobiva dodatnu težinu, ako se nadalje ugovorom uredi kako je “uredna primopredaja”, tj. primopredaja bez prigovora nadzornog inženjera u odnosu na nedostatke, znači rok do kojeg se računa je li izvođač zakasnio ili nije.

Iz ovog primjera je vidljivo da bi bilo korisno standardizirati ovu ugovornu klauzulu na način:
- da se u njoj definira posljedica odgođene primopredaje zbog otklanjanja nedostataka u smislu računanja rokova i posljedica u smislu penala i dr.

U tom smislu bilo bi potrebno odrediti je li završetak prve primopredaje kraj perioda za obračun penala ili je to završetak "posljednje" primopredaje, tj. one koju je naručitelj prihvatio bez prigovora, ili je to upis završetka radova neovisno o uspješnosti provedbe primopredaje.

Analiza članka 9. - Ugovor o građenju APN (primjer)

Ovaj članak nije imenovan svojim nazivom (što bi bilo korisno), a u njemu se ponovno definira provedba konačnog obračuna. U njemu se definiraju različita prava obiju strana, načelno po uzoru na rješenje iz Posebnih uzanci o građenju. Iz ovog primjera je vidljivo da se definira i npr. pravo naručitelja da zadrži pravo na penale, ali se ne definira što je posljedica propuštanja tog zahtjeva. Je li to gubitak prava naručitelja na penale?

Pravo na zahtijevanje penala ujedno ZOO definira kroz cilj da je izvođač "ispunio" ugovornu obvezu, te bi se moglo zaključiti da to pravo naručitelju prestaje s primopredajom radova, a ne s konačnim obračunom.

Analiza članka 10. - Ugovor o građenju APN (primjer)

Ovim člankom pod nazivom "ugovorna kazna" (penali) definira se na nedostatan način formula za izračun penala. Uočljivo je da se npr. daje donja granica ukupne vrijednosti penala (5%), ali ne i gornja, što bi bilo važnije. Kako tumačiti klauzulu gdje su penali npr. 30% ili više? Po čemu znamo koja je gornja dopuštena granica? Na primjer, javni naručitelj Zagrebački holding u svojim ugovorima ugovara 20% penala, što svakako nije malo kad se uzme u obzir koju dobit izvođač očekuje iz ugovora.

U nastavku rada daje se pregled ostalih bitnih sastavnih dijelova ugovora o građenju s ciljem razmatranja posebnih aspekata tih dijelova ugovora, ali i radi razmatranja kako ugovor u svrhu standardizacije uskladiti s propisima i drugim aktima koji mogu imati utjecaj na tu vrstu ugovornog odnosa.

5 Sastavni dijelovi ugovora

Prema odredbama ZOO-a, ugovor je sklopljen kad su se ugovorne strane suglasile o bitnim sastojcima ugovora. Koji su to bitni sastojci ugovora o građenju, ZOO prepušta strankama da svojom slobodnom voljom ugovore, dok PUG predviđa izrijekom koji su točno bitni dijelovi ugovora. Prema PUG-u, to se odnosi na tehničku dokumentaciju sa svim grafičkim, računskim i opisnim prilozima potrebnim za izvođenje radova koji su predmet ugovora te posebni i drugi uvjeti naručitelja, koji su ugovorom određeni.

Stoga, da bi se izbjegle pravne nejasnoće, jedini pouzdan pristup je u ugovoru o građenju izrijekom odrediti koji uvjeti su "bitan sastojak ugovora".

Prema tome, a vezano za rok kao bitan sastojak ugovora Vrhovni sud RH je zauzeo stajalište da nije bitan element ugovora ono što mislimo da bi trebao biti bitan element prema naravi

stvari, nego ono što su stranke naznačile kao bitan element u ugovoru, pa je stoga moguće da rok ne bude bitan element ako stranke nisu naglasile da je rok bitan element ugovora, a što može biti pravno dvojbeno.

6 Odstupanje od predmeta ugovora

Predmet ugovora o građenju je izvođenje građevinskih radova, te je tako izvođač dužan izvesti ugovorene radove na način i u rokovima koji su određeni ugovorom, propisima i pravilima struke.

Najčešće pitanje u građevinskim sporovima u odnosu na same radove jest pitanje tzv. izvan-troškovničkih radova ili kolokvijalno skraćeno nazvano ITR.

Međutim, za ugovaranje tzv. ITR-a nije sporno je li naručitelj najprije ponudio izvođaču, a onda trećoj osobi takve radove. Ako se takvi radovi ugovaraju s trećom osobom, oni tada nisu za tu treću osobu izvantroškovnički, već su oni upravo za tu osobu troškovnički radovi. Kao sporno se postavlja pitanje što ako izvođač izvede ITR, a za njih nije sklopio ugovor ili aneks ugovora, imajući u vidu da ugovor o građenju mora biti u pisanoj formi.

U praksi se ide u smjeru da se tada neće uvjetovati postojanje pisanih ugovora ili aneksa ugovora za svrhu utvrđenja nastanka ugovora o građenju, već će se primijeniti članak 294. ZOO-a.

Stoga uređenje izvantroškovničkih radova treba definirati temeljitije s ciljem prevencije na način da to mogu primjenjivati stranke u fazi konačnog obračuna i ranije u fazi ovjere pri-vremenih situacija gdje to može uzrokovati tzv. preklapanje nadzora, jer nije predviđeno troškovnikom.

7 Cijena

Smatramo bitnim utvrditi je li cijena radova samo doslovno rad ili cijena radova podrazumijeva rad i "dobavu", tj. prodaju materijala kako je u praksi. Poseban je problem kad cijena nije uopće ugovorena kao kod prethodno spomenutih izvantroškovničkih radova (ITR). Ugovor o građenju mora biti u pisanoj formi, a upravo ITR često ostane u formi zapisnika s koordinacije, upisa u građevinski dnevnik, narudžba bez ponude izvođača ili samo usmeni nalog na gradilištu.

Takvo što ne bi bio problem kada vrijednost takvih radova ne bi bila u razmjeru s ugovorenim dijelom vrlo značajna. Sudski se to rješava prema nekolicini principa, a moglo bi se znatnim dijelom i ugovorom predvidjeti "kako će se tijekom radova ugovarati ono što nije ugovoreno".

Neugovoreni radovi su u pravilu razlog kašnjenju ugovorenih radova, a kašnjenje je najčešći razlog za penale. Tko je "kriv za ITR" - naručitelj koji ga je naručio, projektant koji ga nije prepoznao, izvođač koji na njega nije upozorio – tu postoji cijela lepeza odgovora.

U praksi nije uvijek jednostavno razlučiti nepredviđene i nužne radove od naknadnih rado-va, a onda ni tzv. više radove. Nekada radovi iste vrste mogu biti u znatno većim količinama, ali nisu bili u projektu i zapravo predstavljaju posao koji nije ugovoren. Tada ne dolaze u pitanje samo rokovi, nego i kvaliteta, predradnje i odgovornost za nedostatke.

Čest je primjer da se dobava materijala određuje do maksimalne jedinične cijene prema izboru investitora, ali uz dobavu izvođača. To je vrlo dobro rješenje, ali samo ako se disciplinirano primjeni, što znači ako investitor doista određuje vrstu materijala.

Viškovi i manjkovi radova ne utječu na ugovorenu cijenu kao ni nepredviđeni radovi ako je cijena ugovorena u ukupnom iznosu i ako se znalo za te radove. Međutim, naknadni radovi nisu uključeni u ugovorenu cijenu i moraju se posebnim ugovorom regulirati.

Vezano za odredbu "ključ u ruke" treba istaknuti da posebne uzance izrijekom utvrđuju kako ta odredba ne isključuje primjenu ugovorene cijene zbog nastupanja promijenjenih okolnosti i plaćanje naknadnih radova.

8 Rokovi za izvođenje radova

Rokovi su vrlo važni jer utječu na penale, ali još važnije od toga mogu utjecati na razlog za raskid cijelog ugovora. PUG predviđa i međurokove i terminske planove, ali pravo pitanje je kakve posljedice na koje rokove odrediti.

Tako ako se određuju penali na međurokove, postavlja se pitanje možemo li tada i obračunavati ih sukcesivno, odnosno ako se ne određuju penali na međurokove, treba li čekati kraj svih rokova da bi se dokazalo kašnjenje koje je očigledno nastupilo već ranije.

ZOO za razliku od PUG-a ne sadrži posebne odredbe vezane za rokove kod ugovora o građenju.

Rokovi se izvođaču mogu produžiti i u slučaju kada je zbog promijenjenih okolnosti ili neispunjavanja obveza naručitelja bio spriječen izvoditi radove, te se dalje specificiraju posebni razlozi zbog kojih izvođač može tražiti produljenje rokova.

Također, na pitanje rokova se vežu mnoga daljnja važna pitanja kao npr. raskid, penali, odgovornost za štetu. Stoga bi svakako primjereni bilo ugovoriti pravne posljedice u slučaju nepoštivanja rokova vezanih za ugovor o građenju.

Naime, rok sam po sebi uvijek ima vremensko određenje, a time dosta jasan odgovor na pitanje je li ta klauzula povrijeđena ili nije. Upravo zato treba oprezno ugovarati rokove ako nije jasan cilj koji se hoće postići u slučaju kršenja rokova, jer u protivnom među strankama može nastati veći spor nego da nisu uopće precizirale rokove.

9 Uvođenje izvođača u posao

Uvođenje u posao svojim nazivom ne djeluje tako važno kao mnogi drugi dijelovi ugovora o građenju. Međutim, u ugovorima koji imaju realan odnos o rokovima, već pripremne radnje mogu biti razlog za raskid ugovora. Npr. infrastrukturni objekti koji spajaju dionice, adaptacija bolničkog odjela ili hotela prije sezone - realno ne trpi duga kašnjenja, za razliku od npr. stanogradnje gdje stanovi nisu prodani i sl.

Stoga se o uvođenju izvođača u posao sastavlja poseban zapisnik, i to se konstatira u građevinskom dnevniku. Prema tome se pod nazivom uvođenje u posao treba smatrati izvođenje onih obveza naručitelja bez čijeg prethodnog ispunjenja započinjanje radova zapravo nije moguće ili pravno nije dopušteno.

Vezano uz uvođenje u posao, kao sporno se može pojaviti pitanje odgovornosti izvođača za štetu koja nastaje na gradilištu prije formalnog uvođenja u posao, a radi pripreme gradilišta. To su u praksi situacije gdje gradilište nije dovoljno organizirano niti osigurano, gdje postoji mogućnost prisutnosti trećih osoba, a obavlja se doprema strojeva, materijala, isključivanje instalacija i sl. To su poslovi koje obavlja u pravilu izvođač koji formalno nije uveden u posao. Također, neriješeno je i pitanje odgovornosti izvođača za neizvršavanje pripremnih radnji kada su one predviđene ugovorom, a što uzrokuje daljnju neizvjesnost u pogledu ocjene uvjeta za raskid ugovora zbog mogućeg kašnjenja. Sve o treba objasniti ako se uzme u obzir da se rok za izvođenje radova računa od dana uvođenja u posao.

10 Ugovorna kazna

Institut ugovorne kazne kod ugovora o građenju vrlo je bitan jer je taj institut gotovo nezaobilazan u svim ili gotovo svim ugovorima o građenju koji se odnose na važnije investicije. U temeljnoj odredbi o ugovornoj kazni, u članku 350. stavak 1. ZOO-a, predviđen je uz za-kašnjenje i neispunjerenje i treći razlog za ugovornu kaznu – “neuredno ispunjenje”.

Ne postoji li ugovorna regulacija što će se smatrati “neurednim ispunjenjem” (što je vrlo često u praksi), teško je prema pravilima npr. građevinske struke ocijeniti što bi se u ugovoru o građenju smatralo neurednim ispunjenjem.

Pitanje određenja razloga za ugovornu kaznu svakako je važno, jer o tom pitanju – koji je razlog za ugovornu kaznu, ovisi i ocjena je li zahtjev naručitelja osnovan.

Upravo taj razlog “neuredno ispunjenje”, bez ugovornog određenja što bi se pod time smatralo, dovodi naručitelja i izvođača u neusklađen odnos.

U ugovorima o građenju obično se razlike kod ugovaranja ugovorne kazne razlikuju samo u oznaci visine, tj. promila po danu zakašnjenja kao i kroz oznaku ukupnog postotka visine kazne u odnosu na vrijednost ugovornih radova.

Obično se ugovorna kazna ograničava kroz mogućnost obračuna do 10 dana (npr. 5 promila i 5 posto) ili najviše do 200 dana (0,5 promila i 10 posto). Načelno su to najniži i najviši limiti prema kriteriju uobičajenih vrijednosti, jer prisilna zakonska norma uređuje samo gornji limit ugovorne kazne, a ne i donji, pa je na dispoziciji stranaka kako će ugovoriti.

Također, kriterij gornje vrijednosti ugovorne kazne je limitiran i odredbom ZOO, članak 354, koja uređuje mogućnost dužniku ugovorne kazne da zahtijeva od suda smanjenje ugovorne kazne ako je ona “suviše visoka”.

U tom smislu moguće je u praksi dogovoriti da bi ugovorne kazne iznad 10% vrijednosti ugovora bile rizične kod tumačenja jesu li suviše visoko ugovorene, pa je za procjenu koja je to “suviše visoka” ugovorna kazna važno utvrditi pojedinačni ugovorni odnos i sve okolnosti tog odnosa, kao i konkretni razlog za njezino obračunavanje.

U pogledu utvrđenja visine ugovorne kazne može se pojaviti kao sporno i pitanje koja je to osnovica za obračunavanje ugovorne kazne ako stranke nisu to ugovorile. S obzirom na to najčešće se ugovara da je to upravo vrijednost ugovorenih radova, što također može biti nejasno u slučaju složenijih građevinskih objekata kada je ugovarano izvođenje po fazama. Vezano uz kašnjenje kao razlog za ugovornu kaznu, u većini slučajeva tijekom izvođenja radova pojavi se potreba naručitelja za tzv. izvanistroškovničkim radovima. Takvi se radovi,

kako je prethodno naznačeno, posebnim ugovorima ne ugovaraju, iako najčešće utječu na rok ugovorenih radova. Nadalje, tijekom izvođenja radova, radovi jednog izvođača ovise o radovima drugih izvođača. Pitanje istodobnog ispunjavanja obveze naručitelja u smislu plaćanja radova, može također biti neovisni razlog za otklanjanje odgovornosti izvođača za kašnjenje.

Važno je stoga i pravno pratiti izvođenje radova te pravodobno i pravilno podnositi zahtjev za produljenje rokova (neovisno o tome hoće li oni biti prihvaćeni), kao i evidentirati sve relevantne događaje kroz građevinski dnevnik i neposrednu pisano korespondenciju između izvođača i naručitelja.

Pitanje prekoračenja rokova izvođenja radova nerijetko ugovorom predviđa i nemogućnost daljnjega financiranja investitora, a što za njega nije povoljno rješenje, pa on kao naručitelj formalno prihvata produljenje roka. Time ujedno sebi načelno uskraćuje mogućnost postavljanja zahtjeva za ugovornu kaznu, jer je ispunjenje u produljenom roku znači ispunjenje u roku.

11 Stručni nadzor naručitelja

Naručitelj ima pravo obavljati stručni nadzor nad radovima izvođača radi provjere i osiguranja njihova urednog izvođenja, osobito u vezi s vrstom, količinom i kvalitetom radova, materijala i opreme te predviđenim rokovima.

Sukladno PUG-u sve primjedbe i nalazi naručitelja moraju se prenijeti izvođaču u pisanim oblicima ili se moraju upisati u građevinski dnevnik, te je izvođač "dužan postupiti u povodu svih osnovanih zahtjeva naručitelja".

Ovo je primjer nesukladnosti PUG-a i ZOO-a, gdje ZOO ima temeljno pravilo o ispunjenju ugovornih obveza, a ne o ispunjenju "zahtjeva koji idu nakon sklopljenog ugovora".

Nadalje, osoba koja obavlja stručni nadzor ima posebne ovlasti sukladno PUG-u, a to su ovlasti za mijenjanje tehničke dokumentacije na temelju koje se izvode radovi, ugovorene cijene ili druge odredbe ugovora. Osim toga, takva je osoba ovlaštena s izvođačem ugovarati druge radove ili uređivati s njim druge imovinskopravne odnose, ali pod uvjetom da ima posebno ovlaštenje naručitelja. Time se daje mogućnost osobi koja obavlja stručni nadzor da može u ime naručitelja ugovarati i nove poslove.

U praksi se otvaraju nerijetko dvojbeni pitanja do kuda seže ovlast stručnog nadzora, tj. odnosi li se ona i na nepredviđene radove i na naknadne radove, a koje sve zajedno nazivamo izvantroškovnički radovi. Posebnu ulogu uz nadzornog inženjera danas dobivaju i voditelji projekta koji su dobrodošli za složenije investicije pod uvjetom da su njihove ovlasti i odgovornosti jasno razgraničene od ovlasti nadzornog inženjera.

Radi jasnih odnosa bilo bi dobro ugovorom odvojiti takvu ovlast nadzora od ovlasti nadzora koji treba u ime naručitelja nadzirati ono što jest ugovoren. Nadzor naručitelja i predstavnik izvoditelja načelno bi trebali biti ravnopravni jer su prema ZOO-u, članku 3. ugovorne strane uvjek ravnopravne. Međutim, sudovi često imaju pogrešnu percepciju nadzora kao "neutralnog arbitra".

12 Primopredaja izvedenih radova

Primopredaja izvedenih radova nije regulirana niti jednom odredbom ZOO-a, ali je regulirana PUG-om, pa bi stranke koje su isključile primjenu PUG-a, svakako trebale ovo posebno ugovorom definirati.

Izvođač bi trebao odmah nakon završetka radova obavijestiti naručitelja da su radovi koji su predmet ugovora završeni, te su obojica dužni bez odgode pristupiti primopredaji i konačnom obračunu. Jednako kako se sastavlja zapisnik povodom uvođenja u posao, tako se mora sastaviti i zapisnik o primopredaji.

Ako jedan ugovaratelj neopravданo odbije sudjelovati u primopredaji ili se ne odazove pozivu da sudjeluje u primopredaji, tada zapisnik o primopredaji može sastaviti i samo jedna ugovorna strana bez sudjelovanja druge, te se takav zapisnik dostavlja drugoj strani i na dan dostave tog zapisnika nastaju posljedice u vezi s primopredajom.

Korisno bi bilo ugovoriti i proceduru u situaciji gdje stranke ne mogu postići suglasnost, a sve radi izbjegavanja sudskog spora, kao i provedbu primopredaje u slučajevima raskida ugovora o građenju, a gdje je to najznačajnije. Primjerice to bi bilo korisno kada naručitelj neosnovano raskine ugovor o građenju i zabrani daljnji ulazak izvođaču na gradilište te uveče i novog izvođača.

13 Konačan obračun

Konačnim obračunom obuhvaćaju se svi radovi izvedeni na temelju ugovora, uključujući i nepredviđene i naknadne radove što ih je izvođač bio dužan ili ovlašten izvesti, bez obzira na to jesu li radovi obuhvaćeni privremenim situacijama.

Kao sporna se javlja situacija što učiniti kada do primopredaje nije došlo, niti je naručitelj počeo koristiti objekt, a za konačan obračun pretpostavlja se primopredaja. Nejasno je također što učiniti ako izvođač nije ponudio konačan obračun, a nakon obračuna penala, plaćenih iznosa po privremenim situacijama, vrijednosti nedostataka i dr., obračun treba ići u korist naručitelja.

Najčešći slučaj u konačnom obračunu je nesuglasnost stranaka po svim stavkama. Korektni pristup stranaka u takvom slučaju jest jasno označavanje što jest, a što nije usuglašeno. Nerijetko se zloupotrebljava ta situacija na način da druga strana ne želi potvrditi niti dio s kojim jest suglasna. Moguće rješenje takvog pitanja može biti ugovaranje da se u konačnom obračunu ne utvrđuju pitanja koja su prethodno putem npr. privremenih situacija suglasno utvrđena.

Ako naručitelj bez opravdanog razloga odbije sudjelovati u konačnom obračunu ili sa svojim sudjelovanjem odgovrači u izradi obračuna, tada izvođač može sam obaviti obračun i o tome obavijestiti naručitelja, te isto to pravo ima i naručitelj – s tim da se u praksi postavlja pitanje dokzne snage takve jednostrane utvrđenosti.

14 Posljedice raskida ugovora

PUG predviđa da ako dođe do raskida ugovora, naručitelj je dužan izvođaču platiti izvedene radove i u slučaju kada je izvođač odgovoran za raskid.

Ovakva odredba pravno nije prihvatljiva jer neopravdano usmjerava na obvezu naručitelja radi plaćanja bez usklađenja iznosa a uzimajući u obzir naknadu štete i ugovornu kaznu. Ako je za raskid odgovoran naručitelj, tada je on dužan izvođaču, osim za izvedene radove, platiti i za pripremni materijal i opremu za ugrađivanje koji su ostali neugrađeni te mu nadoknaditi neamortiziranu vrijednost pripremnih radova i izdatke za uređenje gradilišta. Ugovaratelj koji je odgovoran za raskid dužan je drugoj ugovornoj strani nadoknaditi štetu koja je nastala raskidom ugovora, a ta naknada štete obuhvaća i izmaklu korist.

PUG vrlo paušalno, na način da ne razrađuje već postojeća pravila ZOO-a u pogledu raskida, uređuje pitanje naknade štete. Upravo se od PUG-a očekuje kvalitetno rješenje specifičnih okolnosti i posljedica raskida ugovora o građenju.

Na primjer, jedna od prvih pretpostavki pravilnog razrješenja odnosa kad se naručitelj i izvođač nađu u takvoj situaciji jest uređenje procedure kojom će se utvrditi stanje gradilišta u času raskida (npr. putem sudske vještak, sudske osiguranja dokaza i sl.). Propusti li se to učiniti, PUG uzrokuje nepotrebnu neizvjesnost i nesigurnost u dalnjem građevinskom sporu koji u pravilu nastaje nakon jednostranog raskida ugovora.

15 Zaključno

Činjenica je da su u sudske prakse građevinski sporovi vjerojatno najsloženija vrsta pravnog spora, ponajprije stoga što se radi o iznadprosječno dinamičnim odnosima koji su usmjereni na različite rokove s većim brojem sudionika i neizbjegljivim financijskim posljedicama u slučaju bilo kakvih nepoštivanja ugovora.

S druge strane, razumno je zaključiti da pri složenim investicijama većeg opsega nije moguće u cijelosti predvidjeti niti ugovorom niti projektnom dokumentacijom sve okolnosti koje nastaju pri realizaciji tih investicija.

Zbog svega je toga ugovor o građenju jedan od rijetkih pravnih odnosa koji objektivno zahtijeva kontinuirano usklađivanje odnosa među ugovornim stranama i nakon sklopljenog ugovora, a sve radi izbjegavanja spora među njima.

Takvu materiju nije moguće urediti zakonskim normama, pa su upravo stoga posebno važna pravila koja se primjenjuju uz opća zakonska pravila i ugovorne uvjete.

Sporovi na temelju ugovora o građenju predstavljaju najzastupljeniji broj sporova i izvan redovnih sudova tj. na Stalnom arbitražnom sudištu pri Hrvatskoj gospodarskoj komori.

U tim sporovima se ponekad pojavljuje primjena FIDIC-ovih općih uvjeta građenja što u određenim slučajevima dovodi do još veće složenosti u pravnoj ocjeni podzakonskih pravila. Naime, pravila FIDIC-a predviđaju i određene institute koji ne postoje u hrvatskim zakonima ili Posebnim uzancama o građenju.

Najčešći razlog lošega poslovanja građevinskih poduzeća, pa i njihovih konačnih poslovnih problema, u pravilu je proizlazio iz sporova koje su imali zbog realizacije svojih ugovora.

Na primjeru analize prijedloga standardnog ugovora o građenju, koji je objavila APN, vidljivo je da bi bila moguća standardizacija tih ugovora.

Budući da pravila javne nabave uvjetuju prethodno jednostrano određenje ugovora od strane javnog naručitelja, a što ujedno dovodi javnog naručitelja u lošiji položaj kod tumačenja ugovora po zakonu – preporučeni standard takvih ugovora svakako bi pridonio sigurnijoj pravnoj i finansijskoj provedbi skupih postupaka gradnje i građenja kad su u pitanju javni naručitelji.

Sadržaj teksta standardiziranog ugovora trebalo bi sastaviti nadležno ministarstvo u suradnji sa strukovnim udrugama kao što su Hrvatski savez građevinskih inženjera, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Hrvatska gospodarska komora i dr.

Preporuku standardiziranog ugovora trebalo bi zatim objaviti Ministarstvo graditeljstva RH i proslijediti svim javnim naručiteljima, a oni bi bili ovlašteni sastaviti i svoje drugačije ugovore o građenju od standardnih preporučenih. Međutim, tada bi bilo sigurnije razumijevanje i mogućih razlika u tim ugovorima. U većini slučajeva bi se svakako, a što je i logično, ipak primjenjivali standardizirani ugovori. Oni po prirodi stvari ne bi uzrokovali nova i različita tumačenja te moguće sporove, zastoje realizacije, povećane troškove i štetu za obje strane ugovora te krajnje korisnike.



Sustav kontrole gradnje i neki rizici realizacije investicijskih projekata

Autor:

Dr. sc. Lino Fučić

Hrvatska banka za obnovu i razvitak
Zagreb, Strossmayerov trg 9

Sustav kontrole gradnje i neki rizici realizacije investicijskih projekata

Lino Fučić

Sažetak

Visoka razina reguliranja graditeljske djelatnosti utječe i na realizaciju investicijskih projekata. Građevnotehnička regulativa temelji se na nekim pretpostavkama i očekivanjima od sustava kontrole gradnje koje, ako se ne ostvare, mogu izazvati rizike pri realizaciji investicijskog projekta, a ujedno sadrži i neusklađenosti, nejasnoće i/ili nedorečenosti koje izazivaju dvojbu u primjeni. Analiziraju se neki od rizika koje za realizaciju investicijskog projekta može izazvati sustav kontrole gradnje i njihove posljedice, te se raspravljuju mogućnosti da se rizici umanje ili otklone.

Ključne riječi: *investicijski projekt, sustav kontrole gradnje, regulativa, rizik*

Building control system and some risks of realisation of investment projects

Abstract

The high level of regulation of construction activity also affects the realization of investment projects. Construction-technical regulation is based on some assumptions and expectations from the building control system that, if not realized, can cause risks to the realization of the investment project, and it also contains mismatches and/or ambiguities that cause doubts in implementation. Some of the risks for realisation of investment project that can be caused by the building control system and their consequences are analyzed, and the possibilities for reduction or elimination of risks are discussed.

Key words: *investment project, building control system, regulations, risks*

1 Uvod

Visoka razina reguliranja graditeljske djelatnosti, koja je posljedica značajnog i praktički nepovratnog utjecaja svake građevine na prostor i sigurnost izgrađenog okoliša, utječe i na realizaciju investicijskih projekata.

Sustav kontrole gradnje, koji se uspostavlja primjenom građevnotehničke regulative, počiva na nekim pretpostavkama i očekivanjima koja trebaju ostvariti sudionici u gradnji i javnopravna tijela koja sudjeluju u provedbi sustava. Nadalje, građevnotehnička regulativa ne bi smjela sadržavati neusklađenosti, nejasnoće i/ili nedorečenosti koje mogu izazvati dvojbu u primjeni. Neispunjavanje pretpostavki i očekivanja te nedostaci regulative mogu izazvati rizike u realizaciji investicijskih projekata.

U sadašnjem sustavu kontrole gradnje može se prepoznati mogućnost nastanka određenih rizika u vezi s izradom projekata na temelju kojih se grade građevine, trenutka pristupanja građenju, građenja po pojednostavnjenim postupcima u kojima nisu zastupljeni svi elementi sustava kontrole gradnje te u vezi s dokumentacijom koju izvođač mora imati na gradilištu. Posljedice mogu biti različite: od vrlo dobro poznatog rizika kašnjenja s početkom građenja zbog neočekivano dugotrajnog postupka izdavanja građevinske dozvole, preko mogućnosti da je građenje počelo na zakonit način a da građevinska dozvola bude poništena nakon dovršetka upravnog spora do mogućnosti da se ne može izdati uporabna dozvola za građevinu zbog nejasnoća u uređivanju dopustivog odstupanja izvedenog stanja građevine od odobrenog glavnog projekta.

U ovom će se radu raspraviti neke od odredbi građevnotehničke regulative koje mogu generirati opisane rizike i koje mogu imati spomenute posljedice na realizaciju investicijskog projekta, te će se raspraviti mogućnosti za smanjenje rizika ili načina njihovog otklanjanja.

2 Analiza odredbi i mogućih rizika

2.1 Rizici zbog neusklađenosti projekta s propisima

2.1.1 Uloga i očekivanja od projektanta i drugih sudionika u gradnji

Projekti su (glavni, izvedbeni) tehnički dokumenti kojima se na prikidan način (opisima, crtežima, proračunima,...) prezentira zamisao i namjera investitora o građenju neke građevine, svima koji u vezi s tim imaju neki interes – od sudionika u gradnji koji participiraju u realizaciji investicijskog projekta, preko tijela graditeljstva i javnopravnih tijela koja moraju potvrditi da projekt ispunjava propisane zahtjeve i uvjete, do uže i šire zainteresirane javnosti na čije interese realizacija ili realizirani investicijski projekt može utjecati. Naravno, projekt daje i dragocjene podatke i samom investitoru - podatke na temelju kojih se može procijeniti kolika će biti cijena građenja i održavanja građevine, koliko će vremena biti potrebno za njezino građenje itd.

Iz ovakvih očekivanja od projekata proizlaze i propisane obveze projektanta. Prema zakonskoj odredbi (Zakon o gradnji, članak 51., stavak 2.), nedvojbeno je odgovornost projektanta za projekt i za njegovu usklađenost s propisanim zahtjevima i uvjetima za građevine – odgovornost da je projekt kojig je izradio ispravan.

Zakon o gradnji, članak 51., stavak 2.:

Projektant je odgovoran da projekt koji je izradio ispunjava propisane uvjete, da je građevina projektirana u skladu s lokacijskom dozvolom, odnosno uvjetima za građenje građevina propisanim prostornim planom te da ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu, zahtjeve propisane za energetska svojstva zgrada i druge propisane zahtjeve i uvjete.

Rezultat projekta i građenja po projektu koji je izrađen na način da ispunjava zahtjeve propisane ovom odredbom jest građevina koja ispunjava sve zahtjeve koje javni interes postavlja. Ono što zakonska odredba ne uključuje jest odgovornost projektanta u odnosu na zahtjeve koje ima investitor: to mogu biti zahtjevi kvalitete (materijala ili dijelova građevine), zahtjevi količina, zahtjevi funkcionalnosti građevine, ... – ukratko svaki onaj zahtjev koji investitor može imati u vezi sa značajkama građevine i koji postavlja na osnovi projektnog zadatka, a koji zahtjev nije na neki način već propisan od strane regulatora. U tom smislu, investitor se mora - bez obzira na odredbe da projektanti "za obavljeni posao ..., odgovaraju investitoru i drugim osobama prema odredbama ovoga Zakona te posebnih propisa" (članak 5. Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje [1]) i drugim odredbama propisa kojima je uređen način obavljanja poslova te znanja, vještine i kompetencije projektanata [1, 2] - ugovornim odredbama zaštiti od pogrešaka ili propusta učinjenih za vrijeme pružanja inženjerskih usluga u dijelu u kojem Zakon o gradnji nije regulirao "kvalitetu" projekta. Međutim, unatoč citiranoj odredbi i odgovornosti za projekt, Zakon predviđa mogućnost da projekt ne bude ispravan. To se osobito vidi iz prekršajne odredbe (Zakon o gradnji, članak 163., podstavak 1.) kojom je previđen prekršaj za slučaj da projekt ne bude izrađen na način kako se to zahtjeva spomenutom odredbom o odgovornosti projektanta.

Zakon o gradnji, članak 163., podstavak 1.:

Novčanom kaznom u iznosu od 25.000,00 do 50.000,00 kuna kaznit će se za prekršaj fizička osoba u svojstvu projektanta ako projektirana građevina nije projektirana u skladu s lokacijskom dozvolom, odnosno uvjetima za građenje građevina propisanim prostornim planom, ne ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu, zahtjeve propisane za energetska svojstva zgrada ili druge propisane zahtjeve i uvjete (članak 51. stavak 2.).

Isto tako i odredba (Zakon o gradnji, članak 58., stavak 1., podstavak 5.) koja stavlja u obvezu nadzornom inženjeru da u okviru provedbe stručnog nadzora mora uočavati nedostatke i nepravilnosti u projektu, upućuje se na mogućnost da projekti mogu biti i neispravno izrađeni.

Zakon o gradnji, članak 58., stavak 1., podstavak 5.:

Nadzorni inženjer dužan je u provedbi stručnog nadzora građenja bez odgode upoznati investitora sa svim nedostacima, odnosno nepravilnostima **koje uoči u glavnom projektu** i tijekom građenja, a investitora i građevinsku inspekciju i druge inspekcije o poduzetim mjerama.

Na temelju ove odredbe moglo bi se zaključiti da je investitor djelovanjem nadzornog inženjera u velikoj mjeri zaštićen od rizika koje bi mogli donijeti neispravni projekti. Naime, analizirajući odredbu, proizlazi da je ta aktivnost nadzornog inženjera izjednačena (po važnosti i po intenzitetu) s obvezom uočavanja nepravilnosti i nedostataka u samom građenju, što je prema uobičajenoj praksi, ali i prema odgovarajućem pravilniku [3] tradicionalno uloga i zadaća nadzornog inženjera. Međutim, analizirajući prekršajne odredbe (Zakon o gradnji, članak 168., stavak 3. podstavak 4.) koje se odnose na nadzornog inženjera, može se uočiti da je propuštanje uočavanja nedostataka i nepravilnosti u građenju sankcionirano, ali propuštanje uočavanja nedostataka i nepravilnosti projekta nije. Proizlazi da je donositelj zakona ocijenio kako je stručni nadzor nad projektima manje važan od stručnog nadzora nad građenjem. Isto proizlazi i iz pravilnika koji uređuje provedbu stručnog nadzora [3] – niti jednom odredbom toga pravilnika nije uređeno kako se u okviru stručnog nadzora uočavaju nedostaci i nepravilnosti u glavnom projektu. Stoga se investitor može na ovu obvezu nadzornog inženjera osloniti s manje pouzdanja nego što je to slučaj sa stručnim nadzorom građenja.

Zakon o gradnji, članak 168., stavak 3. podstavak 4.:

Novčanom kaznom u iznosu od 25.000,00 do 50.000,00 kuna kaznit će se za prekršaj pravna osoba registrirana za poslove stručnog nadzora građenja ako bez odgađanja ne upozna o svim nedostacima i nepravilnostima koje uoči tijekom građenja investitora te građevinsku i druge inspekcije o poduzetim mjerama (članak 58. stavak 1. podstavak 5.).

Drugu zaštitu od neispravno izrađenog projekta investitor ima putem instituta kontrole glavnog projekta. Ta je zaštita, međutim, ograničena isključivo na temeljni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti, a i to za ograničeni broj konstrukcija [4]. U tom smislu, a pogotovo što iz prekršajne odredbe (Zakon o gradnji, članak 165., stavak 1., podstavak 2.) proizlazi da je i nakon provedene kontrole projekata moguća situacija da projekt nije ispravan, niti ovaj institut ne osigurava investitoru potpunu zaštitu od rizika koje nose neispravni projekti.

Zakon o gradnji, članak 165., stavak 1., podstavak 2.:

Novčanom kaznom u iznosu od 15.000,00 do 30.000,00 kuna kaznit će se za prekršaj revident ako projekt ili dio projekta za koji je proveo kontrolu i dao pozitivno izvješće ne uđovoljava zahtjevima iz ovoga Zakona, posebnih zakona i propisa donesenih na temelju tih zakona, tehničkih specifikacija i pravila struke u pogledu kontroliranog svojstva (članak 63. stavak 1.).

2.1.2 Uloga i očekivanja od tijela graditeljstva

Tijelo graditeljstva uključuje se u realizaciju investicijskog projekta u dva navrata: prije početka građenja, prilikom izdavanja građevinske dozvole i nakon što je građenje završeno, u postupku izdavanja uporabne dozvole. Ova dva postupovno (postupovno u smislu Zakona o općem upravnom postupku [5]) zasebna postupka su povezana i nisu međusobno neovisna. Povezanost i međuvisnost se očituje u tome da aktivnosti koje se provode u postupku izdavanja građevinske dozvole imaju utjecaj na nalaze u postupku izdavanja uporabne dozvole te da oba postupka daju investitoru određenu informaciju o usklađenosti njegove građevine s propisanim zahtjevima.

U postupku izdavanja građevinske dozvole tijelo graditeljstva provodi određene provjere u vezi s glavnim projektom koji je priložen zahtjevu (Zakon o gradnji, članak 108., stavak 2.) za izdavanje dozvole. Te se provjere odnose na ispunjavanje dvije skupine zahtjeva i uvjeta koji se postavljaju na građevine odnosno na dokumentaciju i koji moraju biti ispunjeni da bi se mogla izdati građevinska dozvola.

Zakon o gradnji, članak 108., stavak 2.:

Zahtjevu za izdavanje građevinske dozvole za koju se prema posebnom zakonu ne izdaje lokacijska dozvola investitor prilaže:

1. tri primjerka glavnog projekta
2. izjavu projektanta da je glavni projekt izrađen u skladu s prostornim planom i drugim propisima u skladu s kojima mora biti izrađen
3. pisano izvješće o kontroli glavnog projekta, ako je kontrola propisana
4. potvrdu o nositrifikaciji glavnog projekta, ako je projekt izrađen prema stranim propisima
5. potvrde javnopravnih tijela da je glavni projekt izrađen u skladu s posebnim propisima, odnosno posebnim uvjetima i/ili dokaz da je podnio zahtjev za izdavanje tih potvrda, odnosno utvrđivanje tih uvjeta ako iste nisu izdane u roku propisanom ovim Zakonom
6. potvrdu javnopravnog tijela da je glavni projekt izrađen u skladu s rješenjem o prihvatljivosti zahvata za okoliš ako se radi o zahvatu u prostoru za koji se prema posebnim propisima provodi postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš i/ili ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu

7. dokaz pravnog interesa za izdavanje građevinske dozvole
8. dokaz da može biti investitor (koncesija, suglasnost ili drugi akt propisan posebnim propisom) ako se radi o građevini za koju je posebnim zakonom propisano tko može biti investitor, i
9. dokaz da je vlasnik građevinskog zemljišta ispunio svoju dužnost prijenosa dijela zemljišta u vlasništvo jedinice lokalne samouprave, odnosno dužnosti sklapanja ugovora o osnivanju služnosti provoza i/ili prolaza, propisane posebnim zakonom kojim se uređuje prostorno uređenje, ako takva dužnost postoji.

Prva skupina su stvarni zahtjevi i uvjeti koji se na građevinu i njezina tehnička i/ili funkcionalna svojstva postavljaju od strane nositelja javnog prava (svih osim nositelja javnog prava u području graditeljstva). Drugim riječima, svi nositelji javnog prava koji su radi zaštite javnog interesa putem zakona i propisa koji uređuju njihovo upravno područje (resor) postavili neke zahtjeve ili uvjete na građevine, u postupku koji prethodi postupku izdavanja građevinske dozvole (ili unutar tog postupka) provjeravaju usklađenost glavnog projekta sa "svojim" zahtjevima i uvjetima i o toj usklađenosti izdaju odgovarajuću potvrdu (odnosno odbijaju njezino izdavanje). Promatrano sa strane rizika kojima je izložen, investitor (i, u mnogim slučajevima, i kasniji vlasnik/korisnik građevine) nakon takve provjere i potvrde može biti u razumnim okvirima siguran da će njegova građevina biti npr. sigurna u slučaju izbijanja požara [6].

U okviru ovih stvarnih zahtjeva na građevine, tijelo graditeljstva utvrđuje neke činjenice iz područja koje je uređeno propisima prostornog uređenja [7] - je li glavni projekt izrađen u skladu s lokacijskim uvjetima za provedbu zahvata u prostoru koji su primjenjivi na tu građevinu. Izrada glavnog projekta koji ne bi udovoljavao lokacijskim uvjetima odnosno izdavanje građevinske dozvole, a da glavni projekt nije izrađen u skladu s lokacijskim uvjetima smatra se teškom povredom dužnosti i ugleda ovlaštenog projektanta odnosno službene dužnosti državnog službenika.

Tijelo graditeljstva, međutim, za zakon [8] i propise (veći broj tehničkih propisa koji se donose temeljem Zakona o gradnji) iz javnopravnog područja graditeljstva ne izdaje nikakvu potvrdu niti provodi kakvu kontrolu glavnog projekta u odnosu na građevinu i njezina tehnička i/ili funkcionalna svojstva. Drugim riječima, za javni interes za koji je odgovoran resor graditeljstva, a koji uključuje, između ostalog, mehaničku otpornost i stabilnost, energetsku učinkovitost zgrada ili pristupačnost građevina, ne provode se provjere niti kontrole (osim već spomenute kontrole projekata za ograničeni broj građevina za temeljni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti, putem izvješća o kontroli projekata), već se tijelo graditeljstva oslanja na znanja, vještine i kompetencije te profesionalni integritet projektanta ili revidenta. Da je tome tako, nedvojbeno proizlazi iz druge skupine zahtjeva i uvjeta formalne prirode koji se postavljaju na dokumentaciju koja se prilaže zahtjevu za izdavanje građevinske dozvole. Naime, u postupku izdavanja građevinske dozvole, tijelo graditeljstva provjerava je li glavni projekt potpisana od ovlaštena osobe, tj. od ovlaštenog arhitekta odnosno ovlaštenog inženjera. Smisao te provjere može biti dvojak:

- osigurati da se pogreškom ne izda građevinska dozvola na temelju projekta izrađenog od neovlaštene osobe, te
- da se tijelo graditeljstva osvijedoči o (očekivanim) znanjima, vještinama i kompetencijama te profesionalnom integritetu osobe koja je projekt izradila.

Neovisno o toj provjeri, zahtjevu za građevinsku dozvolu se prilaže još i izjave projektanata koji su izradili glavni projekt da su ti projekti izrađeni u skladu s propisima čije zahtjeve građevina mora ispuniti, odnosno s lokacijskim uvjetima kojima mora udovoljiti.

Pristup koji je opisan za postupak izdavanja građevinske dozvole uočava se i u postupku izdavanja uporabne dozvole: nositelji javnog prava sudjeluju u tehničkom pregledu sa svrhom i zadaćom da utvrde je li građevina izvedena u skladu sa zahtjevima i uvjetima propisanim u okvirima njihovog upravnog područja (resora), dok tijelu graditeljstva nije propisana nikakva obveza glede utvrđivanja činjenica o ispunjavanju zahtjeva iz propisa koji su u upravnom području (resoru) graditeljstva (članak 3., stavak 1., podstavak 7. u vezi sa člankom 141. stavkom 2. Zakona o gradnji).

Ono što se može zaključiti iz ovako postavljenog sustava izdavanja građevinske i uporabne dozvole jest to da je izloženost investitora riziku u vezi sa zahtjevima i uvjetima koje građevina mora ispuniti, a koji bi proizlazili iz neispravno izrađenog projekta (pa posljedično tome i neispravno izgrađene građevine), različita.

Na prvom mjestu, s najmanjim rizikom, jest pitanje usklađenosti građevine s lokacijskim uvjetima za provedbu zahvata u prostoru: osiguranje da se ne dogodi propust u smislu udovoljavanja tim lokacijskim uvjetima je višestruko. Kao prvo, uvjetima bi moralno biti udovoljeno samom činjenicom da je glavni projekt izradio ovlašteni projektant. Moguća pogreška u tom pogledu izbjegava se, nadalje, izjavom projektanta da je projekt izradio u skladu s lokacijskim uvjetima. Treći korak u osiguravanju da nije došlo do propusta jest sama provjera tijela graditeljstva je li glavni projekt ispravno izrađen u tom smislu, a sva tri načina su još dodatno osigurana odredbom o teškoj povredi dužnosti odgovornih osoba (članak 105. stavak 2. Zakona o gradnji).

Na drugom mjestu, s nešto većim rizikom se nalazi pitanje usklađenosti građevine s različitim zahtjevima i uvjetima iz propisa nositelja javnog interesa (svih osim javnopopravnog područja graditeljstva). Ispunjavanje zahtjeva odnosno udovoljavanje uvjetima trebala bi, prije svega, osigurati činjenica da je glavni projekt izradio ovlašteni projektant. Dodatno osiguranje predstavlja izjava projektanta o tome da je glavni projekt izrađen u skladu s odgovarajućim propisima i uvjetima. Na to se još treba nadodati i potvrda javnopopravnog tijela da je glavni projekt izrađen u skladu s propisima tog javnopopravnog tijela. Razina sigurnosti je do ovoga koraka približno jednaka kao i za slučaj lokacijskih uvjeta za provedbu zahvata u prostoru (ako se zanemari činjenica da ispunjavanje lokacijskih uvjeta provjera tijelo graditeljstva, a ne tijelo prostornog uređenja) no kako nije propisano da je izrada projekta protivno propisima i uvjetima javnopopravnih tijela ili izdavanje građevinske dozvole na temelju projekta koji bi bio protivan tim propisima i uvjetima teška povreda dužnosti odgovorne osobe, razina rizika za investitora je ipak nešto veća nego što je to slučaj za lokacijske uvjete.

Najvećem je riziku od mogućnosti da projekt nije ispravan investitor izložen za one zahtjeve koji su uređeni propisima iz područja graditeljstva. Za te zahtjeve osiguravanje od moguće neispravnosti projekata (osim za ograničeni broj građevina glede mehaničke otpornosti i stabilnosti) svedeno je na pretpostavku i očekivanje da su svi zahtjevi ispunjeni zato što je projekt izradio ovlašteni projektant, te da je u tom smislu dao i izjavu.

2.1.3 Propisi iz drugih upravnih područja i njihova (ne)primjena

Daljnji primjer u kojem je investitor izložen određenom riziku je odredba (Zakon o gradnji, članak 5., stavak 2. i 3.) koja uređuje primjenu propisa čije je donošenje propisano posebnim zakonima. Za donošenje tih propisa, kojima se uređuju neka pitanja građenja ili značajki građevina, potrebna je suglasnost ministra nadležnog za graditeljstvo.

Zakon o gradnji, članak 5., stavak 2. i 3.:

Pravilnici i tehnički propisi, čije je donošenje propisano posebnim zakonima, a koji utječu na ispunjavanje temeljnog zahtjeva za građevinu ili na drugi način uvjetuju gradnju građevina ili utječu na građevne i druge proizvode koji se ugrađuju u građevinu, donose se uz suglasnost ministra.

Pravilnici i tehnički propisi doneseni protivno stavku 2. ovoga članka ne primjenjuju se u provedbi ovoga Zakona.

Kako postoji obveza projekte izraditi u skladu s postojećim propisima, slijedom spomenute pozitivne odredbe (tj. da se propisi iz drugih upravnih područja moraju donijeti uz suglasnost ministra graditeljstva) i očekivanja da su (baš zbog suglasnosti) ti propisi usklađeni (i) sa Zakonom o gradnji, projektant će izraditi projekte u skladu s takvim propisom. Međutim, ako je kojim slučajem upoznat s činjenicom da je propis iz drugog upravnog područja donesen bez suglasnosti ministra graditeljstva, ne bi smio primjeniti takav propis, osobito ako još ima i podatke da je ono što takav propis zahtjeva u suprotnosti s onim što uređuje Zakon o gradnji.

U nastavku realizacije investicijskog projekta se, pri izdavanju građevinske dozvole, provjera je li zahtjevu priložena potvrda nekog javnopravnog tijela da je projekt izrađen u skladu s propisom za čiju provedbu je to javnopravno tijelo zaduženo. Za opisani slučaj, kada propis nije primjenjen, javnopravno tijelo bi odbilo izdati potvrdu, te se kao posljedica toga ne bi mogla niti izdati građevinska dozvola, čime bi realizacija investicijskog projekta bila dovedena u pitanje. Moguća je i situacija da bi tijelo graditeljstva, primjenom stavka 3. spomenute odredbe prihvatiло da potvrda javnopravnog tijela nije potrebna, te bi izdalо građevinsku dozvolu. U tom bi slučaju investitor bio izložen riziku da mu nije potvrđeno da glavni projekt ispunjava zahtjeve tog posebnog propisa.

Da se ne radi o zanemarivom problemu, pokazalo je znanstveno istraživanje parametara koji utječu na uspješnost izdavanja građevinskih dozvola i provedbu drugih postupaka. U okviru tog istraživanja provedena je analiza uzorka od 42 podzakonska akta objavljena u "Narodnim novinama" u razdoblju od 1. siječnja 2009. do 15. svibnja 2011. koji se donose

na temelju posebnih zakona (pretraživanje je napravljeno traženjem riječi "objekt" u bilo kojem dijelu propisa), a koji podliježe obvezi ishođenja suglasnosti ministra nadležnog za gradnju, za samo 25 % je ista suglasnost ishođena.

Pregled propisa prikazan je u tablici 1. Propisi su označeni rednim brojem objave u tekućoj godini, i brojem "Narodnih novina" u kojima su objavljeni.

Tablica 1. Pregled uzorka podzakonskih akata za koje je trebalo ishoditi suglasnost ministra nadležnog za gradnju

Redni broj objave	NN	Sugl.	Redni broj objave	NN	Sugl.	Redni broj objave	NN	Sugl.
1056	45/2011	-	2245	78/2010	-	1870	78/2009	-
807	35/2011	-	2223	77/2010	-	1811	75/2009	+
576	28/2011	-	1385	58/2010	-	1534	66/2009	+
499	24/2011	-	1384	58/2010	-	1446	64/2009	+
3552	139/2010	-	1284	52/2010	-	1417	62/2009	-
3338	129/2010	+	1125	44/2010	-	1278	55/2009	-
3103	119/2010	-	992	38/2010	-	1174	50/2009	-
3017	114/2010	-	959	37/2010	-	1173	50/2009	-
2908	110/2010	-	504	20/2010	-	1172	5072009	-
2882	108/2010	-	374	15/2010	-	1041	45/2009	-
2834	105/2010	+	179	8/2010	+	746	33/2009	-
2609	93/2010	+	107	4/2010	+	570	26/2009	+
2460	87/2010	-	3099	126/2009	-	297	13/2009	-
2343	82/2010	-	2933	119/2009	+	94	3/2009	-

Premda se ne može tvrditi da su svi podzakonski akti za koje suglasnost nije ishođena ujedno i neusklađeni s propisima koji se izvorno donose iz područja graditeljstva, vjerojatnost neusklađenosti uz ovako učestalo propuštanje ishođenja suglasnosti je velika.

Sličan problem nastaje i u slučaju kada posebnim zakonom nije propisana obveza da se pribavi potvrda javnopravnog tijela na glavni projekt, no javnopravno tijelo, u vezi s obavljanjem određene djelatnosti, provodi svoj postupak nakon što je već izdana uporabna dozvola za građevinu ("minimalni tehnički uvjeti"). U tom postupku javnopravno tijelo može naći da građevina ili neka njezina svojstva ne ispunjavaju zahtjeve za obavljanje određene djelatnosti ili kategoriju i odbiti izdati rješenje za njezino obavljanje. Primjer za to je kategorizacija hotela prema odgovarajućim propisima [9, 10].

2.2 Građenje po izvršnoj ili pravomoćnoj građevinskoj dozvoli

Jedini izričito spomenuti izbor koji se ostavlja investitoru na volju jest onaj želi li započeti građenje nakon što građevinska dozvola postane izvršna (Zakon o gradnji, članak 106, stavak 2.), umjesto da čeka njezinu pravomoćnost.

Zakon o gradnji, članak 106, stavak 2.:

Investitor može na vlastitu odgovornost i rizik pristupiti građenju na temelju izvršne građevinske dozvole.

Zakonom predviđena situacija je da se građenju pristupa nakon što građevinska dozvola postigne stanje pravomoćnosti. Pravomoćna odluka je "...odлука javnopravnog tijela protiv koje se ne može izjaviti žalba niti pokrenuti upravni spor..." (članak 13. Zakona o općem upravnom postupku). Pojednostavljeno rečeno, u slučaju da na građevinsku dozvolu ne uloži žalbu niti jedna od stranaka u postupku, građevinska dozvola će postati pravomoćna već nakon petnaest dana od kada ju je primila zadnja stranka. U slučaju da neka stranka uloži žalbu, pa poslije toga i pokrene upravni spor, građevinska dozvola može postati konačna tek protekom dužeg vremena, nakon što su i resorno ministarstvo (u žalbenom postupku) i Upravni sud (u upravnom sporu) potvrdili da je građevinska dozvola izdana u skladu s propisima.

Da bi se riješio problem dugotrajnog čekanja na pravomoćnost građevinske dozvole, investitoru je ponuđena mogućnost da pristupi građenju i nakon izvršnosti građevinske dozvole. Rješenje koje je donijelo prvostupansko tijelo "...postaje izvršno ... dostavom stranci rješenja kojim se žalba odbacuje ili odbija, ..." (članak 133. stavak 2. Zakona o općem upravnom postupku). S obzirom na to da se radi o situaciji u kojoj investitor treba, nakon što neka od stranaka u postupku izdavanja građevinske dozvole uloži žalbu, samo čekati da ministarstvo odbije žalbu i potvrdi ispravnost građevinske dozvole, rok postizanja stanja izvršnosti građevinske dozvole je znatno kraći. Kako je moguće da stranka čija je žalba odbijena pokrene upravni spor, investitor koji se odluči započeti graditi po izvršnoj građevinskoj dozvoli preuzima na sebe rizik mogućnosti da (nakon nekog vremena, u tijeku građenja ili čak nakon što je građenje završeno) Upravni sud nađe građevinsku dozvolu neispravnom i da ju poništi.

2.3 Rizici povezani s "jednostavnijim" građenjem

2.3.1 Građenje jednostavnih i drugih građevina bez građevinske dozvole

Odredbe propisa kojim se uređuju pravila za gradnju jednostavnih i drugih građevina i rada [11] kojemu je svrha urediti što se smije graditi bez građevinske dozvole, također mogu biti izvor rizika za investicijski projekt. Pretpostavka je sustava kontrole gradnje da će se iz opisa građevina odnosno radova, kako su dani pravilnikom, znati u kojim slučajevima se građevina (odnosno radovi) nalaze unutar okvira opisa iz propisa. Slijedom toga, investitor bi (uz stručnu pomoć sudionika u gradnji) mogao pristupiti građenju takve građevine odnosno izvođenju takvih radova bez građevinske dozvole, bez rizika da zbog toga bude sankcioniran. Međutim, zbog raznovrsnosti građevina odnosno radova i uvjeta u kojima se građevine grade, odredbe propisa teško da mogu dovoljno precizno opisati sve slučajeve koji se mogu pojaviti u praksi. To osobito zato što nigdje nije postavljeno načelo koje bi određivalo što se može smatrati jednostavnom građevinom ili radom, pa bi moglo poslužiti i u slučaju neke dvojbe. Istovremeno, nije predviđeno da ijedno upravno tijelo investitoru

izdaje dokument kojim bi potvrdilo da se namjeravana gradnja nalazi u okvirima određenim propisom. Stoga je investitor koji gradi građevinu (odnosno izvodi radove) za koju se ne može nedvojbeno utvrditi ispunjava li zahtjeve iz propisa, izložen riziku da će se tek inspekcijskim pregledom utvrditi radi li se ipak o građevini odnosno radovima za koje je građevinska dozvola potrebna, s odgovarajućim posljedicama za realizaciju investicijskog projekta.

Jedan od primjera koji ilustrira rizik kojem je izložen investitor koji izvodi radove za koje je predviđeno da se mogu izvoditi na temelju glavnog projekta, a bez građevinske dozvole jesu odredbe koje se odnose na "poboljšavanje" ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu te one koje se odnose na preuređenje postojeće zgrade novim potrebama (Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, članak 5., podstavci 1. i 2.). Odredbe, i s njima povezani rizici, osobito su zanimljive s aspekta provedbe investicijskih projekata, jer se podstavak 2. vrlo često koristi upravo u svrhu privođenja postojećih prostora poslovne namjene nekom novom načinu (poslovne) uporabe.

Pri usporedbi ta dva podstavka može se uočiti da je prvi podstavak sveobuhvatan: odnosi se, bez iznimke, na sve (postojeće) građevine, te na sve temeljne zahtjeve. Drugi podstavak je ograničen na (postojeće) zgrade (dakle ne na sve građevine), a isto tako, isključena je njegova primjena u odnosu na dva temeljna zahtjeva.

Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, članak 5., podstavci 1. i 2.:

Bez građevinske dozvole, a u skladu s glavnim projektom mogu se izvoditi radovi:

1. na postojećoj građevini kojima se poboljšava ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu, a kojima se ne mijenja usklađenost te građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena;
2. na postojećoj zgradi radi preuređenja, odnosno prilagođavanja prostora novim potrebama prema kojima se mijenja organizacija prostora, nenosivi pregradni elementi zgrade i/ili instalacije, a kojim promjenama se ne utječe na ispunjavanje mehaničke otpornosti i stabilnosti za građevinu i/ili sigurnosti u slučaju požara te se ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena. (ostatak podstavka ispušten).

Investitor koji namjerava načiniti zahvat na postojećoj zgradi kakav je opisan u podstavku 2., ali koji ujedno podrazumijeva i "poboljšanje" ispunjavanje temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti, naći će se u dilemi smiju li se podstavak 1. i 2. kumulativno primijeniti ili ne smiju. Ako se primijene kumulativno, proizašlo bi da, iako promjenom na postojećoj zgradi utječe na ispunjavanje temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti, taj se zahvat smije načiniti bez ishođenja građevinske dozvole, jer ispunjavanje temeljnog zahtjeva "poboljšava".

Ako se, pak, ne primjenjuju kumulativno, je li dopuštena sukcesivna primjena: u prvom koraku načinit će se zahvat u skladu s podstavkom 1. ("poboljšat" će se ispunjavanje temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti), pa kad se taj zahvat završi (i ishodi uporabna dozvola na osnovi toga zahvata kako bi se otklonila svaka sumnja da se radilo o kumulativnoj primjeni podstavaka), u drugom će se koraku načiniti preuređenje odnosno

prilagođavanje prostora novim potrebama (s još jednom uporabnom dozvolom na kraju zahvata).

Razumljivo je da je drugi scenarij dugotrajniji i skuplji, te da će se investitor radije prikloniti tumačenju da je kumulativna primjena odredbi dopuštena i pri tome izložiti riziku hoće li se tijekom građenja u (eventualnom) inspekcijskom nadzoru utvrditi da tome nije tako. Rizik je to veći, ako se zna da za sve građevine i radove koji su obuhvaćeni Pravilnikom, nitko osim građevinske inspekcije nema uporište u propisima na temelju kojeg može potvrditi (ili odbiti potvrditi) da se radi o zahvatu koji odgovara onome što je opisano u Pravilniku; s druge strane, građevinska inspekcija postupa isključivo dok je građenje u tijeku. Pojednostavljeno rečeno, investitor mora pristupiti građenju kako bi (ako se provede inspekcijski nadzor) dobio potvrdu da je to što gradi usklađeno s Pravilnikom.

2.3.2 Izvedbeni projekt i usklađenost s glavnim projektom

Odredbe svih dosadašnjih zakona koje su uređivale gradnju [12-16] koja se odnosi na izvedbeni projekt imale su izričaj koji je obvezivao projektanta da izvedbeni projekt mora izraditi u skladu s glavnim projektom. Ta je odredba još i razrađena u odgovarajućem pravilniku (Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina, članak 34., stavak 1.; članak 35., stavak 3.)([17]) u kojem je detaljnije razrađeno koji je način da se izvedbeni projekt izradi u skladu s glavnim projektom. Odredbe nedvojbeno upućuju na to da se izvedbenim projektom može dati samo razrađeno i nepromijenjeno tehničko rješenje koje je dano glavnim projektom.

Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina, članak 34., stavak 1.:
Izvedbeni projekt za građevinu sadrži odgovarajuće projekte pojedinih struka kojima se razrađuje tehničko rješenje projektirane građevine, radi ispunjenja uvjeta određenih u glavnom projektu.

Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina, članak 35., stavak 3.:
Detaljniji opisi, dodatne računske provjere i detaljnija razrada programa kontrole i osiguranja kvalitete iz stavka 1. i 2. ovoga članka ne smiju mijenjati tehničko rješenje dano glavnim projektom.

Izmjenom Zakona o gradnji [18], zahtjev da izvedbeni projekt "...mora biti izrađen u skladu s glavnim projektom." (članak 74. stavak 2. izvornog Zakona o gradnji iz 2013. godine [16]) je izmijenjen u „...ne smije biti izrađen protivno glavnom projektu.“ (članak 19. Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o gradnji iz 2017. godine [18]). S jedne strane, stječe se dojam da se radi o pojednostavljenju u sustavu kontrole gradnje jer je projektantu ostavljena veća sloboda pri izradi izvedbenog projekta, u smislu toga da se ne mora držati onoga što je dano kao tehničko rješenje i određeno kao uvjeti građenja (što bi podrazumijevalo "biti u skladu"), već je dovoljno da s tim sadržajem glavnog projekta "ne bude u suprotnosti". Međutim, u praktičnoj primjeni ostalo je nejasno koja je granica razlike izvedbenog i glavnog projekta koja još uvijek osigurava da izvedbeni

projekt "ne bude u suprotnosti". Investitor može biti uvjeren da je izvedbeni projekt po kojem se izvodi građevina ispravan u smislu izričaja u izmijenjenom Zakonu o gradnji, no prilikom (eventualnog) inspekcijskog nadzora građevinska inspekcija može utvrditi da je izvedbeni projekt (pa time i samo građenje) suprotno glavnom projektu. Takav nalaz izaziva odgovarajuću inspekcijsku mjeru (obustavu građenja) koja sasvim sigurno ima nepovoljan utjecaj na realizaciju investicijskog projekta.

U slučaju da se tijekom građenja i ne provede inspekcijski nadzor (građevinska inspekcija nema obvezu nadzirati svako građenje), sigurno je da će se provoditi tehnički pregled u okviru postupka izdavanja uporabne dozvole. Budući da je svrha tehničkog pregleda "... utvrđivanje izgrađenosti građevine u skladu s građevinskom dozvolom,..." (članak 139. Stavak 1. Zakona o gradnji), postoji mogućnost da se u toj službenoj radnji utvrdi da je građevina izvedena po izvedbenom projektu koji je prekoračio granicu dopuštenoga i bio izrađen suprotno glavnom projektu. Razumljivo, za tu građevinu se neće moći izdati uporabna dozvola, što ugrožava realizaciju investicijskog projekta.

Zakon o gradnji, članak 74., stavak 3.:

Izvedbeni projekt se izrađuje:

1. za građenje građevina 1. skupine
2. ako je to određeno glavnim projektom
3. ako su to investitor i izvođač ugovorili ugovorom o građenju.

Još je veći rizik za projekt odredba (Zakon o gradnji, članak 74. stavak 3.) koja omogućuje da se građevine grade bez izvedbenog projekta. Naime, slijedom logike građenja, u nekom trenutku bit će nužno razraditi tehničko rješenje iz glavnog projekta (samo kao primjer navest će se nacrti armature koje glavni projekt ne sadrži). Ta će se razrada izraditi kao grafički prikaz koji po svojoj naravi nije izvedbeni projekt, a vjerojatno ga nije izradila niti osoba ovlaštena za projektiranje. U slučaju da dođe do kakvog problema (recimo pri samom građenju, pri izdavanju uporabne dozvole, kasnije tijekom uporabe građevine), investitor neće moći koristiti zaštitne mehanizme koji su predviđeni propisima (prekršajne odredbe, odredbe o osiguranju za slučaj pogrešaka ili propusta učinjenih za vrijeme pružanja inženjerskih usluga) iz vrlo jednostavnog razloga – ne radi se o dokumentu koji je "projekt" u smislu građevnotehničke regulative, pa se na takav grafički prikaz niti ne mogu primjeniti elementi sustava kontrole gradnje.

2.3.3 Dopuštena odstupanja u građenju i odgoda izmjene građevinske dozvole

Svaki investicijski projekt, može se reći gotovo bez iznimke, ima u sebi potencijal da tijekom građenja dođe do određenih odstupanja izvedenih dijelova građevine ili građevine u cjelini od glavnog projekta. Po logici stvari, to je odstupanje prije svega posljedica neizbjegljivih nepreciznosti građevinskih metoda koje se rabe pri građenju konkretne građevine. Međutim, može biti riječ o namjernom odstupanju zbog prilagodbe tehničkog rješenja stvarnom stanju na gradilištu ili pak zbog promjene ideje investitora i želje da se izgradi nešto što je različito od odobrenog. Razumijevajući tu neminovnost građevnotehničkom

regulativom su obuhvaćeni različiti slučajevi, tako da u vezi s dopuštenim odstupanjima od glavnog projekta, Zakon o gradnji razlikuje tri mogućnosti:

- odstupanja koja su takve prirode kako će se smatrati da se od glavnog projekta nije odstupilo, te zbog njih ne postoji obveza izmjene građevinske dozvole, i
- odstupanja koja su takve prirode da je za njih potrebno ishoditi izmjenu građevinske dozvole, ali je investitoru ostavljena mogućnost da tu obvezu odgodi do trenutka neposredno prije ishođenja uporabne dozvole, te
- odstupanja koja zahtijevaju izmjenu građevinske dozvole, ali je takvo da nije dopuštena odgoda.

Budući da treća mogućnost ne izaziva posebne rizike za investitora, u ovom se pregledu neće razmatrati.

Za slučaj dopuštenog odstupanja za kojeg ne postoji obveza ishođenja građevinske dozvole, razmotrit će se rješenja iz Zakona o gradnji iz 2013. godine [16], i novije rješenje istog problema iz Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o gradnji iz 2017. godine [18].

Zakon o gradnji (2013.), članak 19.:

Prilikom građenja građevine dopušteno odstupanje u odnosu na mjere određene glavnim projektom iznosi 3 % pojedinih dimenzija prostora i prostorija građevine (širina, visina, dužina), dok je u pogledu ukupnih pojedinih vanjskih mjeri građevine dopušteno odstupanje do 0,30 metra, osim u pogledu odstupanja od obveznog građevinskog pravca i najmanje udaljenosti od međe.

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o gradnji (2017.), članak 4. (mijenja članak 19.):

Prilikom građenja građevine dopušteno je odstupanje u odnosu na glavni projekt sukladno pravilima struke ako se time ne utječe na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu i ne mijenja usklađenost građevine s utvrđenim lokacijskim uvjetima.

Odredba iz 2013. godine (Zakon o gradnji (2013.), članak 19.) ograničila se na dopuštena odstupanja dimenzija građevine. Razmatrajući to rješenje, može se zaključiti da se niti jedno odstupanje od glavnog projekta ne dopušta, osim onoga koje ima karakter dimenzija građevine. To bi značilo da se u pogledu bilo koje druge karakteristike građevine, prema tom rješenju nije smjelo ne dopušta, a da se ne provede kroz izmjenu građevinske dozvole. Proizlazi da bilo koje odstupanje od npr. veličine unutarnjih sila ili od kvalitete uporabljenih materijala (ne odnosi se na propisima uređena svojstva bitnih značajki koje moraju imati građevni i drugi proizvodi koji se ugrađuju u projektirani dio građevine, već na značajke kvalitete koje proizlaze iz zahtjeva investitora) ne bi bilo dopušteno, a da nije ishođena izmjena i dopuna građevinske dozvole. Prema tome, rizik da se odstupi od glavnog projekta je prema tom rješenju iz zakona bio iznimno velik.

S druge strane, sadašnja odredba (Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o gradnji (2017.), članak 4. (mijenja članak 19.)), iako je povoljnija jer nije ograničena isključivo na dimenzije, već se odnosi na bilo koju karakteristiku građevine, ipak ostavlja određeni rizik za investitora jer dopušta odstupanja unutar pravila struke. Budući da formalizirani popis pravila struke

ne postoji, niti postoji stručno ili kakvo drugo tijelo koje bi bilo formalno nominirano da, u slučaju potrebe, procijeni je li nešto unutar pravila struke, investitor je izložen riziku da se oko pitanja je li odstupanje unutar pravila struke ili nije pokrene rasprava ili spor. Kako bi odstupanje koje nije "sukladno pravilima struke" imalo za rezultat intervenciju nadzornog inženjera a možda i građevinske inspekcije, niti ovo rješenje u zakonu nije otklonilo sve rizike.

Drugi slučaj u kojem je investitor zbog načina na koji je dano zakonsko rješenje izložen riziku, jest mogućnost da se, u slučaju odstupanja, izmjena građevinske dozvole mora ishoditi najkasnije do podnošenja zahtjeva za izdavanje uporabne dozvole (Zakon o gradnji, članak 106.a, stavak 2.). Investitor koji se odluči primijeniti ovu mogućnost, izlaze se (osim za temeljni zahtjev sigurnosti u slučaju požara) da izvede građevinu u skladu s izmjenjenim i/ili dopunjennim glavnim projektom, no da taj projekt ne bude potvrđen od javnopravnih tijela, te da se izmjena i dopuna građevinske dozvole ne može izdati. Slijedom toga, ne bi se mogla izdati niti uporabna dozvola, i time bi se realizacija investicijskog projekta dovela u pitanje.

Zakon o gradnji, članak 106.a, stavak 2.:

Izmjene tijekom građenja kojima se utječe na ispunjavanje bilo kojeg temeljnog zahtjeva za građevinu, osim na temeljni zahtjev sigurnosti u slučaju požara, a kojima se ne mijenja usklađenost građevine s utvrđenim lokacijskim uvjetima, investitor može učiniti na temelju izmjene i/ili dopune glavnog projekta koji je sastavni dio građevinske dozvole na temelju koje se gradi, s time da izmjenu i/ili dopunu građevinske dozvole ishodi prije podnošenja zahtjeva za izdavanje uporabne dozvole.

2.4 Ostali rizici

2.4.1 Rok za pristupanje početku građenja i prijava početka građenja

U vezi s rokom u kojem se mora početi graditi nakon što je građevinska dozvola postala pravomoćna (Zakon o gradnji, članak 123.) postoji rizik koji je povezan s prijavljivanjem početka građenja, odnosno s propuštanjem da se početak građenja prijavi. Naime, rješenje prema kojem se datum pristupanja građenju smatra dan prijave početka građenja krije u sebi rizik za investitora koji propusti postupiti u skladu s propisom i ne prijavi početak građenja a ipak pristupi građenju. Za slučaj da zatraži uporabnu dozvolu nakon što je proteklo više od tri godine od pravomoćnosti građevinske dozvole, tada bi mu ona trebala biti odbijena jer se "zahtjevu za izdavanje uporabne dozvole ... prilaže: 1. fotokopija građevinske dozvole, ..." (članak 137. stavak 2. Zakona o gradnji), a uporabna dozvola se izdaje "ako se utvrdi: 1. da je uz zahtjev za njezino izdavanje priložena propisana dokumentacija" (članak 144. stavak 1. Zakona o gradnji). Razumljivo je da se zahtjevu treba priložiti fotokopija građevinske dozvole koja vrijedi. Kako je investitor propustio prijaviti početak građenja, građevinska dozvola je prestala vrijediti, pa ona ne ulazi u skup "propisane dokumentacije", a više nema niti mogućnosti da se po njoj prijavi početak građenje.

Zakon o gradnji, članak 123.:

- (1) Građevinska dozvola prestaje važiti ako investitor ne pristupi građenju u roku od tri godine od dana pravomoćnosti dozvole.
- (2) Smatra se da je investitor pristupio građenju u smislu stavka 1. ovoga članka od dana prijave početka građenja.

S druge strane građevina je zapravo stvarno izgrađena u vrijeme dok je građevinska dozvola vrijedila, no o tome ne postoji propisani formalni dokaz u obliku prijave početka građenja. Kako je Zakon o gradnji uredio način dokazivanja datuma pristupanja građenju i ne predviđa neku drugu mogućnost dokazivanja da je građenje započelo u vrijeme dok je građevinska dozvola bila na snazi, ostaje otvoreno pitanje bi li se voditelj postupka izdavanja uporabne dozvole poslužio odredbom Zakona o općem upravnom postupku, prema kojoj službena osoba "... u postupku utvrđuje činjenično stanje svim sredstvima prikladnim za dokazivanje..." (članak 58. stavak 1. Zakona o općem upravnom postupku), i prihvatio nešto drugo kao dokaz o datumu pristupanja građenju.

2.4.2 Investitor i dokumentacija na gradilištu

Novost koja je uvedena u sustav kontrole gradnje 2017. godine (Zakon o gradnji, članak 49. stavak 4.), po kojoj je investitor u obvezi osigurati svu dokumentaciju koja je potrebna za obavljanje tehničkog pregleda, još je jedan rizik kojem je sustav izložio investitora. Uvođenjem ovakve obveze djelomično se rješava jedan problem koji se pojavljuje u određenom broju slučajeva, a to je da izvođač kojem je povjeren posao građenja neke građevine taj posao ne dovrši (npr. zbog raskida ugovora o građenju) i odlazi s gradilišta prije završetka građenja. Slična je situacija i kada je izvođaču povjeren građenje dijela građevine, pa on, nakon što je dovršio svoj dio posla, odlazi s gradilišta. Jedan od problema koji se može pojavit u takvim slučajevima jest i gubitak ili nedostupnost dokumentacije koju izvođač mora stvarati ili prikupljati tijekom građenja građevine (dokazi o svojstvima/sukladnosti/kvaliteti), što onda predstavlja problem izvođaču koji je preuzeo posao da pripremi sve dokumente potrebne za tehnički pregled.

Zakon o gradnji, članak 49. stavak 4.:

Investitor je dužan osigurati dokumente i podatke potrebne za sastavljanje pisane izjave o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine ako tijekom građenja dođe do promjene izvođača.

Premda se u svojoj osnovnoj zamisli odredba čini opravdanom – investitor je osoba koja se u građenju konkretnе građevine nije promijenila, pa je logično da bude zadužena i za kontinuitet – sustav nije investitoru ni na koji način osigurao da tu obvezu provede. Naime, prikupljanje dokumentacije je izričita obveza izvođača (članak 135., stavak 1., podstavak 9. Zakona o gradnji) i on ju je dužan imati na gradilištu te predati investitoru tek kada

je građenje dovršeno (članak 135., stavak 3. Zakona o gradnji). Prema tome, dok je god neki gospodarski subjekt izvođač određene građevine, dokumentacija se mora nalaziti u njegovom posjedu.

Stavljanje obveze investitoru da u slučaju promjene izvođača mora osigurati dokumentaciju koju je ovaj prikupio, a da istovremeno nije i takvom izvođaču dano u obvezu da tu dokumentaciju mora predati investitoru u slučaju prekida rada na građevini, znači izložiti investitora riziku da o svom trošku mora pribaviti nedostajuću dokumentaciju ili onu koja ju može zamijeniti, a da taj trošak ne može naknaditi od izvođača koji mu je uskratio ustupiti dokumentaciju.

3 Rasprava

Ovih nekoliko primjera rizika kojima je izložen investitor investicijskog projekta zbog načina kako su propisima uređena neka pitanja gradnje, potrebno je raspraviti u okvirima odgovornosti koju imaju pojedinci, gospodarski subjekti i javnopravna tijela u sustavu kontrole gradnje kako je sada uređen.

Investitor u čije ime se gradi građevina, neprijeporno je ključni entitet bez čijeg angažmana gradnje ne bi niti bilo. Odluku o tome da želi graditi svaka osoba odnosno gospodarski subjekt donosi samostalno – ne postoji ničija obveza (tj. nema takve obveze u sustavu kontrole gradnje) da nešto gradi. U tom je smislu, adresiranje obveza povezanih s gradnjom građevina investitoru, potpuno opravdano. No, razumijevajući da je investitor neuk u poslovima graditeljstva, sustav kontrole gradnje stavlja investitoru u obvezu da za obavljanje određenih poslova angažira pojedince odnosno gospodarske subjekte koji imaju (odnosno sustav očekuje da imaju) potrebna znanja, vještine i kompetencije odnosno sposobnosti potrebne u gradnji građevina te profesionalnu odgovornost i integritet. Isto tako, za određena pitanja sustav predviđa i angažman javnopravnih tijela odnosno njihovih službenika kao neovisnih procjenitelja jesu li propisani zahtjevi i uvjeti ispunjeni.

Uloga profesionalnih osoba odnosno gospodarskih subjekata je, pojednostavljeno rečeno, sljedeća: projektant mora izraditi ispravne projekte, izvođač mora izgraditi građevinu po tim projektima, a nadzorni inženjer mora svojim nadzorom osigurati da se to doista i dogodi. Sustav kontrole gradnje je u skladu s tim ulogama postavio i zahtjeve za znanjima, vještinama i kompetencijama tih osoba [1, 2] te definirao odgovornosti tih osoba [8] (premda ima nekih odredbi koje dovode u sumnju pojedinačnu odgovornost, članak 58., stavak 1., podstavak 5. Zakona o gradnji). Temelj tog dijela sustava kontrole gradnje je prepostavka da profesionalne osobe posjeduju potrebna znanja, vještine i kompetencije, a poslovni subjekti sposobnosti te da su odgovorni u obavljanju svojih poslova odnosno djelatnosti. Posljedica takvih prepostavki jest da se očekuje da je rezultat rada profesionalnih osoba odnosno gospodarskih subjekata ispravno građenje. Sve to je još potkrepljeno pojedinačnim izjavama (Izjava projektanta o usklađenosti projekta s propisima; Završno izvješće nadzornog inženjera; Izjava izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine) kojima profesionalne osobe odnosno gospodarski subjekti tijelu graditeljstva izjavljuju da su svoj profesionalni dio posla obavile ispravno. Međutim, ta se prepostavka odnosno očekivanje može i ne ostvariti (članak 58., stavak 58., podstavak 5., članak 163.

Stavak 1., članak 168., stavak 3., podstavak 4. Zakona o gradnji), a ova je analiza pokazala da sustav kontrole gradnje nema ugrađene mehanizme koji bi osigurali da se eventualna neispravnost projekta pravovremeno i bez iznimke uoči i ispravi.

Uloga javnopravnih tijela je postavljena na sljedeći način: ono upravno područje (resor) koje je ocijenilo da zbog zaštite javnog interesa za koji odgovara mora načiniti uvid u glavni projekt i potvrditi njegovu usklađenost sa zahtjevima koji štite taj javni interes, uredio je to svoje pravo/obvezu putem propisa iz svoje nadležnosti (primjer: [6]); pri tome mu je sustav kontrole gradnje odredio mehanizme provedbe tog prava/obveze (članak 3., stavak 1., podstavak 16. Zakona o gradnji).

Propisi onih javnopravnih tijela koji se odnose na značajke građevine za koje je ocijenjeno da nisu ključne za zaštitu javnog interesa, nemaju uređeno pravo/obvezu uvida i potvrđivanja usklađenosti glavnog projekta. Kontrola takvih građevina se provodi nakon što je građevina dovršena (u nekim slučajevima i opremljena te sa zaposlenim osobljem), da bi se ocijenilo jesu li zahtjevi koji su propisani za npr. obavljanje neke djelatnosti ispunjeni (primjer: [9]).

Posebno mjesto među javnopravnim tijelima ima upravno područje (resor) graditeljstva koji uspostavlja sustav kontrole gradnje i odgovara za njegovu provedbu. Jedini javni interes, iz upravnog područja (resora) graditeljstva, za koje je ocijenjeno da resor graditeljstva mora posebno štititi jest mehanička otpornost i stabilnost građevine (putem instituta kontrole projekata), a i to samo za ograničeni broj građevina (članak 95. Zakona o gradnji). Međutim, upravno područje (resor) prostornog uređenja se u postupku koji vodi tijelo graditeljstva, osim zaštite koja proizlazi iz očekivanja od znanja, vještina i kompetencija te integriteta projektanata i njihove izjave, štiti i dodatnim institutima. Jedan od tih instituta je provjera – koju provode službenici tijela graditeljstva (za koje Zakonom o gradnji nije propisano kakva znanja, vještine i kompetencije moraju imati) - je li glavni projekt izrađen u skladu s dijelom lokacijskih uvjeta; ta provjera (osim što se radi o provjeri koje pripada u drugo upravno područje) odgovara onome što imaju propisana druga javnopravna tijela u okvirima svojeg upravnog područja. Drugi institut je teška povreda službene dužnosti odgovorne osobe (članak 105., stavak 2. Zakona o gradnji) za slučaj da se putem građevinske dozvole odobri glavni projekt koji ne ispunjava spomenute lokacijske uvjete.

Kako se odgovarajući institut (teška povreda dužnosti i ugleda ovlaštenog projektanta, (članak 105., stavak 1. Zakona o gradnji) primjenjuje i na projektanta (ali isključivo u vezi s dijelom lokacijskih uvjeta), proizlazi da izrada glavnog projekta u kojem su dana takva tehnička rješenja kojima se neće ispuniti temeljni zahtjevi za građevinu **nije** teška povreda dužnosti i ugleda ovlaštenog projektanta. Uz razumijevanje da je zaštita prostora, kao nenadoknadivog resursa, nedvojbeno značajna uloga sustava kontrole gradnje, spomenuto zakonsko uređenje ipak izaziva čuđenje ako se zna da je većina temeljnih zahtjeva izravno povezana sa sigurnošću korisnika građevine odnosno osoba koje se nalaze u zoni njezinog utjecaja kao i s mogućnošću nastanka znatnih materijalnih šteta, ponajprije investitoru odnosno budućem vlasniku građevine.

Kada se ova razmatranja o odgovornostima sudionika u provedbi sustava kontrole gradnje primijene na ostale analizirane rizike kojima je izložen investitor zbog uređenja u propisima, može se zaključiti sljedeće:

1. Može se dogoditi da glavni projekt bude izrađen tako da se za građevinu neće moći (zbog neispravnosti glavnog projekta), ishoditi građevinsku dozvolu; koji put je to povezano i s propisima drugih resora koji nisu usklađeni sa Zakonom o gradnji.
2. Ako se na osnovi ugovornih obveza ne osigura da glavni projekt mora biti izrađen tako da građevina ispunja zahtjeve projektnog zadatka, postoji rizik da se naknadno utvrdi da građevina nije izgrađena u skladu s očekivanom kvalitetom (ugrađenih materijala, funkcionalnosti,...).
3. Tijekom ishođenja građevinske dozvole nije za sve temeljne zahtjeve provedena nezavisna provjera o tome jesu li tehnička rješenja takva da su temeljeni zahtjevi ispunjeni, tj. da građevinska dozvola ne potvrđuje da će građevina biti usklađena sa svim propisima, ako se izgradi po tom projektu.
4. Ako se pristupi građenju na temelju izvršne građevinske dozvole protiv koje se vodi upravni spor, građevinska dozvola može biti naknadno ponишtena, s time da je mogućnost naknade štete od izdavatelja građevinske dozvole onemogućena.
5. Ako se na osnovi ugovornih obveza ne osigura da izvedbeni projekt mora biti izrađen u skladu s glavnim projektom, postoji rizik da se na tehničkom pregledu utvrdi da građevina nije izgrađena u skladu s glavnim projektom.
6. Ako se tijekom građenja koristi mogućnost odgode izmjene građevinske dozvole do podnošenja zahtjeva za građevinsku dozvolu, postoji rizik da se izmjena građevinske dozvole ne može izdati.
7. Ako se koriste prednosti građenja na temelju Pravilnika o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, postoji rizik da se tek nakon što je građenje započelo utvrdi da je za radove potrebna građevinska dozvola.
8. Ako se ugovorom o građenju strogo ne ograniči dopustiva odstupanja tijekom građenja, postoji rizik spora s izvođačem ili s tijelom graditeljstva o tome jesu li odstupanja koja su nastala u okvirima pravila struke ili izvan njih.
9. Ako se iz nekog razloga ne prijavi početak građenja na propisani način, postoji rizik da će izdavanje uporabne dozvole ovisiti o stavu tijela graditeljstva može li se i kako dokazati da se građenju pristupilo u propisanom roku.
10. Ako se ugovorom o građenju ne uredi pitanje ustupanja izvođačeve dokumentacije, postoji rizik da izvođač koji je dovršio ili prekinuo izvođenje radova ne ustupi dokumentaciju investitoru.

Uz navedeni popis rizika i razmatranja o odgovornosti sudionika sustava kontrole gradnje posebno treba razmotriti i izjave sudionika u gradnji (Izjava projektanta o usklađenosti projekta s propisima; Završno izvješće nadzornog inženjera; Izjava izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine) koje se predaju tijelu graditeljstva. Ti dokumenti sadrže izjave s pravnoobvezujućim sadržajem o preuzimanju odgovornosti odgovornih osoba u građenju. Iz činjenice da nije propisana obveza da se izjave predaju i investitoru (koji bi, u slučaju nastanka kakve štete, mogao koristiti takav dokument da zaštitи svoje interese), proizlazi zaključak da je sustav kontrole kakav je uspostavljen Zakonom o

gradnji neravomjerno rasporedio obveze, odgovornosti i rizike koje preuzimaju sudionici provedbe sustava. Naime, investitor, sudionici u gradnji i druga javnopravna tijela u svojim (s gradnjom povezanim) poslovima i djelatnostima odnosno upravnim postupanjima imaju znatne odgovornosti, dok se za samo tijelo graditeljstva (osim u dijelu lokacijskih uvjeta) to ne može reći.

Drugim riječima, za rizike koji mogu biti posljedica sustava kontrole gradnje, zaštita investitora (u pravilu) nije osigurana unutar sustava već je prepušteno investitoru da se od rizika (ako ih je svjestan) i eventualnih sporova štiti rješenjima koja se uređuju ugovorima sa sudionicima u gradnji (ugovor o djelu, ugovor o građenju). U uvjetima pravosuđa za koje je notorno da postoji znatan prostor za povećanje njegove učinkovitosti, takva rješenja ne pridonose investicijskoj klimi.

U svrhu smanjenja rizika koje generiraju regulatorna rješenja sustava kontrole gradnje, morali bi se uspostaviti djelotvorni mehanizmi koji će osigurati da se prepostavke i očekivanja od profesionalnih sudionika u gradnji bez iznimke ostvare, odnosno da eventualne neispravnosti ne ostanu neotkrivene. Ako se u tu svrhu ne želi opterećivati proces izdavanja pojedinačnih građevinskih dozvola (uvođenjem nekog oblika kontrole glavnog projekta), onda se te mehanizme treba provoditi sustavno i kontinuirano, proaktivno upravljavajući svim komponentama sustava i poboljšavajući njegove performanse. Dio tog djelovanja može biti i obveza da izjave s pravnoobvezujućim sadržajem kojim sudionici u gradnji preuzimaju odgovornosti za obavljeni posao odnosno radove predaju (i) investitoru, kako bi se (i) on mogao koristiti tim izjavama za zaštitu svojih interesa. Daljnje promjene u sustavu moguće su u rješenjima koje uređuju "jednostavnije" građenje:

- građenje bez građevinske dozvole po Pravilniku o jednostavnim i drugim građevinama,
- mogućnost odgode izdavanja izmjene građevinske dozvole do podnošenja zahtjeva za uporabnu dozvolu,
- izrada izvedbenog projekta koji "ne smije biti suprotan" glavnom projektu, i
- dopuštanje odstupanja od glavnog projekta "unutar pravila struke".

Naime, postoji potreba da se preispitaju slučajevi koji su opisani kao jednostavne i druge građevine i radovi – početak bi moglo biti definiranje načela po kojima se određuje koje građevine ili radovi pripadaju u tu skupinu. Nadalje, treba za izvedbeni projekt definirati granicu između "ne biti" i "biti" suprotan glavnom projektu, kao i granicu za "odstupanja unutar pravila struke". Sve bi to bilo s ciljem da ne ostane mesta dvojbama i potencijalnim sporovima kako se propis odnosno odredbu treba primijeniti. Uz to, valjalo bi razmotriti i uvođenje nekog neobveznog instituta (neobveznog u smislu da ga investitor može rabiti ako želi) koji bi osigurao provjeru sukladnosti projekta i/ili građenja s propisima, s time da rezultat te provjere bude kasnije obvezujući za tijelo graditeljstva.

Slično rješenje bi bilo prikladno i za značajke građevina koje su bitne za druga upravna područja, ali koje nisu ključne za zaštitu javnog interesa. Javnopravna tijela koja provjeravaju ispunjavanje uvjeta nakon što je građenje dovršeno, morala bi biti u obvezi da (ako im se investitor obrati) daju mišljenje o usklađenosti s propisima koje nadziru, koje mišljenje je za njih kasnije obvezujuće.

4 Zaključak

Nedvojbeno je da je pitanje odluke ulaženja u investiciju i podnošenja rizika koje investicija nosi vlastita odluka investitora. Međutim, kako se zajednica svojim propisima zbog zaštite javnog interesa uključuje u proces realizacije investicijskog projekta, analizirane odredbe i rizici mogu pokazati da je zajednica (posebno resor graditeljstva):

- razlikovanjem građenja po izvršnoj u odnosu na građenje po pravomoćnoj građevinskoj dozvoli,
- prikupljanjem izjava sudionika u gradnji s obvezopravnim sadržajem o preuzimanju odgovornosti za obavljeni posao odnosno izvedene radove,
- prikupljanjem potvrda drugih javnopravnih tijela u usklađenosti glavnog projekta odnosno izvedene građevine s propisima drugih resora,
- zaštićena od posljedica nepovoljnog razvoja događaja u realizaciji nekog investicijskog projekta koji bi bio posljedica pogrešaka ili propusta učinjenih za vrijeme pružanja inženjerskih usluga ili drugih odgovarajućih pogrešaka i propusta javnopravnih tijela ili gospodarskih subjekata.

Istodobno, investitor je zbog nekih odredbi Zakona o gradnji izložen određenim rizicima, a pritom nema mehanizama (odredaba) kojima bi mogao te rizike umanjiti, već je prepušten rješavanju eventualnih problema putem mehanizama obveznih odnosa, a samo u nekim slučajevima putem žalbenih postupaka i upravnim sporovima.

Radi unapređenja investicijske klime, bilo bi potrebno umanjiti ili otkloniti rizike koje za realizaciju investicijskih projekata može generirati sustav kontrole gradnje i uravnotežiti rizike koje preuzimaju pojedini sudionici provedbe sustava kontrole gradnje.

Literatura

- [1] Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje, "Narodne novine", br. 78/15
- [2] Zakon o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju, "Narodne novine", br. 78/15
- [3] Pravilnik o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, obrascu, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera, "Narodne novine", br. 111/14., 107/15., 20/17
- [4] Pravilnik o kontroli projekata, "Narodne novine", br. 32/14
- [5] Zakon o općem upravnom postupku, "Narodne novine", br. 47/09
- [6] Zakon o zaštiti od požara, "Narodne novine", br. 92/10
- [7] Zakon o prostornom uređenju, "Narodne novine", br. 153/13, 65/17
- [8] Zakon o gradnji, "Narodne novine", br. 153/13, 20/17
- [9] Zakon o ugostiteljskoj djelatnosti, "Narodne novine", br. 85/15, 121/16
- [10] Pravilnik o razvrstavanju, kategorizaciji i posebnim standardima ugostiteljskih objekata iz skupine hoteli, "Narodne novine" br. 56/16

- [11] Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, „Narodne novine“, br. 79/14, 41/15, 75/15
- [12] Zakon o građenju, „Narodne novine“, 77/92, 82/92, 33/95
- [13] Zakon o gradnji, „Narodne novine“, 52/99, 57/99, 75/99, 117/2001, 46/2003
- [14] Zakon o gradnji, „Narodne novine“, 175/2003, 100/2004
- [15] Zakon o prostornom uređenju i gradnji, „Narodne novine“, br. 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, 50/12, 55/12
- [16] Zakon o gradnji, „Narodne novine“, br. 153/13
- [17] Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina, „Narodne novine“, br. 64/14, 41/15, 105/15, 61/16, 20/17
- [18] Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o gradnji, „Narodne novine“, 20/17



Rizici u velikim i kompleksnim projektima

Autori:

Prof. dr. sc. Anita Cerić¹

Doc. dr. sc. Maja-Marija Nahod²

¹ Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
Kačićeva 26, Zagreb

² Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja
Republike Austrije 20, Zagreb

Rizici u velikim i kompleksnim projektima

Anita Cerić, Maja-Marija Nahod

Sažetak

Pristup upravljanju rizicima u velikim i kompleksnim projektima je drugičiji u odnosu na ostale projekte. Veliki i kompleksni projekti se često nazivaju i "megaprojekti". Osim velikih finansijskih ulaganja, ti projekti u konačnici imaju i veliki utjecaj na društvo. U radu se daje kraći osvrt postojeće znanstvene literature u području upravljanja rizicima, s posebnim naglaskom na vrste rizika koji su specifični za megaprojekte. Na kraju rada daje se pregled inicijativa većih infrastrukturnih projekata u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: *rizici, veliki i kompleksni projekti, upravljanje rizicima, megaprojekti, investicije*

Risks in large and complex projects

Abstract

The risk management approach in large and complex projects is different from other projects. Large and complex projects are often called "megaprojects". In addition to large financial investments, these projects also have a major impact on society. This paper gives a brief overview of existing scientific literature in the area of risk management, with special emphasis on risk sources specific to megaprojects. At the end of the paper, an overview of major infrastructure projects in the Republic of Croatia is presented.

Key words: *risks, large complex projects, risk management, megaprojects, investment*

1 Uvod

Pojmom velikih i kompleksnih projekata, u nekim specifičnim slučajevima nazvanih mega-projektima, bave se znanstvenici diljem svijeta. Većinom su megaprojekti i složeni projekti ujedno i infrastrukturni projekti. Za sada nema jednoznačne definicije za ta tri ključna pojma, već se postojeće definicije prepleću i međusobno nadopunjavaju. U svakom slučaju radi se o velikim ulaganjima kod kojih kvalitetno upravljanje može donijeti znatne koristi, no vrijedi i obrnuto. Većina definicija megaprojekata je proizašla iz postojećih sedamdesetih vladinih i industrijskih direktiva diljem svijeta [1, 2]. Jedna od općeprihvaćenih definira megaprojekte kao projekte s minimalnom vrijednošću od 1 bil. \$ (oko 847 milijardi €) [3]. Međunarodno priznata organizacija za upravljanje projektima (IPMA, eng. *International Project Management Association*) je u osamdesetih europskih zemalja postavila vrijednosni prag od 87 mil. € za megaprojekte.

Infrastrukturni projekti predstavljaju velik udio nacionalnih ekonomskih aktivnosti te znatno utječe na produktivnost, socijalnu koheziju i okoliš [4]. Većina megaprojekata se odnosi na vrijednost investiranja od 0,01 % i 0,02 % BDP-a, zbog čega se postavila općeprihvaćena granica na 0,01 % BDP-a kao razumnji kriterij prepoznavanja megaprojekata.

Infrastrukturni projekti daju važan doprinos većini sektora: građevinarstvu, zdravstvu, obrani, telekomunikacijama, energetskom i vodnom gospodarstvu, te proizvodnji i znanosti samoj. Dok je odmicanjem vremena zakonodavni okvir sve stroži u inženjerskom i tehničkom smislu, organizacijski zahtjevi prate povećanje kompleksnosti. Stvaraju se novi izazovi i mijenjaju postojeći. Rizike koji su poznati najboljoj praksi potrebno je revidirati i specificirati za svaki veliki infrastrukturni projekt, odražavajući kontekst i okruženje, te mogućnosti svakog pojedinog slučaja.

Dosadašnja iskustva dokazuju visoku rizičnost infrastrukturnih projekata, naročito kod njihovih prvih ciklusa provođenja unutar neke sredine ili zemlje. Istraživači napominju iznimno teško zadovoljavanje pravovremenosti i uklapanja u planirane troškove, tvrdeći da 90 % takvih projekata prekoračuje zadane planske troškovne vrijednosti, [5]. Najpoznatiji obrađivani i citirani primjeri su izgradnja Sydney Opera House u Australiji, koja izgradnja je kasnila 10 godina u odnosu na planirano vrijeme, te prekoračenje troška od 1.400 % do otvorenja 1973.g., te Big Dig Central Artery/Tunnel Project u Bostonu, Massachusetts, s peterostruko promašenim ulaganjima u odnosu na planirano.

2 Aspekti rizičnosti megaprojekata

Prema postojećoj svjetskoj literaturi, upravljanje većim infrastrukturnim projektima je novo područje upravljanja projektima u građevinarstvu, koje je tek potrebno istražiti i poboljšati, [1, 6]. Njihova složenost se očituje u cijelom nizu aspekata u kojima infrastrukturni projekti mogu dati veće utjecaje, zbog čega je analiza rizika prema tim aspektima od velike važnosti za odlučivanje o ulaganjima u njih (slika 1.).



Slika 1. Aspekti rizičnosti infrastrukturnih projekata

Promjene uvjeta, bilo da se radi o promjenama sudionika i interesnih skupina i ljudi, o promjeni zakonodavnog okvira ili promjeni odgovornosti, unaprijed je potrebno predvidjeti analizom rizika kako bi fleksibilnost sustava upravljanja omogućila daljnju uspješnost realizacije projekata pri takvim događanjima. Složenost je najčešće proporcionalna veličini projekta, a složenost pojačava nesigurnosti i onemogućuje predviđanje poteškoća, promjene uvjeta, te nepredviđene mogućnosti s kojima će se susresti projekt tijekom realizacije.

Poznato je da kod upravljanja megaprojektima sve aspekte rizičnosti treba uzeti u obzir. Težnja za kategorizacijom proizlazi iz potrebe sistematizacije i jasnog razlučivanja, što se u upravljanju rizicima megaprojekata nastoji primijeniti već duže vremena. Nastavno na prethodna istraživanja [7-9], kategorizacija rizika koja se dokazala svojom praktičnom primjenom je kako slijedi:

- Rizici u projektiranju su povezani s fazom planiranja megaprojekata, što uključuje metode isporučivanja, ugovaranja i kontrolu opsega investicije
- Pravni i/ili politički rizici proizlaze iz promjena u politikama i smjerovima vlada u zemljama u kojima se iniciraju, razvijaju i/ili provode megaprojekti, što uključuje kriterije autorizacija, političkih opcija i sudionika, promjenu zakonodavnog okvira, otkazivanja koncesija i dugoročnih suradnji i sl.
- Ugovorni rizici uključuju rizike proizašle iz pregovaranja, kao što su promjene opsega investiranja za vrijeme trajanja megaprojekta, te pitanja nepreciznosti i nejasnoća u ugovaranjima
- U fazi izgradnje prisutni su rizici prekoračenja troškova, vremena, problemi koordinacije i neodgovarajućih projektnih rješenja, zajedno sa slučajnim neočekivanim ili nepredviđenim događajima, a čija pojava ovisi o prirodi i složenosti komponenata megaprojekata
- Rizici u fazi operabilnosti i održavanja mogu utjecati na troškove, operativne sposobnosti i kvalitetu, ekonomsku održivost i operabilnu nesposobnost
- Rizici rada se odnose na stručnost, jezik, troškove nesreća i kulturu
- Rizici povezani s investitorom, korisnicima i društvenom zajednicom utječu najčešće na prihode. Oni uključuju rizike potražnje (inflacija, trendovi i rasponi cijena), tržišne rizike,

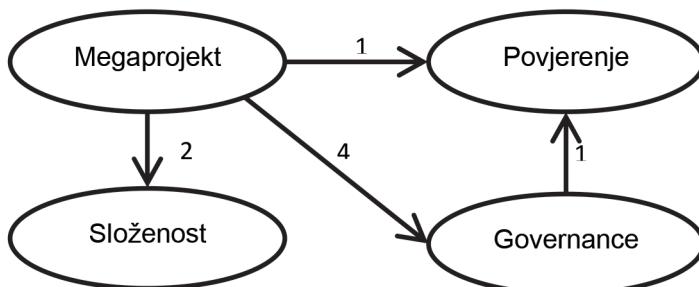
- rizik socijalne neprofitabilnosti koji dovodi u pitanje očekivane koristi društву, utjecaj na rizik lokalnih skupina i ekološki rizici
- Financijski i/ili ekonomski rizici obuhvaćaju događaje vezane za izvedbu megaprojekata. Tu pripadaju:
 - a) ekonomski rizici koji se odnose na ekonomsko okruženje unutar kojeg se investira
 - b) financijski rizici zbog visoke razine solventnosti megaprojekata
 - c) rizici likvidnosti
 - d) rizici promjene tečaja i kamatnih stopa, uglavnom iz dugoročnih kamatnih stopa i tečajnih kretanja
 - Više sile, kao što su rat, prirodne katastrofe, ekstremni vremenski uvjeti, terorizam i sl.

U radu se daje vrlo kratak prikaz postojeće literature o megaprojektima. Nadalje se sumarno prikazuju objavljene inicijative većih projekata u Republici Hrvatskoj (objavljene putem Centra za investicije pri Hrvatskoj gospodarskoj komori), te povezanosti aktivnosti objavljenja projektnih inicijativa sa stupnjem razvoja određenog područja (županija) u Republici Hrvatskoj. Naime, pretpostavlja se da je već u ranim fazama inicijacije projekata razvijenost područja ograničavajući faktor, iz kojeg onda izviru rizici na koje treba obratiti pažnju kod velikih projekata.

3 O postojećoj znanstvenoj literaturi

U više radova obrađen je pregled postojeće literature i trendova u infrastrukturnim i megaprojektima. Neki od primjera su rezultati istraživanja autora Hu i suradnika [1], te istraživanja autora Cerić i Sertić [10]. Među renomirane znanstvene časopise koji objavljaju na ovom području, između ostalog, ubrajaju se: Journal of Management in Engineering (ASCE), the International Journal of Project Management (IJPM), the Journal of Construction Engineering and Management (JCEM), Construction Management and Economics (CME), Leadership and Management in Engineering (LME), and the Project Management Journal (PMJ). Teme koje zaokupljaju pažnju znanstvenika su: upravljanje interesnim stranama (eng. Stakeholder management), planiranje projekta i procesi nabave, upravljanje vremenom i troškovima, upravljanje izvršenjem projektima, upravljanje rizicima, inovacije i upravljanje informacijama, vođenje i profesionalni razvoj, upravljanje složenim projektima, praćenje i kontrola projekata.

Najčešće upotrebljavane ključne riječi u znanstvenim krugovima ovog područja su, na engleskom: "*relational governance*", "*project governance*", "*corporate governance*", "*complexity*" i "*trust*". Ranije provedeno istraživanje, koje je analiziralo znanstvene članke na temu velikih infrastrukturnih projekata, rezultiralo je između ostaloga spoznajom o vezama između ključnih pojmoveva (slika 2.).



Slika 2. Povezanost ključnih riječi u sedam odabranih značajnijih znanstvenih članaka [10]

Analizirajući literaturu može se reći da su glavne karakteristike megaprojekata "veličina" i "složenost". Megaprojekti se definiraju kao privremeni projekti karakterizirani velikom složenošću i većim ulaganjima [2].

Ipak, vezano za sadašnji trend, može se naglasiti da od 385 članaka objavljenih u razdoblju 2006. do 2016., u sklopu redovitih godišnjih konferencijskih događaja EPOC (eng. Engineering Project Organization Conference) i LEAD (eng. Leadership and Management), kao vodećih događaja iz upravljanja projektima u svijetu, tek njih 17 sadrži pojmove "velikih i složenih projekata", a njih 87 spominje uobičajene pojmove vezane za megaprojekte. Uzimajući u obzir da je pojam "megaprojekta" predstavljen prije 20 godina u građevinarstvu, može se zaključiti da EPOC-ovi članovi još uvijek ne upotrebljavaju taj pojam u opsegu u kojem bi se očekivalo, što se nastoji promijeniti u skoroj budućnosti [10].

Znanstvenici pokazuju pojačani interes za megaprojekte u mnogim znanstvenim područjima, uključujući upravljanje projektima i "governance".

U nastavku se daje kraći prikaz triju osnovnih komponenti, čija je sprega važna pri odlučivanju o upravljanju rizicima, kako bi se maksimalizirali rezultati upravljanja megaprojektima.

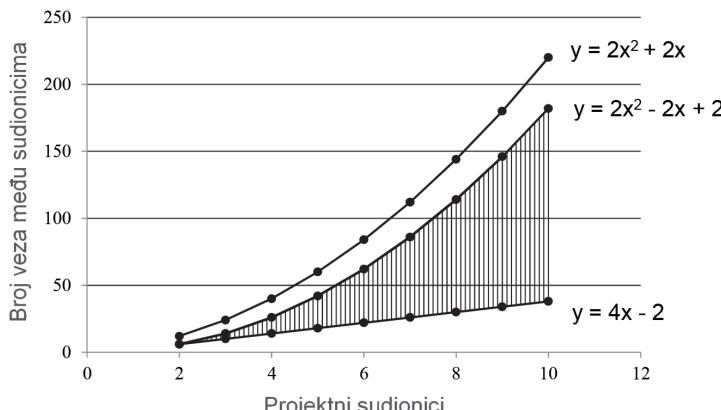
3.1 Governance

Veliki infrastrukturni projekti se obično realiziraju putem međunarodnih *joint venture* organizacija, a koje obično udružuju barem dvije manje organizacije. To podrazumijeva veću složenost ugovaranja i odnosa među stranama [11], u odnosu na slučajeve u kojima pojedinačne organizacije predstavljaju investitore ili izvođače. Kako raste broj uključenih strana, tako linearno raste broj veza i među ugovarateljima. Veze među sudionicima mogu biti ugovorne, formalne, a također i neformalne, koje se ne ugovaraju na projektima, a itekako pozadinski formiraju stanja na projektima. Paralelno s povećanjem broja ugovorenih veza između sudionika, a koji raste s povećanjem broja sudionika, također raste i broj neformalnih veza, i to eksponencijalno. Povećanje veza između stranaka može se matematički izraziti kako slijedi, izrazi (1) i (2):

$$y = 4x - 2 \quad (1)$$

$$y = 2x^2 - 2x + 2 \quad (2)$$

Tako je raskorak između ugovorenih i neugovorenih ili neformalnih veza između sudionika još veći (slika 3.). Taj raskorak se ne smanjuje dodatnim ugovaranjima, te jasno pokazuje važnost povjerenja u projekte. Naročito je to izraženo u složenim projektima, odnosno megaprojektima [12, 13].



Slika 3. Broj projektnih sudionika i mogućih veza između njih [12]

3.2 Složenost

Postoji sve veći znanstveni interes za istraživanje utjecaja složenosti na upravljanje megaprojektima. Neki autori upućuju na činjenicu da povećana složenost može biti značajan utjecajni faktor za neuspjehe, [14, 15]. Nepobitna je činjenica da se sa složenošću projekata povećava nesigurnost i rizici projekata.

Složenost projekta je istraživana iz različitih projektnih aspekata, no definicija složenosti u kontekstu projektne organizacije – zasad ne postoji. Jedan od mogućih pristupa problemu definiranja projektne složenosti je u okvirima proučavanja odnosa angažiranih sudionika u projektima, takozvanom analizom mreže (eng. *network analysis*). Kod analize mreže može se za mjerjenje primijeniti povezanost između sudionika, a veze se mogu definirati jednom karakteristikom ili s više njih.

Gama indeksom se definira omjer između stvarnog broja veza i broja mogućih veza. Taj omjer se kreće u rasponu 0-1 [16]. Pojednostavljeno se može reći da veći gama-indeks znači veću projektnu složenost iz perspektive organizacije. Uz navedeno, analiza mreže pruža uvid u ostale indikatore veza, kao što je centralnost i gustoća.

Mreža sudionika u projektu je direktno povezana za governanceom projekta. Što je složeniji projekt, to je složenija i njegova struktura upravljanja (eng. *governance structure*). Nastavno, takvi projekti zahtijevaju veću razinu povjerenja između svih sudionika u projektu.

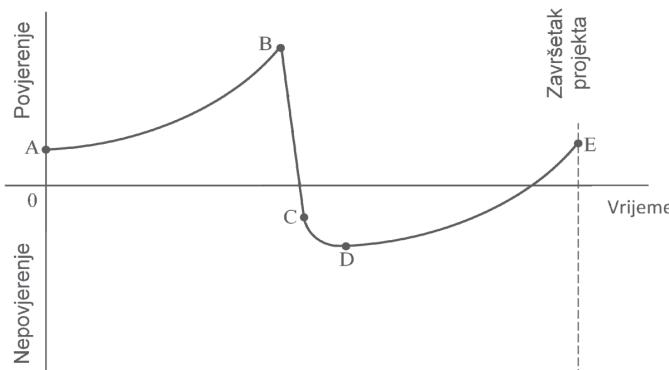
3.3 Povjerenje

Svaki ljudski pothvat u konačnici ovisi o ljudima koji rade na njemu i njihovim sposobnostima, te međusobnim vezama među njima. Interesni sudionici imaju važnu ulogu u definiranju organizacijske strategije, a mijenjaju se tijekom vremena. Istraživači su dokazali

da povjerenje u implementaciji projekata nije absolutno niti nepromjenjivo, već se mijenja tijekom vremena i u interakciji interesnih sudionika [17].

Organizacije angažiraju ključne sudionike u projektima u sve ranijim fazama, naročito kod velikih, složenijih i kontraverznih projekata. U fazama ocjenjivanja isplativosti i izvodljivosti, angažman ključnih sudionika signalizira njihovo uvažavanje [18]. Interesni sudionici, naime, ulaze u projekte s vlastitim ciljevima, interesima i očekivanjima, a koji mogu međusobno biti u konfliktu i uzrokovati ključne izazove u upravljanju projektima [19]. Konceptualni model razvoja povjerenja tijekom vremena se daje u nastavku (slika 4.). Točka "A" razine povjerenja na početku je nešto iznad nule. Kako napreduje projekt i interesni sudionici se međusobno upoznaju, povjerenje postupno raste. Jednako tako, konfliktne situacije tijekom realizacije projekata mogu voditi k slomu povjerenja i blokadi projektnih aktivnosti.

Pad povjerenja između točke "B" i "C" na slici 4. može biti vrlo strm. U tom stanju je najvažnije što prije zaustaviti daljnji razvoj nepovjerenja, te uspostaviti novu početnu točku razvoja povjerenja za sve interesne sudionike. To je prikazano između točke "C" i "D". Nakon prolazne krize, potrebno je vratiti povjerenje u što kraćem razdoblju. Rizik razvoja nepovjerenja je značajan, a direktno je povezan sa značajnijim konfliktima među interesnim sudionicima. Za povrat jednom izgubljenog povjerenja potrebno je uložiti znatan napor. Tako nepovjerenje ugrožava uspješnost završetka projekta, uništavajući njegov uspjeh ili ga odgađajući. Ovdje je komunikacija između interesnih sudionika ključna kao instrument za ponovnu izgradnju povjerenja među sudionicima projekta.



Slika 4. Konceptualni model razvoja povjerenja [12]

3.4 Governance, složenost i povjerenje

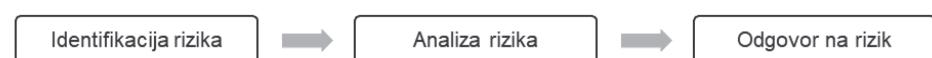
Ova tri pojma su međusobno čvrsto povezana u kontekstu velikih infrastrukturnih projekata. U sljedećem razdoblju znanstveni fokus treba postaviti upravo na spregu ovih odnosa, te dokučiti njihove uzročno-posljedične faktore. Može se postaviti hipoteza da je razumijevanje povezanosti ovih komponenata u upravljanju velikim infrastrukturnim projektima jedna od glavnih specifičnosti upravljanja velikim projektima, prema manjima. Sekundarne čimbenike koji također utječu na ovu vezu (kao što su globalizacija, multikulturalnost) također treba uzeti u razmatranje [20].

Dosadašnja istraživanja već su dala određeni doprinos u ovom području. Proučavao se odnos između složenosti i povjerenja [21], veza između governance i složenosti [22, 23] te između povjerenja i governance [13]. Sad je jasno da je sve tri komponente potrebno istražiti u međusobnom odnosu i da će rezultati takvih istraživanja dati daljnji doprinos u razumijevanju upravljanja velikim projektima.

4 Proces upravljanja rizicima

Upravljanje rizicima je proces pomoću kojeg se mogu ostvariti ciljevi projekta, uzimajući u obzir sva ograničenja koja na projektima postoje [24]. Osnovni cilj upravljanja projektima je realizirati projekt za predviđano vrijeme, uz planirane troškove i sa zadovoljavajućom kvalitetom. Nasuprot tome je činjenica da se realizacija projekta odvija u uvjetima nesigurnosti, te da se ishodi svih predviđenih događaja ne mogu sa sigurnošću prognozirati. Ovo je osnova iz koje proizlazi potreba za pretvaranje neizvjesnosti u rizik i upravljanje rizikom. Upravljanje rizicima je kontinuirani proces. U njega treba uklopiti sve faze projekta, od koncipiranja i inicijalizacije, do planiranja, izvršenja i zatvaranja projekta [25]. Rizici i njihovi efekti bi se trebali promatrati na svim ključnim mjestima odlučivanja kroz projekt i putem svih sudionika uključenih u proces donošenja odluka. Identifikacija uzroka koji mogu dovesti do štetnih efekata za projekt, analiza mogućih štetnih posljedica i priprema odgovora na njih odvijaju se kontinuirano tijekom trajanja projekta. Najveću odgovornost za identifikaciju rizika, analizu i odgovor na njih leži na klijentu, odnosno investitoru i njegovom voditelju projekta (engl. project manager). U pogledu provedbe projekta, voditelji projekta trebaju poduzeti akcije kojima se smanjuju ili eliminiraju efekti rizika, odnosno nesigurnosti. Stoga je upravljanje rizicima dio cjelokupnog procesa upravljanja projektima (engl. project management) i ne može se promatrati kao zasebna cjelina.

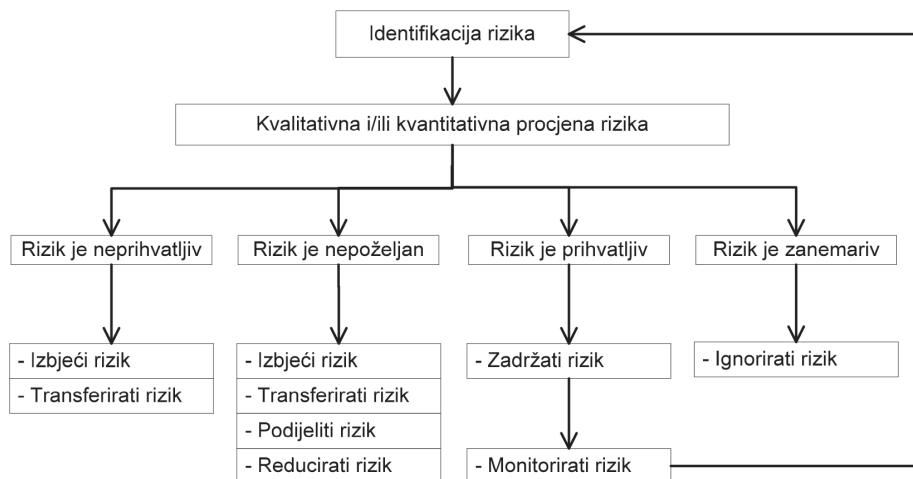
Proces upravljanja rizicima može se sastojati od više ili manje međusobno povezanih elemenata. Osnovni proces upravljanja rizicima prema autorima Perry i Hayes sastoji se od tri faze [26] (slika 5.):



Slika 5. Linearni proces upravljanja rizicima [26]

Za svaki identificirani rizik tijekom trajanja projekta provodi se kvalitativna ili kvantitativna analiza i priprema adekvatan odgovor. Ovako prikazan proces je linearan u svojoj prirodi i predstavlja dobro polazište za uspješno upravljanje rizikom.

Međutim, akcija poduzeta kao odgovor na rizik može proizvesti nove rizike, koje je potrebno identificirati, analizirati i odgovoriti na njih. Stoga je predložen ciklički proces upravljanja rizicima [27] koji je nastao na osnovi analize dosadašnjih modela procesa upravljanja rizicima (slika 6.).



Slika 6. Ciklički proces upravljanja rizicima [27]

5 Pet inovacijskih pravila za velike projekte

Grupa autora je na temelju višegodišnjeg iskustva na konkretnim megaprojektima i dugogodišnjeg istraživačkog iskustva [5] najbolje prakse objavila praktična i lako razumljiva pravila koja se mogu primjeniti za velike infrastrukturne projekte. Ta pravila potiču inovativni pristup rizicima na projektima, te daju potrebnu fleksibilnost i osiguravaju održavanje potrebe stabilnosti s druge strane, a sve s ciljem uspješne realizacije projekata.

Unatoč raznolikosti visokorizičnih projekata, postoje neka jednostavna pravila koja mogu poboljšati postizanje njihove uspješnosti. Ovih pet pravila se ne uklapaju savršeno u tradicionalno upravljanje projektima, koje ima težište na kontrolnim mehanizmima i vrlo složenim ugovaranjima, a koja su se kod velikih projekata pokazala kao nedovoljno fleksibilna i prekruta za praktično upravljanje. Na prvi pogled oni mogu djelovati banalno, no istraživanja na dosadašnjim značajnijim megaprojektima i njihovim kritičnim komponentama su činila bazu iz koje su oni proizašli. Prije nego se prikaže pet pravila, navode se megaprojekti iz čijeg iskustva su proizašla pravila:

- High-Speed 1 (1998.-2007.), brza željeznica, 109 km, London - Channel Tunnel, čija je investicija iznosila oko 6,35 bil. €
- Heathrow Terminal 5 (2002.-2008.), novi terminal aerodroma, hotel, parkiralište, podzemna željeznica i kontrolni toranj zračnog prometa, čije ulaganje iznosi oko 4,8 bil. €
- Infrastruktura za Olimpijske igre 2012. (2006.-2012.), sa budžetom od oko 7,6 bil. €.
- Crossrail (započeo u 2007., planiran za otvorenie 2018.), 118 km željezničke pruge preko Londona s proračunom od 16,6 bil. €, te uključuje 42 km novih željezničkih tunela i 10 novih i 30 nadograđenih stanica.
- Heathrow Terminal 2 (2009.-2014.), terminal zračne luke koji trenutačno služi 29 zrakoplovnih tvrtki, a koja zamjenjuju postojeći terminal i predstavljaju investiciju od približno 2,8 bil. €

- Tunel Thames Tideway, projekt koji je započeo 2016., a sadrži 25 km tunela i nadogradnju kanalizacijskog sustava Londona. Očekuje se da će projekt završiti za 7 godina, s planiranim investiranjem od približno 4,7 bil. €.

Tablica 1. Pet pravila za upravljanje rizicima velikih projekata ([7], prilagođeno)

Pravilo		Svrha	Praktične napomene
1	Procjena ranijih postupanja kod projekata sličnih karakteristika	<ul style="list-style-type: none"> - Učenje od iskusnijih praktičara i istraživača - Snimanje vlastitog prethodnog iskustva i predispozicija za vođenje megaprojekata - Ocjenjivanje rizika i neizvjesnosti 	<ul style="list-style-type: none"> - Studije slučaja i terenska snimanja, posjeti - Angažiranje eksperata
2	Osiguravanje nepredviđenosti	<ul style="list-style-type: none"> - Fleksibilnost i prilagodljivost - Promjena ponašanja - Podjela rizika 	<ul style="list-style-type: none"> - Integrirani timovi vođenja investitora i izvođača - Fleksibilnost ugovora - Partnerstvo i kolaboracija
3	Razdoblje uvježbavanja	<ul style="list-style-type: none"> - Istraživanje mogućnosti - Tipiziranje i standardizacija, dokazivanje i poboljšanje - Identifikacija i smanjenje nesigurnosti 	<ul style="list-style-type: none"> - Testovi i pokušaji na licu mjesta
4	Kalibracija i odgovarajuća podjela rizika	<ul style="list-style-type: none"> - Balansiranje promjenama na projektima - Balansiranje inovativnim komponentama odvojiti od standardiziranih i predvidljivih aspekata 	<ul style="list-style-type: none"> - Strukturirani proces za promjenu projektnog plana - Prilagodljivost ugovaranja rješavanju neizvjesnostima i komponentama projekata - Projektiranje se progresivno zamrzava za prevenciju neočekivanih događaja
5	Otvaranje inovacijama u svim fazama upravljanja	<ul style="list-style-type: none"> - Oblikovanje struktura i procesa za vođenje, stvaranje i korištenje inovacija 	<ul style="list-style-type: none"> - Uspostavljanje upravljanja inovacijama - Razvijanje i poticanje inovativnosti

5.1 Procjena ranijih postupanja kod projekata sličnih karakteristika

Prije planiranja izgradnje Heathrow Terminal 5, sistematicno su analizirani slični projekti izgradnje međunarodnih aerodroma u prethodnih 15 godina, te svaki projekt izgrađen u prethodnih 10 godina u Velikoj Britaniji, s vrijednosti investicije većom od 1,1 bil. € [28]. Neki od većih izazova koji su tako identificirani je primjena odredbe fiksne cijene kod ugovaranja, kako bi se rizik alocirao na dobavljače, te rano zamrzavanje projektiranog rješenja koje je sprečavalo razvoj inovativnosti. Planeri su zaključili da bi uz primjenu fiksne cijene projekt završio s vremenskim zakašnjnjem i prekoračenjem troška. Preoblikovao se model ugovaranja kako bi postao više kolaborativan, inovativan i fleksibilan. Bez obzira na velike probleme pri otvaranju, pri čemu je više od 20.000 prtljage zalutalo, a nekoliko letova se zbog organizacijskih problema moralo otkazati [29], projekt je nekoliko godina glasio kao svjetski najbolji aerodromski terminal, prema ocjenjivanju putnika. Iskustvo rješavanja problema s kojima se suočila izgradnja Terminala 5 proizvela je ključne preporuke za daljnje projekte istog tipa.

5.2 Osiguravanje nepredviđenosti

Ugovaranje s klauzulom fiksne cijene nije optimalan odabir kod projekata s većim nesigurnostima. Ono zahtijeva fleksibilniji pristup, te bolje prilagođavanje promjenama okolnosti u kojima se ugovaranje provodi. Takva ugovaranja zahtijevaju veće troškove u pripremnim fazama, no imaju prednosti koje se ne mogu zanemariti. Neke od njih se odnose na lakšu koordinaciju i modifikacije u realnom vremenu. Stvaraju se poticajna okruženja, podupire se rješavanje problema, dogovaranje profit-a, te inovacije. "T5 Ugovor" između investitora i glavnih izvoditelja pri izgradnji Terminala 5 megaprojekta je predstavljao bazu za nove, fleksibilnije procese upravljanja nesigurnostima, te je naknadno korišten kao model ugovaranja za Olimpijske igre 2012. u Londonu, kao i Crossrail megaprojekt.

Jedan od ključnih faktora uspjeha megaprojekata je angažiranje osoba koje podržavaju inovativnost, te poticanje kreativnosti timova. Megaprojekti se mogu promatrati kao skup više manjih projekata. U uvjetima međusobnog poticanja i učinkovitog organiziranja, osobe s različitim znanjima i vještinama se mogu fleksibilno prilagoditi i odgovoriti na brzo mijenjaču stanja. Postojeće znanje i vještine se tretiraju kao osnova za promjenu rutine i izgradnju novih rutina. Planiranje Olimpijskih igara u Londonu 2012. je primjer odabira kvalitetnih projektnih timova. Ono je olakšalo rješavanje tenzija među sudionicima, koji s vlastitim različitim interesima trebaju raditi zajedno i postizati rezultate.

5.3 Faza testiranja za testne projekte

Rizici prekoračenja troška i vremena se smanjuju oslanjanjem na poznate i dokazane tehnologije i prakse. Pri uvođenju novih tehnologija, potrebno ih je najprije testirati na manje značajnim projektima. Npr., nakon problema pri otvaranju Heathrowog Terminala 5, kod otvaranja Terminala 2 se primijenila fleksibilnija procedura otvaranja. Uveo se tim za operativnu pripremljenost, u čije aktivnosti se uključilo 14.000 volontera i 1.700 treninga. Priprema se odnosila također i na simulaciju rada informatičke podrške za cijeli sustav poslovanja.

5.4 Podjela rizika i kalibriranje

Megaprojekti s jedne strane sadrže predvidive, standardizirane i ponavljajuće aktivnosti i procedure, a s druge strane inovativne, koje se primjenjuju prvi puta. Ta kombinacija zahtijeva uravnoteženo djelovanje i koncept "ciljane fleksibilnosti" [30]. Ideja je razbijanje megaprojekata u različite manje dijelove ili cjeline, strukture i procese, koji svaki za sebe predstavlja određenu nesigurnost. Ciljana fleksibilnost stvara suradničke angažmane za rješavanje izazova pojedinih dijelova megaprojekta. Kod manjih nesigurnosti, pogodniji je ugovor s fiksnom cijenom, dok je kod izrazito rizičnih projekata bolje fleksibilnije ugovaranje. Kod megaprojekta London Olympics 2012., vrlo uspješno je primijenjena fleksibilnost fiksne cijene, koja se temeljila na dobro poznatoj raspodjeli rizika i unaprijed poznatim uvjetima u kojima se ugovaranje i realizacija ostvaruju. Uveden je pojam "novih ugovaranja" (eng. New Engineering Contracts), kako bi se poboljšalo upravljanje više predvidivim projektima, kao što su London Aquatics Centre, the Velodrome, te Olympic Stadium (now London Stadium). Zahvaljujući takvoj fleksibilnosti, izvođač ISG plc, koji je gradio Velodrome, uspio je realizirati inicijativu o zamjeni konstrukcije krovišta, te posljedično postigao uštedu vremena i troškova [31].

5.5 Potpuno iskorištavanje inovativnosti

Formiranje koherentne izjave o inovativnosti može uvelike pomoći voditeljima projekata da planiraju, koordiniraju i komuniciraju s istraživačkim partnerima i suradnicima u cijelokupnom trajanju projekta [5]. To se očitovalo tijekom Crossrail megaprojekta koji je predstavio ideju uspostavljanja inovativne strategije za fazu izgradnje projekta. Utemeljena 2012., inovacijska strategija Crossraila je stvorila preuvjete za poticanje članova lanca opskrbe projekta na dostavljanje i primjenu inovativnih ideja. Stvorena je platforma za prepoznavanje, vrednovanje i razvijanje novih ideja. Crossrail je također razvio digitalnu platformu pod nazivom "Innovate 18", kako bi stvorio sučelje za slanje ideja, uključujući i sustav upravljanja inovacijama. Tako su inovacije dobine priliku sponzorstva i predanosti zainteresiranih strana, čak i prije izgradnje. Do ljeta 2015. program je privukao više od 800 ideja u rasponu od upotrebe dronova za inspekciju na gradilištima, do inovativnih sustava hlađenja tunela i istovremenog zagrijavanja susjednih zgrada.

Identificirana je važnost upravljanja u fazi održavanja i uporabe projekata. Trošak rada željezničkog sustava, zračne luke ili tunela tijekom trajanja od nekoliko desetljeća znatno je veći od troškova projektiranja i gradnje. U fazi uporabe je primjena inovativnosti barem jednako važna, ili još važnija nego u ranijim fazama. To direktno utječe na poboljšanje produktivnosti i smanjuje kasnije troškove održavanja. Sudionici Crossraila i Thames Tidewaya su razvili platformu i3P [32], za inovacije u infrastrukturi.

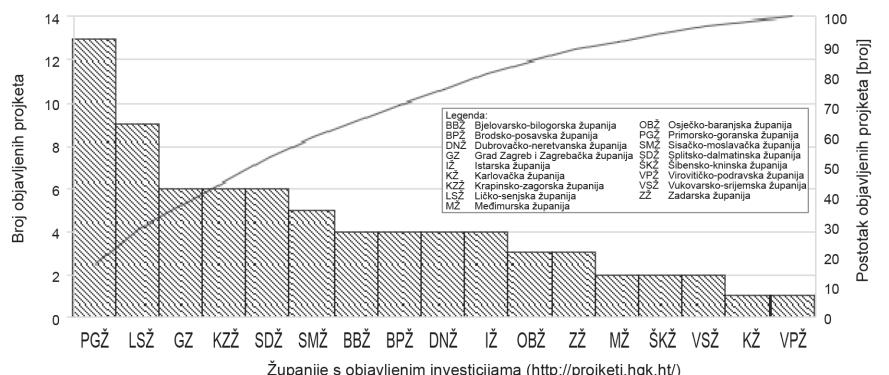
6 Pregled inicijativa većih infrastrukturnih projekata u RH

Hrvatska gospodarska komora u sklopu Centra za investicije redovno ažurira podatke o najvećim infrastrukturnim projektima koji imaju velik potencijal, a uglavnom se traže investitori ili partneri za realizaciju već razrađenih investicija koje imaju potporu i odborenje nadležnih tijela. Kriteriji za objavu investicijskog projekta u Katalogu investicijskih projekata HGK [33]:

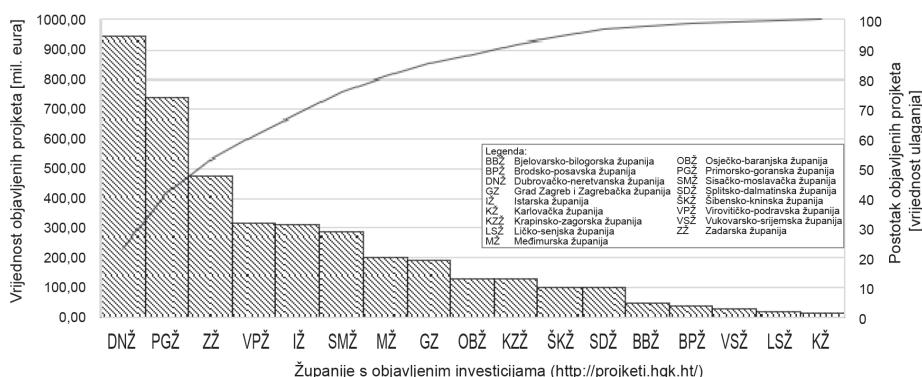
- Gotovost projekta – Projekt mora imati osnovnu projektnu dokumentaciju poput poslovnog plana, studije izvodljivosti, analize troškova i koristi i sl. Projekti na razini ideje neće se uzimati u obzir za javnu objavu u Katalogu.
- Status projektne dokumentacije – projekti koji uključuju bilo kakvu aktivnost gradnje moraju imati riješene vlasničke odnose, moraju biti upisani u katastar i zemljišne knjige te usklađeni s prostornim planovima (PPŽ, PPG, GUP, UPU, DPU itd.).
- Realizacija projekta mora imati određeni ekonomski utjecaj na gospodarsku aktivnost područja u kojem se planira realizirati - klasični nekretninski projekti poput izgradnje i prodaje apartmanskih i stambenih naselja te prodaja zemljišta ne objavljaju se u Katalogu investicijskih projekata.
- Za projekte koji će biti objavljeni u Katalogu, mora biti dostavljena sva prateća dokumentacija.

U nastavku se daje sumarni prikaz inicijativa u trenutku pisanja ovog rada, prema županijama (slike 5. i 6.). Tri županije koje za sada nemaju niti jedan inicirani projekt objavljen na proučavanom portalu Hrvatske gospodarske komore su: Krapinsko-križevačka, Požeško-slavonska i Varaždinska županija. Objava projekta nije obveza, stoga ono samo govori o dodatnoj vrijednosti i transparentnosti za objavljene projekte. Najveći broj inicijativa dolazi iz Primorsko-goranske županije (njih 13), a to je druga u rangu po planiranoj vrijednosti ukupno iniciranih projekata (56.844.615,28 €). U Dubrovačko-neretvanskoj županiji je inicirana planirana vrijednost projekata najveća (942.500.000,00 €), ali je po broju projekata na 7. mjestu (4 projekta). Osim Primorsko-goranske i Dubrovačko-neretvanske županije, prema obrađenim rezultatima (slike 5. i 6.) Zadarska županija, Virovitičko-podravska, Istarska, Sisačko-moslavačka županija i Međimurska županija pokazuju veću zainteresiranost i angažman, te objavu planiranih većih projekata.

Treba očekivati da će u idućem razdoblju, s obzirom na opću ekonomsku situaciju u zemlji, doći do daljnjih inicijativa i intenziviranja traženja partnera za strateške, veće, infrastrukturne projekte.



Slika 7. Inicijative infrastrukturnih projekata - prema broju po županijama



Slika 8. Inicijative infrastrukturnih projekata - prema planiranoj vrijednosti

Osim projekata koji su javno objavljeni u sklopu projekta Hrvatske gospodarske komore, ali i onih koji se povremeno pojave u javnosti, no još su u fazi planiranja i traženja konkretizacije rješenja. Također, ovdje nije naveden projekt izgradnje Pelješkog mosta (niti inicijativa Zagreba na Savi) kao vodeći megaprojekt koji ima velike izazove i rizike s kojima se nosi, već se za potrebu ovog rada prikazuju projekti koji traže partnerne preko Hrvatske gospodarske komore. Ti projekti su prošli valorizaciju prema naprijed navedenim kriterijima spremnosti, stoga se mogu međusobno uspoređivati i zbrajati jer su u istoj razvojnoj fazi.

7 Pokazatelji razvijenosti i konkurentnosti županija

Gospodarska razvijenost područja u Republici Hrvatskoj mjeri se pomoću nekoliko ključnih pokazatelja. Svi su složeni (kompozitni) pokazatelji koji imaju više komponenata. Od tri najpoznatija pokazatelja razvijenosti i konkurentnosti (regionalni indeks konkurentnosti, indeks razvijenosti na lokalnoj i regionalnoj razini, te indeks gospodarske snage po županijama), posljednja dva se odnose na razvijenost po županijama (tablica 2.).

Regionalni indeks konkurentnosti je pokazatelj za čiji izračun je nadležno Nacionalno vijeće za konkurentnost. Indeks razvijenosti na razini županija i lokalnih jedinica u nadležnosti je Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije (MRRFEU), a računa se na temelju Zakona o regionalnom razvoju Republike Hrvatske. Prvi je put izračunan 2010. godine, a sada je na snazi izračun iz 2013. koji bi sukladno novom Zakonu trebao vrijediti do kraja 2019. Indeks gospodarske snage po županijama je predstavila Hrvatska gospodarska komora.

Tablica 2. Osnovni pokazatelji razvoja i konkurentnosti u RH

Kompozitni pokazatelj	Predviđena učestalost izračuna	Razina	Broj pojedinačnih pokazatelja	Nadležno tijelo
Indeks gospodarske snage po županijama	Godišnja	Županije	7 pokazatelja (6 gospodarskih i projekcija stanovništva)	Hrvatska gospodarska komora
Regionalni indeks konkurentnosti	Trogodišnja	Županije	Ukupno 184 pokazatelja, sa 2 podindeksa: statistički s 8 stupova i 116 pokazatelja, te perceptivni podindeks sa 9 stupova i 68 pokazatelja	Nacionalno tijelo za konkurentnost
Indeks razvijenosti	Petogodišnja (uz praćenje)	Županije, lokalne jedinice	5 pokazatelja	MRRFEU

Usporede li se ukratko rezultati razvijenosti i konkurentnosti prema navedena tri indeksa (tablica 3.), mogu se jasno uočiti sličnosti u rezultatima. Grad Zagreb, Istarska i Primorsko-goranska županija kao tri najbolje rangirane županije prema indeksu gospodarske snage, ujedno su vodeće prema indeksu razvijenosti. Nadalje, te tri županije prema statističkom podindeksu imaju analogni rang, dok bi općenito prema regionalnom indeksu konkurentnosti one bile na prvih pet mesta. Ostale županije pokazuju razlike u rangu ovisno o pokazatelju, no te razlike nisu značajnije. Neke od iznimaka su Varaždinska županija, koja je na prвome mjestu prema perceptivnom podindeksu regionalnog indeksa konkurentnosti, a na osmome mjestu prema indeksu razvijenosti; Dubrovačko-neretvanska županija, koja je prema perceptivnom podindeksu regionalnog indeksa konkurentnosti na 12. mjestu, a prema statističkom podindeksu na 5. mjestu; te Koprivničko-križevačka županija koja ima visoko drugo mjesto prema perceptivnom podindeksu regionalnog indeksa konkurentnosti, a na 13. je mjestu prema indeksu razvijenosti.

Tablica 3. Rang županija prema osnovnim kompozitnim pokazateljima razvijenosti i konkurentnosti odnosi se na 2016.

Županija		A	B	C1	C2
GZ	Grad Zagreb	1	1	1	5
IŽ	Istarska županija	2	2	2	11
PGŽ	Primorsko-goranska županija	3	3	3	15
ZGŽ	Zagrebačka županija	4	6	6	7
DNŽ	Dubrovačko-neretvanska županija	5	5	5	12
ZŽ	Zadarska županija	6	7	9	3
SDŽ	Splitsko-dalmatinska županija	7	12	8	10
VŽ	Varaždinska županija	8	4	7	1
ŠKŽ	Šibensko-kninska županija	9	13	12	17
KZŽ	Krapinsko-zagorska županija	10	11	13	9
MŽ	Međimurska županija	11	9	4	8
LSŽ	Ličko-senjska županija	12	16	14	20
KKŽ	Koprivničko-križevačka županija	13	8	10	2
KŽ	Karlovačka županija	14	10	11	13
OBŽ	Osječko-baranjska županija	15	15	16	4
SMŽ	Sisačko-moslavačka županija	16	14	17	19
PSŽ	Požeško-slavonska županija	17	19	20	21
BBŽ	Bjelovarsko-bilogorska županija	18	21	15	16
VŠŽ	Vukovarsko-srijemska županija	19	17	19	18
BPŽ	Brodsko-posavska županija	20	18	21	6
VPŽ	Virovitičko-podravska županija	21	20	18	14

A = Rang po MRRFEU indeksu razvijenosti, B = Rang po HGK indeksu gospodarske snage, C1 = Rang po regionalnom indeksu konkurentnosti, statistički podindeks, C2 = Rang po regionalnom indeksu konkurentnosti, perceptivni podindeks

Indeks razvijenosti i indeks gospodarske snage računaju se u postocima, pri čemu je raspon rezultata za indeks razvijenosti (5,56 % - 186,44 %) dvostruko veći u odnosu na indeks gospodarske snage (66,9 % -149,3 %). Praktički je svaki kompoziti pokazatelj moguće usporediti s ranije objavljenim, a njihova međusobna usporedba omogućuje se preko usporedbe rangova. Iz prikaza u tablici 3. može se zaključiti da su navedeni kompozitni pokazatelji relativno dobro usklađeni pri identifikaciji najbolje i najslabije razvijenih dijelova Republike Hrvatske. Za daljnje razmatranje i povezivanje s aktivnostima inicijacije projekata po županijama odabran je indeks gospodarske snage po županijama. On se mjeri na godišnjoj razini, odnosi se na županije, te se sastoji od 7 pokazatelja. Radi se o relativno novom kompozitnom pokazatelju koji je objavljen u lipnju 2016., te kraćoj analizi u odnosu na analizu koju daje regionalni indeks konkurentnosti. Izračunava se na temelju šest gospodarskih pokazatelja, uz projekciju stanovništva kao sedmog pokazatelja: 1. BDP po stanovniku, 2. prosječne neto plaće po zaposlenom, 3. ukupni prihod poduzetnika po zaposlenom, 4. neto dobit poduzetnika po zaposlenom, 5. prihod na inozemnom tržištu poduzetnika po zaposlenom, 6. stopa nezaposlenosti te 7. projekcija rasta stanovništva 2013.-2030.

U nastavku se dovode u odnos razine razvijenosti područja Republike Hrvatske prema indeksu gospodarske snage županija koje su objavile veće infrastrukturne projekte Hrvatskoj gospodarskoj komori, te vrijednosti i broja takvih projekata.

8 Veza iskazivanja interesa za veće projekte i gospodarske razvijenosti županija

Iz tablice 4. može se vidjeti da su inicirani veći projekti uglavnom u županijama ili područjima koja su bolje razvijena. Ograničenje ovakve analize iniciranih investicija prije svega se odnosi na dobrovoljnu prijavu projekata, stoga ovaj skup investicija ne čini ukupne investicije, već objavljene pri HGK-i.

Tablica 4. Gospodarska razvijenost i iskazana zainteresiranost za većim projektima

Županija		A	B	C
GZ	Grad Zagreb i Zagrebačka županija	1	8	3
IŽ	Istarska županija	2	5	7
PGŽ	Primorsko-goranska županija	3	2	1
DNŽ	Dubrovačko-neretvanska županija	5	1	7
ZŽ	Zadarska županija	7	3	11
MŽ	Međimurska županija	9	7	13
KŽ	Karlovačka županija	10	17	16
KZŽ	Krapinsko-zagorska županija	11	10	3
SDŽ	Splitsko-dalmatinska županija	12	12	3
ŠKŽ	Šibensko-kninska županija	13	11	13
SMŽ	Sisačko-moslavačka županija	14	6	6
OBŽ	Osječko-baranjska županija	15	9	11
LSŽ	Ličko-senjska županija	16	16	2
VSŽ	Vukovarsko-srijemska županija	17	15	13
BPŽ	Brodsko-posavska županija	18	14	7
VPŽ	Virovitičko-podravska županija	20	4	16
BBŽ	Bjelovarsko-bilogorska županija	21	13	7

A = Rang po gospodarskoj snazi (Indeks gospodarske snage, HGH, 2016.), B = Rang po vrijednosti investicija, C = Rang po broju iniciranih projekata

9 Zaključak

Rizici velikih i složenih projekata, odnosno megaprojekata, ne mogu se promatrati iz perspektive manjih projekata, na koje ne utječu makroekonomski značajke niti okruženje u kojem se iniciraju i provode. Teoretska podloga upravljanja projektima i upravljanja rizicima tek će u poveznici s upravljanjem njihovim specifičnim karakteristikama dati kvalitetne ulazne podatke za praktične primjene. Lekcije iz zemalja koje su prošle početne inicijacije i uspješne realizacije također će pridonijeti olakšavanju pristupa i motiviranju sustava za kvalitetno razmatranje svih rizičnosti koje stoje na putu uspješnom ulaganju u megaprojekte. Republika Hrvatska nema dosada značajnija postignuća u upravljanju megaprojektima, kao ni u njihovo inicijaciji i realizaciji. Javno objavljene inicijative i iznosi ulaganja svjedoče da je sustav spreman za implementaciju noviteta koje donose megaprojekti. U takvom okruženju sudionici će se suočiti s analizama i upravljanjem rizicima na novoj razini. Iz analize povezanosti razvijenosti područja s inicijativama za veće projekte jasno je da još uvjek ne postoji nacionalni program ili plan, niti nastojanja izvana, koja bi dodatno motivirala tržište, te ga osnažila za realizaciju većih investicija. Dosadašnji pokušaji dokazuju da se zanemaruju naučene lekcije iz sličnih zemalja, te da se uglavnom uči na vlastitim pogreškama, što nije zahvalna strategija. Službena statistika

također nije prilagođena potrebama tržišta kad su u pitanju investicije i ulaganja. Značajnija nastojanja postat će značajnija ostvarenja kad se postave u sinergiju praksa i teorija, te otvoriti tržište i omogući zakonodavna stabilnost. Osnovni rizici na koje trebamo obratiti pažnju jesu rizici specifični i za okruženje u kojem se nalazimo, a to je gospodarska situacija i mjere za stabilnost tržišta. U tim razmatranjima neće nam pomoći vanjska praksa koliko vlastita iskustva. Vrijeme u kojem smo nacionalnim snagama pokretali veće projekte je iza nas. U velikoj mjeri smo iskoristili i mogućnosti zaduživanja. Jedino što je preostalo je otvaranje tržišta i pokušaj da zadržimo svoje aranžmane unutar manjih komponenata i svojih sposobnosti, te da na bazi globalnog tržišta ponovno izgradimo svoje kapacitete za drukčija postupanja i načine upravljanja. Inicijative koje će dokazati našu zrelost ili propuštanje možda posljednjih prilika već su formirane: Pelješki most, Zagreb na Savi, LNG Terminal. Gospodarstvo s takvim projektima, a naročito ovim zadnjim, nije isto kao i bez njih. Njihov mogući pozitivan utjecaj trebao bi biti i više nego dovoljan za poticaj njihovog ostvarenja.

Literatura

- [1] Hu, Y., Chan, A.P.C., Le, Y., Jin, R.Z.: From Construction Megaproject Management to Complex Project Management: Bibliographic Analysis, *Journal of Management in Engineering*, Vol. 31, No. 4., pp. 04014052-1-04014052-11, 2015.
- [2] Brooks, N.J., Locatelli, G.: Power Plants as Megaprojects: Using Empirics to Shape Policy, Planning, and Construction Management, *Utility Policy*, Vol. 36, pp. 57-66, 2015.
- [3] Department of Transportation Office of Inspector General (DTOIG): Top Ten Management 572 Issues, PT-2001-017. Department of Transportation, US, 2001.
- [4] Flyvbjerg, B.: What is a Megaproject?, <http://flyvbjerg.plan.aau.dk/whatisamegaproject.php>
- [5] Davies, A., Dodgson, M., Gann, D.M., MacAulay, S.C.: Five Rules for Managing Large, Complex Projects, *MIT Sloan Management Review*, Cambridge Vol. 59, Iss. 1, 2017.
- [6] Hu, Y., Chan, A., Le, Y.: Conceptual Framework of Program Organization for Managing Construction Megaprojects - Chinese Client's Perspective, *Working Paper Series: Proceedings of the Engineering Project Organization Conference*, Rheden, The Netherlands, 2012.
- [7] Irimia-Diéguex, A.I., Sanchez-Cazorla, A., Alfalla-Luque. R.: Risk Management in Megaprojects, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 119, 2014.
- [8] Azpitarte Melero, M.: Análisis de riesgos, en “project finance” (I y II). Harvard-Deusto Finanzas y Contabilidad. Beidleman, C. R., Fletcher, D. & Veshosky, D. (1990). On Allocating Risk: The essence of Project Finance. *Sloan Management Review*, 31(3), 2001.
- [9] Irimia-Diéguex, A.I., Oliver-Alfonso, M.D.: Estudio sobre la financiación privada de infraestructuras. Escuela Andaluza de Economía, 2010.
- [10] Cerić, A., Sertić, J.: The Engineering Project Organization Society and Megaprojects: Literature Analysis Using Keywords, *Proceedings of the Engineering Project Organization Conference Series EPOC-MW*. Stanford Siera Camp, Lake Tahoe, SAD, 2017.
- [11] Brockman, C., Girmscheid, G.: Complexity of Megaprojects, *CIB World Building Congress*. 2007.
- [12] Cerić, A.: Trust in Construction Projects, Abingdon, Oxon, and New York: Routledge, 2016.
- [13] Zhai, K.Z., Chi, C.S.F., Le, Y.: Relational Governance in Megaprojects: From the Owner's View, *Working Paper Series: Proceedings of the Engineering Project Organization Conference*, Eds. Kaminsky, J. and Zerjav, V., Cle Elum, WA, 2016.

- [14] Miller, R., Lessard, D.: *The Strategic Management of Large Engineering Projects: Shaping Institutions, Risks, and Governance*, Cambridge, Mass: The MIT Press, 2000.
- [15] Flyvbjerg, B.: *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [16] Schlichte Rodrigue, J-P., Comtois, C., Slack, B.: *The Geography of Transport Systems*, Second Edition, New York, Routledge, 2009.
- [17] Schlichter, B.R., Rose, J.: Trust Dynamics in a Large System Implementation: Six Theoretical Propositions, *European Journal of Information System*, Vol. 32, 2013.
- [18] International Finance Corporation: World Bank Group: *Stakeholder Engagement: A Good Practice Handbook for Companies Doing Business in Emerging Markets*, IFC, Washington D.C., USA, 2007.
- [19] Yang, R., Wang, Y., Jin, X.-H.: Stakeholders' Attributes, Behaviours, and Decision Strategies in Construction Projects: Importance and Correlations in Practice, *Project Management Journal*, Vol. 45, No. 3, 2014.
- [20] Arditi, D., Bell, L., Gann, D., Hughes, W., Lessard, D., Levitt, R., Morris, P., Russel, J., Scott, W.R., Tatum, C.B.: *Grand Challenges in Engineering Project Organization: EPOS Vision Statements*, Working Paper Series, Proceedings of the Engineering Project Organization Conference, Eds. Taylor, J.T., Chinowsky, P. and Sakhrani, V. Winter Park, CO, 2014.
- [21] Brockman, C.: *Mega-Projects: Getting the Job Done*, Proceedings LEAD Conference, South Lake Tahoe, CA, 2009.
- [22] Pelham, N., Duffield, C.: *Mega-Project Governance - A Case Study of the Governance of a Successfully Delivered Project*, Working Paper Series: Proceedings of the Engineering Project Organization Conference, Eds. Kaminsky, J. and Zerjav, V., Cle Elum, WA, 2016.
- [23] Biesenthal, C., Wilden, R.: *Multi-level Project Governance: Trends and Opportunities*, *International Journal of Project Management*, Vol. 32, 2014.
- [24] Clark, R.C., Pledger Needler, H.M.J.: *Risk Analysis in the Evaluation of Non-Aerospace Projects*, *Risk Management*, 8 (1), 1990.
- [25] Smith, N.J.: *Managing Risk in Construction Project*, Blackwell Science Ltd., Oxford, 1999.
- [26] Perry, J.G., Hayes, R.W.: *Risk and Its Management in Construction Project*, Proc.Inc.Civ.Engrs, 1, 1985.
- [27] Cerić, A.: *A Framework for Process-Driven Risk Management in Construction Projects*, Doktorska disertacija, School of Construction and Property Management, University of Salford, UK, 2003.
- [28] Davies, A., Gann, D., Douglas, T.: Innovation in Megaprojects: Systems Integration at London Heathrow Terminal 5, *California Management Review* 51, no. 2, 2009.
- [29] House of Commons Transport Committee, "The Opening of Heathrow Terminal 5: Twelfth Report of Session 2007-08" (London: The Stationery Office Ltd., Oct. 22, 2008), <https://publications.parliament.uk/>; R. Thomson, "British Airways Reveals What Went Wrong With Terminal 5," *Computer Weekly*, May 14, 2008, www.computerweekly.com; and E. Clarke, "Counting the Cost of Crisis at Terminal 5," *CNN*, April 4, 2008, www.cnn.com.
- [30] Lenfle, S., Loch, C.: Lost Roots: How Project Management Came to Emphasize Control Over Flexibility and Novelty, *California Management Review* 53, 2010.
- [31] Davies, A., MacAulay, S., DeBarro, T., Thurston, M.: Making Innovation Happen in a Megaproject: London's Crossrail Suburban Railway System, *Project Management Journal* 45, no. 6, 2015.
- [32] i3P website, www.i3p.org.uk
- [33] Centar za investicije pri Hrvatskoj gospodarskoj komorji, <http://projekti.hgk.hr/>



Pregled građevina bespilotnim letjelicama i daljinski upravljanim podmornicama

Autori:

Josip Rukavina¹

Doc. dr. sc. Ivan Marović²

¹Vectrino d.o.o.
Brajšina 13, Rijeka

²Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet
Radmile Matejčić 3, Rijeka

Pregled građevina bespilotnim letjelicama i daljinskim upravljanim podmornicama

Josip Rukavina, Ivan Marović

Sažetak

Pregled građevina izuzetno je kompleksan i skup posao čija cijena najčešće raste s kompleksnošću objekta. Veća cijena ne znači da će i kvaliteta pregleda porasti, iako se na osnovi tih pregleda često planiraju na građevinama ozbiljni zahvati u smislu održavanja. Ponovljivost inspekcije gotovo nikada nije moguće ostvariti neovisno o tome da li se radi o pregledu tristometarskog dimnjaka ili podvodne infrastrukture na dubini od 50 m. Upravo kod pregleda ovakvih objekata automatizacija bespilotnih letjelica ili daljinski upravljenih podmornica omogućuje ponovljivost inspekcije, a samim time i izradu dobrih planova održavanja. U sklopu teme bit će prikazana primjena automatiziranog leta bespilotnom letjelicom u pregledu građevine, automatizirane daljinski upravljanje podmornice u pregledu podvodne infrastrukture te napredni programski alati za automatsku detekciju pukotina na betonskim površinama.

Ključne riječi: građevina, infrastruktura, pregled, dron, ROV

The future of building inspections: using unmanned aerials and remote-controlled submarines

Abstract

A building inspection and survey is an extremely complex and expensive task often including increasing costs due to complexity of the facility. The higher price doesn't usually mean higher quality or better result, although this is the only precondition for making a serious plan in terms of maintenance. Inspection repeatability can hardly be realized irrespective of whether it is a survey of a three hundred meter tall chimney or underwater infrastructure at a depth of 50 m. When inspecting such facilities, the automation of unmanned aerials or remote-controlled submarines allows repeatability, which consequently guarantees making maintenance plans more efficient. The theme will include the use of an automated flight by an unmanned aerial in the inspection of buildings, automated remote operated submarine in underwater infrastructure inspection, and advanced program tools for automatically detecting cracks on concrete surfaces.

Key words: buildings, infrastructure, inspection, dron, ROV

1 Uvod

Pravni okvir graditeljstva uređen je Zakonom o gradnji [1] i njegovim podzakonskim aktima čime je uređen sustav gradnje općenito kao i sudionici u gradnji. Također, njima su dani i građevinsko-tehnički zahtjevi za građevine u užem smislu. Uz ove propise, gradnju dodatno uređuje i veći broj posebnih zakona i njihovih podzakonskih akata koji postavljaju dodatne zahtjeve koje građevine moraju ispunjavati. Time je stvoren sustav kontrole gradnje [2] čija je svrha osigurati ispunjenje javnog interesa u graditeljstvu. Pritom, pažnja sudionika je usmjerena na investicijske projekte i njihovo završavanje u okviru projektnih ciljeva (tj. biti unutar predviđenog proračuna i predviđenog vremena) te se velik broj znanstvenih istraživanja bavi problematikom koja se javlja u početnim fazama upravljanja projektima u graditeljstvu i njihovim analizama, dok je tek manji dio usmјeren prema aspektima održavanja već realiziranih investicijskih projekata u obliku građevina na tlu ili ispod razine vode.

Općenito, održavanje građevina je uređeno Pravilnikom o održavanju građevina [3] kojim se podrazumijevaju redoviti i izvanredni pregledi građevine kao i vođenje i čuvanje dokumentacije s zapisnicima o napravljenim pregledima ili radovima. No ovim pravilnikom nije propisan izgled zapisa ili obrazaca niti je propisana metodologija provođenja redovitih i izvanrednih pregleda. Postoji preporuka [4] što bi jedan projekt održavanja trebao sadržavati s posebno naglašenom temom pregleda građevina.

Pregled građevina je izuzetno kompleksan posao bez obzira na to promatra li se faza gradnje građevine ili faza održavanja jer se u obje faze javlja potreba da se građevina pregledava i/ili nadzire. Pritom, osoba koja provodi pregled građevine najčešće primjenjuje klasične (tradicionalne) metode i pristupe koji povećanjem kompleksnosti građevina nerijetko postaju iznimno složene i zahtjevne tehničke operacije tj. postupci. Dobra praksa pregleda i učinjenih zapisa ovisi isključivo o zainteresiranosti naručitelja pregleda i sposobnosti izvođača da interpretira stanje koje je zatekao na terenu. Posebno u ovim slučajevima zabrinjava činjenica da kreativnost odabira opreme koja će se koristiti prilikom vizualnog pregleda građevine ovisi isključivo o odabiru pojedinca, pa gotovo jedini kriterij za odabir fotoaparata ili kamere jest vrijeme trajanje baterije.

Kompleksnost pregleda građevine najčešće raste s kompleksnošću građevine, što se odražava i na rast cijene samog pregleda. No veća cijena ne znači nužno da će i kvaliteta pregleda porasti. Ako se razmatra činjenica da informacije dobivene pregledom građevine služe za planiranje ozbiljnih tehničkih, ali i ekonomskih zahvata u smislu održavanja, vrlo je važna mogućnost ponovljivosti pregleda tj. inspekcije. Ponovljivost inspekcije gotovo nikada nije moguće ostvariti neovisno o tome da li se radi o pregledu tristotina metara visokog dimnjaka ili podvodne infrastrukture na dubini od 50 m. Tome nam mogu pripomoći nove tehnologije bilo da je riječ o ručno ili automatsko vođenim robotima.

Kontinuirano povećanje kompleksnosti građevinskih projekata zahtjeva promjene u načinima pregleda/nadzora građevina [5], pri čemu se tradicionalne metode zamjenjuju automatiziranim postupcima. Proteklih pet godina razvojem tehnologije, u pregledi visokih konstrukcija te podvodne infrastrukture uvode se automatizirane bespilotne letjelice (dronovi) te daljinski upravljane podmornice (ROVovi), no stanje razumijevanja ovih tehnologija na nižoj je razini od razumijevanja postavki običnog fotoaparata. Od ukupnog broja bespilotnih letjelica u Republici Hrvatskoj, a procjenjuje se da ih je trenutačno više od 6.500 [6], velik se

broj upravo koristi u građevini i/ili geodeziji. Bespilotne letjelice i daljinski upravljanje podmornice kompleksni su elektronički i mehanički sklopovi te njima ne smiju upravljati osobe koje za te potrebe nisu dovoljno educirane, isto kao što pregled građevina na visini ili dubini ne mogu raditi piloti koji nisu građevinske struke. Upravo iz navedenih razloga bespilotne letjelice prilikom prvog leta najčešće padaju.

U ovom radu fokus je postavljen na problem pregleda građevina bespilotnim letjelicama i daljinski upravljanim podmornicama s obzirom na potrebe održavanja izgrađenih građevina. Prikazana je primjena automatiziranog leta bespilotnom letjelicom u pregledu visoke građevine i nedostupnih dijelova, automatizirane daljinski upravljanje podmornice u pregledu podvodne infrastrukture te napredni programski alati za automatsku detekciju pukotina na betonskim površinama. Rad je podijeljen na četiri osnovna dijela. U prvom dijelu iskazana su uvodna promišljanja i ograničenja koja se javljaju prilikom održavanja. Drugi dio posvećen je daljinski upravljanim bespilotnim letjelicama, zakonodavnom okviru i problematici pregleda građevina bespilotnim letjelicama u praksi. U trećem dijelu predstavljena je problematika pregleda građevina pod vodom te primjena daljinski upravljanih podmornica. U završnom dijelu ovog rada iskazana su završna razmatranja i zaključci.

2 Daljinski upravljanje bespilotne letjelice

2.1 Zakonska regulativa u Republici Hrvatskoj

Letenje bespilotnim letjelicama tzv. dronovima u Republici Hrvatskoj jasno je zakonski propisano, a situaciju u hrvatskom zračnom prostoru kontroliraju Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (CCAA), Hrvatska kontrola zračne plovidbe (HKZP), Državna geodetska uprava (DGU) i Ministarstvo obrane Republike Hrvatske (MORH).

Da bi operateru sustava bespilotne letjelice (u dalnjem tekstu: pilot) bilo dopušteno upravljanje njime, on mora kod nadležnog tijela CCAA, sukladno Pravilniku o sustavima bespilotnih letjelica [7] (u dalnjem tekstu: Pravilnik), zatražiti odobrenje za letove. To odobrenje podrazumijeva letove na sigurnoj udaljenosti od ljudi, životinja, objekata, vozila, plovila, drugih letjelica, cesta, željezničkih pruga, vodenih putova ili dalekovoda, što znači ne manjoj od 30 metara, a od skupine ljudi minimalna bi udaljenost bespilotne letjelice iznosila 150 metara.

Pregledi građevinskih objekata gotovo se uvijek izvode na udaljenostima manjim od propisanih (bliže od 30 m) pa je u tim slučajevima od CCAA potrebno ishoditi izuzeće od Pravilnika. Za ishodovanje izuzeća, operater sustava bespilotnih letjelica dužan je izraditi Operativni priručnik za izvođenje letačkih operacija sustavima bespilotnih letjelica, koji uključuje i procjenu rizika za svaki let te ga prezentirati nadležnoj agenciji. Osim toga, za svaki sustav bespilotne letjelice potrebno je posjedovati policu osiguranja za štetu prema trećim osobama na iznos od 750.000 SDR, što preračunano u novac iznosi oko 7.000.000.00 kn. S druge strane, Uredbom o snimanju iz zraka [8] propisano je da pravne i fizičke osobe smiju snimati iz zraka tek nakon pribavljenog odobrenja za snimanje iz zraka. Takvo odobrenje izdaju DGU i MORH, a izdaje se na razdoblje najduže od 3 mjeseca. Prije objavljivanja snimljenog materijala potrebno je izvorne materijale dostaviti na pregled Povjerenstvu za pregled zračnih snimki koje će izdati odobrenje ako neki od hrvatskih državnih interesa nije ugrožen. Za preglede građevina moguće je snimanje

provesti i bez navedenog odobrenja ako se isključivo snima objekt u cijelosti ili dio objekata unutar granica navedene lokacije.

Letom unutar kontroliranog zračnog prostora upravlja HKZP te je prije svakog leta potrebno provjeriti gdje se točno izvodi letačka operacija. Namjerava li se letjeti u kontroliranom zračnom prostoru, prethodno je potrebno ishoditi odobrenje HKZP, tj. let mora biti upisan na AMC portalu (<https://amc.crocontrol.hr/hr-hr/>). Primjera radi, za pregled konstrukcije hotela u nacionalnom parku Brijuni potrebne su sljedeće dozvole koje imaju:

- Agencija za civilno zrakoplovstvo (izuzeće, let na udaljenostima bližim od 30 m),
- Državna geodetska uprava (let unutar nacionalnog parka),
- Ministarstvo obrane Republike Hrvatske (štićeno područje),
- Hrvatska kontrola zračne plovidbe (zabranjen let unutar nacionalnog parka, posebno odobrenje),
- Javna ustanova za upravljanje nacionalnim parkom (odobrenje za let unutar parka),
- Ministarstvo kulture Republike Hrvatske (odobrenje Javnoj ustanovi koja upravlja parkom),
- Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske (sukladno pravilniku obavještava DGU jer se leti unutar nacionalnog parka).

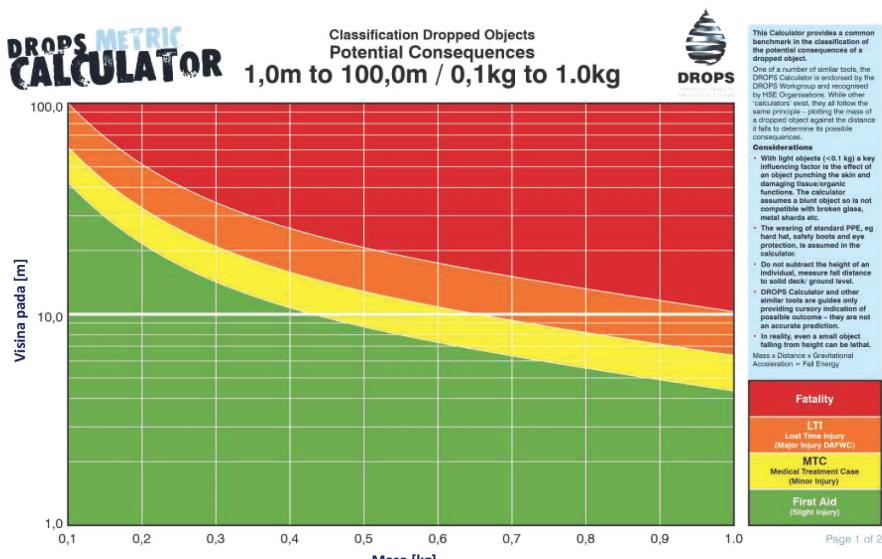
Procijenjeno vrijeme dobivanja svih navedenih dozvola je minimalno 60 dana, što je dovoljno dugo da isplativije postane podizanje montažne skele kako bi se proveo postupak pregleda.

Danas u Europskoj uniji ne postoji jedinstvena zakonska regulativa, tehnički zahtjevi kao ni sustav certificiranja za dronove, već se dronovi mase do 150 kg pojedinačno reguliraju i certificiraju na razini država članica. Uporaba dronova mase veće od 150 kg u nadležnosti je Europske agencije za sigurnost zračnog prometa (EASA) i propisana je Uredbom 216/2008/EC prema kojoj se dotične bespilotne letjelice tretiraju kao konvencionalne letjelice s posadom u kontroliranom zračnom prostoru. Prema novoj europskoj regulativi za let bespilotnim letjelicama (NPA 2017-05), koja bi trebala stupiti na snagu tijekom 2018. godine, tehnički letovi su prepoznati kao bitan čimbenik razvoja upravljanja zračnim prostorom. Stoga, u budućnosti je opravdano očekivati jednostavniju primjenu bespilotnih letjelica u građevinskom sektoru.

2.2 Tehnički zahtjevi za let bespilotnom letjelicom oko građevina

Letenje sustavom bespilotne letjelice tj. dronom naizgled je jednostavan proces, iako su sami sustavi bespilotne letjelice vrlo kompleksni elektronički i mehanički uređaji. Operater bespilotne letjelice mora biti svjestan činjenice da bespilotna letjelica u svakom trenutku može pasti te nanijeti ozljede ljudima ili štetu na objektima.

Predmet mase veće od 1 kg koji pada s visine veće od 10 m nanosi smrtne ozljede (slika 1.). Upravo stoga se ne smije poistovjećivati let iznad otvorenog područja s letom oko i unutar građevina. Let bespilotnom letjelicom na području na kojem ima dovoljno signala za prostorno pozicioniranje (GPS/GLONASS) u kojem je omogućena vizualna vidljivost između bespilotne letjelice i operatera koji njime upravlja jednostavna je letačka operacija, a let oko i unutar građevina predstavlja izrazito kompleksnu letačku operaciju.



Slika 1. Potencijalni ishodi pada predmeta različitih masa [9]

Prilikom tehničkog leta bespilotnom letjelicom oko i unutar građevine GPS/GLONASS signal često je ometan konstrukcijom iznad bespilotne letjelice (betonska ploča, metalna konstrukcija ili neka druga prepreka) pa bespilotna letjelica više ne može jednostavno odrediti svoju GPS poziciju. U tim slučajevima do izražaja isključivo dolaze iskustvo i dobra osposobljenost pilota koji, osim što mora pregledati građevinu ili konstrukciju, u isto vrijeme mora pratiti sve parametre leta, kontrolirati eventualne vjetrove na samoj lokaciji bespilotne letjelice te ručno kompenzirati njihov utjecaj, paziti da cijelo vrijeme zadrži komunikaciju između daljinskog upravljača i bespilotne letjelice. Nadalje u takvim letačkim operacijama posebno je opasan trenutak u kojem bespilotna letjelica izgubi GPS lokaciju te je potom naglo dobije. Odbijanje GPS signala (tzv. bounce) od zida ili konstrukcije može prouzročiti da bespilotna letjelica naglo automatski promijeni lokaciju, što najčešće rezultira zabijanjem o pregledani objekt i slobodnim padom.

Iz navedenih razloga nužno je prilikom pregledavanja građevina imati pored pilota najmanje jednog, a poželjno dva, pridružena promatrača koji će pilotu pravovremeno dostavljati dovoljnu količinu informacija o statusu bespilotne letjelice, njegovoj lokaciji, utjecaju meteorooloških uvjeta, statusu baterija i sl. Može se zaključiti da su tehnički letovi bespilotnim letjelicama izuzetno fizički i psihički zahtjevni za operatera, pilota i pridruženog promatrača su oni tijekom leta u stanju visokog stresa. Njihova dobra obučenost, uvježbanost i komunikacija nužne su kako bi se dobro i sigurno pregledala građevina.

Stoga se pregled građevine bespilotnom letjelicom i pregled građevine fotoaparatom ne smiju poistovjećivati. Pritom poslove tehničkog letenja ne smiju raditi tehničari niti inženjeri kojima je to usputna djelatnost unutar tvrtki, već zaposlenici kojima je tehničko letenje primarna uloga. U suprotnom, prilikom izvođenja letačkih operacija ugroženi postaju svi koji se nalaze u širem prostoru oko bespilotne letjelice.

2.3 Pregled građevina bespilotnim letjelicama u praksi

Pregled građevina bespilotnim letjelicama gotovo uvijek se poistovjećuje s korištenjem foto/video kamere koja snima u RGB spektru svjetlosti. Zapisi koji nastaju snimanjem ovom kamerom mogu dati opsežne informacije o stanju neke građevine, no često je potrebno dodati i druge senzore koji mogu preciznije opisati stanje građevine. U tim slučajevima na bespilotne letjelice mogu se dodati ultrazvučni uređaji za mjerjenje debljine stijenke metalne konstrukcije, laserska svjetla za mjerjenje duljine ili površine oštećenja, senzori propuštanja plina ili dodatne kamere koje snimaju u infracrvenom (engl. *infrared*) spektru svjetla ili u spektru svjetla blisko infracrvenom (engl. *near-infrared*).

Važno je napomenuti da današnju situaciju u kojoj pregled građevina zamišljamo kao bespilotnu letjelicu koja leti oko konstrukcije (upravljana od strane pilota na lokaciji ili prethodno automatizirana putanja leta) ubrzno će zamijeniti rojevi dronova (slika 2.), odnosno niz manjih automatiziranih bespilotnih letjelica međusobno povezanih u mreži koji će koordinirano izvoditi pregledne. Za razliku od današnjih konstrukcijskih rješenja dronova koji su često teški i više kilograma, mali dron iz roja neće biti teži od 50 do 100 grama i moći će se "uvući" u svaki dio građevine kako bi napravio zapis o stanju.



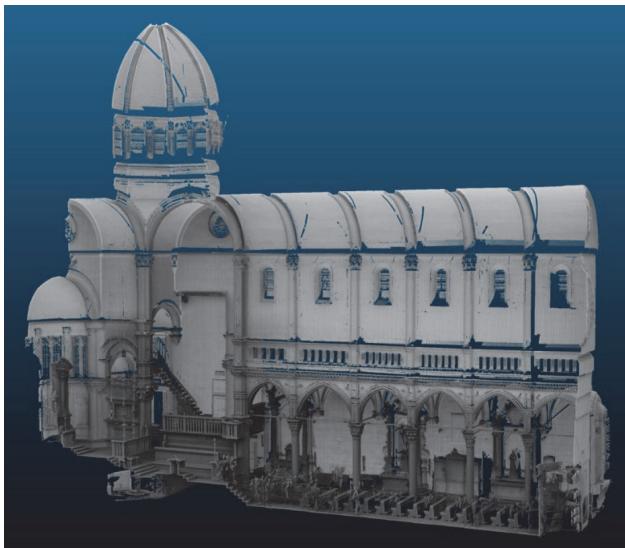
Slika 2. Rojevi dronova (autor: Alain Delorme)

Automatizirani letovi bespilotnim letjelicama prilikom pregleda građevina već se koriste kod pregleda visokih dimnjaka (slika 3.). Programiranjem leta po vertikali i horizontali moguće je bespilotnom letjelicom zadati putanju koja će prilikom fotografiranja stanja građevine dati savršeno preklapanje po osima x,y,z osima. Pravilnim preklapanjem fotografija moguće je izraditi kontinuiranu fotografiju površine koju inženjeri u uredu nakon leta mogu višestruko pregledavati i analizirati. Prednost ovakvog načina pregleda betonske površine je u činjenici da se analizira jedna fotografija, a ne niz fotografija. Time se izbjegava situacija u kojoj nije moguće prostorno smjestiti određenu fotografiju. Kod ovako visokih građevina moguće je izraditi kalibrirane oblake točaka (engl. point cloud).



Slika 3. Pregled stometarskog dimnjaka bespilotnom letjelicom

Prijašnja istraživanja [10-12] pokazala su da se ovim pristupom mogu dobiti vrlo precizni, fotorealistični i geopozicionirani oblaci točaka područja i/ili građevina različitih veličina i oblika. Takva područja i/ili građevine se ne mogu snimiti tradicionalnim metodama prije svega zbog otežanog pristupa, a ponekad i u potpunosti onemogućenog pristupa području s kojeg bi se provodilo snimanje. Stoga, primjenom novih tehnologija i kreiranjem jednog konzistentnog modela omogućile bi se najrazličitije analize s realnim i točnim geometrijskim karakteristikama preuzetih s terena.



Slika 4. Oblak točaka unutrašnjosti katedrale sv. Jakova u Šibeniku izrađen bespilotnom letjelicom

Na slici 4. prikazan je oblak točaka unutrašnjosti katedrale sv. Jakova u Šibeniku koji je izrađen bespilotnom letjelicom. Katedrala je zaštićeno kulturno dobro Republike Hrvatske i na

njoj je vrlo osjetljivo izvoditi radove ili poslove pregleda. S obzirom na to da je katedrala viša od 35 metara, bez postavljanja građevinske skele gotovo nije moguće izmjeriti niti jednu veličinu na kupoli. Pregled tako razvedene građevine vrlo je zahtjevan tehnički let bespilotnom letjelicom, no istovremeno omogućava kvalitetnije i detaljnije analize na uspostavljenom modelu i/ili oblaku točaka. Postupkom izrade kalibriranog oblaka točaka daje se inženjeru ili timu inženjera dodatni alat da prouči oštećenja ili stanja na građevini (slika 5.).



Slika 5. Kalibrirani oblak točaka točnosti 2 mm izrađen bespilotnom letjelicom

Automatiziranim letu u ovom slučaju treba dati prednosti ispred ručnog upravljanja bespilotnom letjelicom s obzirom na mali volumen prostora u kojem treba izvoditi letačku operaciju i činjenicu da mogu biti ugrožene osobe ili objekti. Kalibrirani oblak točaka izrađen bespilotnom letjelicom može biti točnosti manje od 2 mm i kao takav nije pogodan samo za velike objekte.

Ovom metodom moguće je pregledavati i manje dijelove građevine kao što su krovija ili balkoni (slika 6.). Upravo malene bespilotne letjelice težine do 250 grama postat će dio alata svakog inženjera na gradilištu jer će njima moći pogledati kako napreduju radovi, snimiti detalj na potpornom zidu, vidjeti da li je neki detalj na visini održan prema pravilima građevinske struke.



Slika 6. Pregled krova obiteljske kuće bespilotnom letjelicom (fotografija – lijevo; 3D oblak točaka – desno)

Automatizirane bespilotne letjelice mogu se upotrebljavati prilikom građevinskog pregleda nakon požara, potresa ili nege druge elementarne nepogode. Primjerice, kad je sredinom 2017. godine u Londonu potpuno izgorjela 24-katna zgrada i u požaru je poginulo više od 80 ljudi, nakon takve tragedije dolazi do situacije u kojoj nije jasno ulaze li u zgradu nakon požara najprije liječnici, vatrogasci ili građevinski stručnjaci. Iako hitne službe zasigurno prve reagiraju, s potpunim pravom prije ulaska postavljaju pitanje da li je građevina stabilna. Prikidan odgovor na to pitanje moguće je dati upotrebom malih bespilotnih letjelica i letom kroz urušenu građevinsku strukturu. Pregledom zidova i stupova donose se odluke koje nije bilo moguće donijeti prije daljinskog pregleda.

Neovisno o razlogu pregleda ili metodi snimanja, činjenica je da građevinski pregledi bespilotnim letjelicama generiraju velike količine podataka koje je potrebno sistematizirati i organizirati u nizove ponovljivih informacija. Najčešće se kao osnova informacija pojavljuje pucanje betona na svim vrstama betonskih struktura. Identifikacija i praćenje količine i učestalosti pucanja osnova je ocjene trenutačnog stanja kao i predviđanja vremena trajanja betona. Betonske pukotine mogu pokazati koroziju armature, razvoje cijepanja betona ili promjene uvjeta u betonu. Upravo stoga praćenje pukotina tijekom trajanja betonskih struktura učinkovita je tehnika ocjene stanja i osnova planiranja budućih aktivnosti usmjerenih prema rehabilitaciji konstrukcijskih elemenata ili građevine u cjelini.

Kako bi se pratilo razvoj pukotine, svaku fotografiju uhvaćenu bespilotnom letjelicom mora se procijeniti. Za ovaj zadatak moguće je koristiti automatske algoritme detekcije površinskih pukotina na betonskim strukturama. Zapravo su ti algoritmi napredni alati za obradu fotografija koji manipulirajući svojstvima svake fotografije ističu pukotinu kao zasebni entitet te dopuštaju eksport ovih podataka kako bi se moglo provesti mjerjenje (slika 7.).



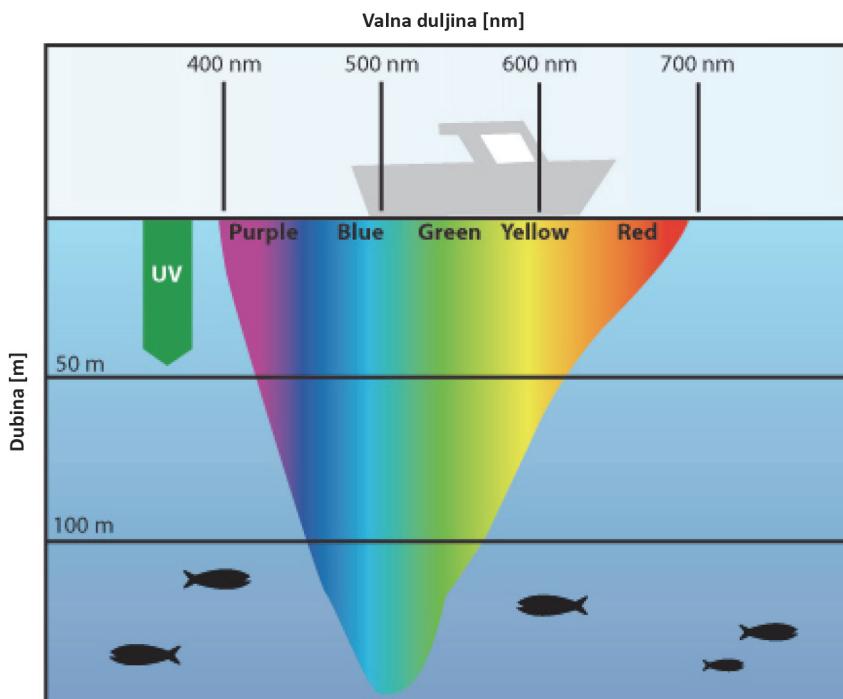
Slika 7. Automatski algoritam za eksport pukotina

3 Daljinski upravljljane podmornice

Daljinski upravljljane podmornice (ROV) vrlo su upravljive podvodne mobilne jedinice koje su kabelom povezane s upravljačkom jedinicom na površini. Prve daljinski upravljljane podmornice javlaju se 1970-tih godina i korištene su isključivo za vojne potrebe dok nije razvojem naftne i *offshore* industrije osamdesetih godina prošlog stoljeća započela i njihova šira upotreba.

Za razliku od bespilotnih letjelica, daljinski upravljljane podmornice se često nalaze u mutnom okruženju, pa osim kamere moraju biti opremljene dodatnim senzorima (npr. podvodni gps, sonar, bočni sonari, zeleni laseri i sl.). Čak i kada je prozirnost vode savršena, dnevno svjetlo prodire relativno plitko (slika 8.) pa se prilikom inspekcija daljinskim upravljenim podmornicama operateri više oslanjaju na senzore nego na vizualni pregled.

Upravo iz navedenih razloga operateri ROV-om moraju biti posebno obučeni za podvodne preglede, kako unutarnjih voda tako i u moru.



Slika 8. Prodiranje svjetla u dubinu [13]

3.1 Dosadašnje metode pregleda podvodnih građevina

Danas pregledi podvodnih građevina najčešće obavljaju škоловани ronioci (posjeduju odgovarajuću kategoriju za ronjenje autonomnim ronilačkim aparatom sukladno normama Hrvatske ronilačke škole [14]). Međutim, za taj posao oni nisu adekvatno niti dovoljno osposobljeni u smislu stručnih znanja iz područja graditeljstva, koristeći kamere koje tehnički ne zadovoljavaju potrebe vizualnog pregleda. Ako priprema ronioca za ulazak u vodu traje 90 minuta, ronilac će potrošiti maksimalno 3 minute tog vremena na pripremu samog snimanja, odnosno tehničku predanalizu građevine koju snima. Takav pristup vizualnom pregledu može se opravdati jer je roniocu samo na pameti kako sačuvati "živu" glavu i pravovremeno se vratiti na površinu. Snimka koju ronioci isporuče najčešće ne udovoljava niti jednom standardu snimanja i zamućena je više zbog nepoznavanja tehničkih mogućnosti kamere nego zbog uvjeta u samom moru. Upravo iz navedenih razloga potrebno je da se ronioci za podvodne pregledove zamijene opremom, tehnikama ili metodologijom druge vrste.

Kao potvrdu tezi navodimo primjer podmorskog ispusta dužine 600 metara koji je slobodno položen na dno, dubine do 30 m bez oštećenja. Ovi idealni uvjeti koji se nikada ne pojavljuju na terenu omogućuju da ronilac može slobodno plivati bez zaustavljanja. Maksimalna brzina ronioca trebala bi biti 1/4 čvora, što je oko 12 cm/s, kako bi u lošim uvjetima (manjak svjetla i/ili mutnoća) kamera mogla donekle "uhvatiti" detalje. Pri toj brzini ronilac samo pliva, ne zaustavlja se, ne pregledava ispust s desne, gornje i lijeve strane, a opet, samo za plivanje potrebno mu je 1.5 sati. Realno, pregledavajući ispust s oštećenjima za ovu dužinu potrebno je minimalno 6 sati ronjenja, ne uzimajući u obzir potrebu za sukcesivnim zaronima i činjenicu da "loše" stanje usporava inspekciju. Prema postavljenim parametrima, vrijeme pregleda podmorskog ispusta protegnulo bi se na nekoliko dana.

Uz navedeno te uz poznavanje činjenice da ronioci rone u paru, samo od sebe se nameće pitanje je li opravdano koristiti ronioce kao pogonske motore kada postoje tehnologije koje su u ovom slučaju primjenjivije i bolje iskoristive.

3.2 Pregled podmorskih ispusta ROV-om

Snimanje podmorskih ispusta zakonska je obveza svih vlasnika ove podvodne infrastrukture. Dosadašnji način u kojem te ispuste pregledavaju nedovoljno osposobljeni ronioci, osim što je zastario, ne omogućava upraviteljima odvodnje dovoljno informacija na temelju kojih bi donosili odluke o ovoj važnoj infrastrukturi. Osim toga, prosječno osposobljeni ronioci na dubini od 30 metara ne mogu se zadržati više od 15 minuta (prema dekomprezijanskim tablicama [14]), što znači da podmorske ispuste većih dužina i dubina do sada nisu niti sustavno pregledavali. S obzirom na to da ispuste treba redovito i sustavno pregledavati, jasno je kako se to može jedino daljinski upravljanim i programiranim podmornicama.

U zemlji koja 20% svojeg BDP-a generira iz turizma [15], podmorski se ispusti moraju razmatrati kao kritična građevinska infrastruktura te kao takvi i pregledavati i održavati. Dodatnoj potvrdi toj činjenici pridonosi i podatak iz Strategije razvoja turizma Republike Hrvatske do 2020. godine [16] čiji je cilj povećanje smještajnog kapaciteta, tj. 20.000 novih soba u hotelima i odmaralištima, ne računajući manje obiteljske hotele.

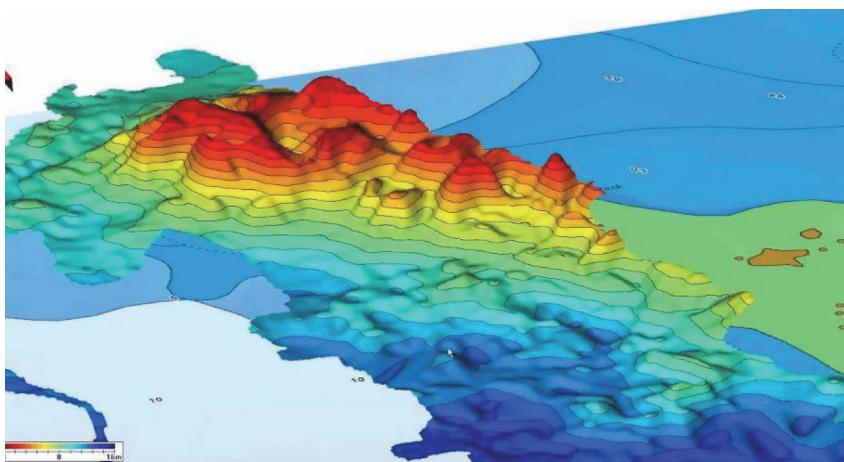
Metodologija pregleda daljinski upravljenim i programiranim podmornicama trebala bi obuhvaćati najmanje sljedeće korake:

- mapiranje dna bočnim sonarima
- programiranje rute pregleda daljinski upravljenim podmornicama (ROV-om)
- pregled podmorskog ispusta ROV-om koji ima minimalno četiri visokorazlučive kamere te kameru 360
- izradu 3D modela dna, podmorskog ispusta i specifičnih oštećenja fotogrametrijskim metodama
- validaciju podataka s unosom u EAM (engl. entreprise asset management) aplikaciju
- izradu izvješća o stanju baziranim na vizualnim metodama.

Nakon što se definira područje pregleda podmorskog ispusta započinje se pregled dna bočnim sonarima (slika 9.) kako bi se podmorski ispust što točnije locirao (smjestio) u odnosu na ostatak terena. Nije neuobičajeno da se prilikom potapanja podmorski ispust uslijed utjecaja morske struje prostorno pomakne u odnosu na projektirano stanje, što najčešće mijenja i hidrauliku samog ispusta, pa može dovesti do poremećaja u radu.

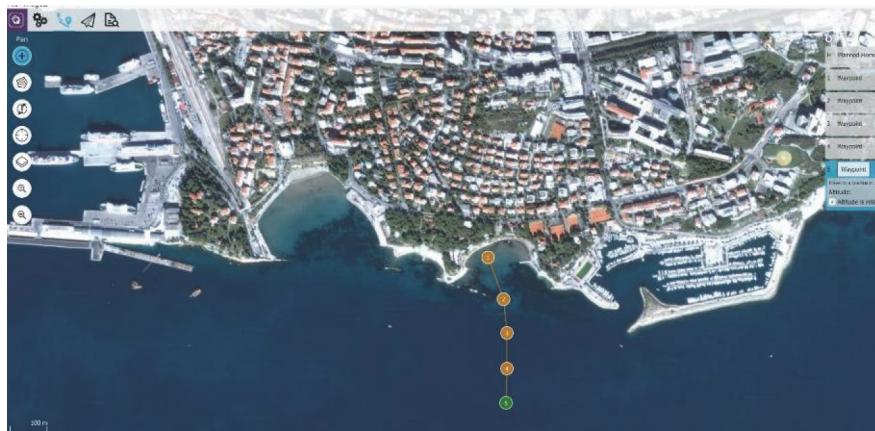


Slika 9. Mapiranje dna bočnim sonarima



Slika 10. 3D model podmorja izrađen iz podataka prikupljenih bočnim skeniranjem

Kad se napravi 3D model terena (slika 10.), izrađuje se programirana ruta za daljinski upravljanu podmornicu (slika 11.) kako bi se što točnije iz više kutova mogao pregledati podmorski ispust. Upravo korištenje programiranih podmornica s podvodnim GPS sustavom omogućuje stabilnost snimke podmorskog ispusta, istovjetnost te mogućnost višestrukog ponavljanja inspekcije.



Slika 11. Programiranje rute za upravljanje daljinski upravljanom podmornicom

Pregled podmorskog ispusta izvodi se pomoću četiri posebno dizajnirane i na ROV-u prostorno razmještene kamere minimalne razlučivosti videa od 1080p pri 120fps (slika 12.). Na taj se način svaki dio podmorskog ispusta pregledava istovremeno iz najmanje četiri kuta što omogućuje izradu 3D modela svakog pojedinog oštećenja. Pri validaciji oštećenja ovaj 3D pregled omogućuje detaljnu analizu neovisno o bojazni da neki detalj nije snimljen, što se počesto događa kada snimanje obavljaju ronioci. Visoki framerate koji posjeduju ove kamere omogućuje uspoređenje snimke podmorskog ispusta gotovo pet puta, a samim tim eliminira i zamućenje leće uslijed prebrzog pomicanja daljinski upravljanje podmornice.



Slika 12. ROV u netrualnoj plovnosti

Programiranjem rute daljinski upravljane podmornice, GPS pozicioniranjem/trasiranjem i upotrebom visokorazlučivih "pomaknutih" kamera stvara se jasna baza podataka koju je nakon inspekcije potrebno validirati, a prije unosa u bazu upravljanja imovinom. Za validaciju tih podataka koriste se posebni alati razvijeni u Infor EAM softveru (<http://www.infor.com>) čime se osigurava dugoročna sljedivost podataka snimanja.

Iz višestrukih snimanja moguće je lako izraditi liniju propagacije oštećenja te naprednim statističkim obradama upozoriti ne samo kada je podmorski ispust oštećen već i prognozirati što će se s njim događati u budućnosti. Sve navedeno u ovom poglavlju postaje dio integralnog interaktivnog izvještaja koji vlasniku ove podvodne infrastrukture omoguće da što točnije planira održavanje odnosno jasno iskaže finansijske potrebe u idućim godinama.

3.3 Pregled obalnih zidova ROV-om

Posebna prednost daljinski upravljenih podmornica opremljenih GPS lokatorom jest ta da njihovim programiranjem i unosom batimetrije dna, postaje moguće potpuno automatizirati pregled obalnog zida ili lukobrana. Kod dugačkih lukobrana (npr. Riječki) moguće je programirati više različitih dubina i ruta te građevinski objekt pregledavati bočno. Ugradnjom kamere 360 na daljinski upravljanu podmornicu (slika 13.) moguće je u svakom trenutku pregledavati okolinu neovisno o drugim kamerama. Istom metodologijom kao i kod bespilotnih letjelica moguće je kasnije izraditi 3D modele ili 3D oblaka točaka kako bi se mogao mjeriti različita stanja građevine ili oštećenja.



Slika 13. ROV s ugrađene četiri visokorazlučive kamere i sfernom 360 kamerom

4 Zaključak

Pregled građevina je kompleksan posao bez obzira na to promatra li se faza gradnje građevine ili faza održavanja jer se u obje faze javlja potreba da se građevina pregledava i/ili nadzire. Kako je trend izvođenja sve kompleksnijih građevinskih projekata, tako i potreba za kontinuiranim pregledom građevine predstavlja sve veći napor i prepreku i za sudionike projekta i za projekt.

Kontinuirano povećanje kompleksnosti građevinskih projekata zahtijeva promjene u načinima shvaćanja pregleda/nazdora građevina, pri čemu se javlja potreba da se tradicionalne metode zamijene automatiziranim postupcima radi mogućnosti ponovljivosti pregleda tj. inspekcije. Neovisno o razlogu pregleda ili metodi snimanja, činjenica je da građevinski pregledi bespilotnim letjelicama i daljinski upravljanim podmornicama generiraju velike količine podataka koje je potrebno sistematizirati i organizirati u nizove ponovljivih informacija. Upravo ponovljivost inspekcije je ključan detalj na temelju kojega se može graditi sustavno promišljanje o održavanju građevina stvaranjem aktivne baze za upravljanje imovinom. Automatizirani pregledi građevina bespilotnim letjelicama i daljinski upravljanim podmornicama već se primjenjuju kad su posrijedi kompleksne građevine, a treba očekivati je da će se s obzirom na mnoge prednosti njihova primjena u budućnosti proširiti i na pregledе drugih građevina.

Literatura

- [1] Zakon o gradnji (NN 153/13)
- [2] Fučić, L.: Sustav kontrole gradnje i očekivanja poslovne zajednice, Izazovi u graditeljstvu 3, (ur. Lakušić, S.), Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb, pp. 22-41, 2015.
- [3] Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14)
- [4] Cerić, A., Katavić, M.: Upravljanje održavanjem zgrada, Građevinar, 53 (2000) 2, pp.83-89.
- [5] Skibniewski, M.J.: Construction Project Monitoring with Site Photographs and 4D Project Models, Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal, 6 (2014) 3, pp. 1106-1114.
- [6] Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova (NN 49/15, 77/15)
- [7] Brkić, D., Landek, I., Marjanović, M.: Uporaba bespilotnih zrakoplova u svrhu snimanja iz zraka u Republici Hrvatskoj – regulativa, Zbornik radova 10. simpozija ovlaštenih inženjera geodezije, Opatija, pp. 46-49, 2017.
- [8] Uredba o snimanju iz zraka (NN 70/16)
- [9] Dropped Objects Prevention Scheme Global Resource Centre, <http://www.dropsonline.org/resources-and-guidance/drops-calculator/drops-calculator-metric/>
- [10] Ružić, I., Marović, I., Vivoda, M., Dugonjić-Jovančević, S., Kalajžić, D., Benac, Č., Ožanić, N.: Application of “Structure-from-Motion” photogrammetry for erosion processes monitoring, Mošćenička Draga example, 4th Workshop of the Japanese-Croatian Project on “Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia”, Split, pp. 49-50, 2013.

- [11] Ružić, I., Marović, I., Benac, Č., Ilić, S.: Coastal cliff geometry derived from structure-from-motion photogrammetry at Stara Baška, Krk Island, Croatia, Geo-Marine Letters, 34 (2014) 6, pp. 555-565.
- [12] Ružić, I., Benac, Č., Marović, I., Ilić, S.: A stability assessment of coastal cliffs using digital imagery, Acta Geotechnica Slovenica, 12 (2015) 2, pp. 25-35.
- [13] Minnesota Sea Grant, http://www.seagrant.umn.edu/newsletter/2012/science_through_the_eyes_of_fish.html
- [14] Ergović, G., Ergović, Z.: Ronilac s jednom zvijezdicom R1: Udžbenik za školovanje ronilaca, Hrvatski ronilački savez, Zagreb, 2012.
- [15] Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr>
- [16] Strategija razvoja turizma Republike Hrvatske do 2020. godine, <http://www.mint.hr/UserDocs/Images/Strategija-turizam-2020-editfinal.pdf>



Gdje je nestao inženjer?

Autor:

Prof. dr. sc. Alen Harapin

Sveučilište u Splitu
Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije
Mätze hrvatske 15, 21000 Split

Gdje je nestao inženjer?

Alen Harapin

Sažetak

Stalno se pitamo kolika je razlika biti inženjer danas u odnosu na nekada. Da li se inženjerska praksa bitno izmijenila u zadnje vrijeme? Iako se svi kunemo da je danas "biti inženjer" bitno različito nego što je to bilo nekada, je li to stvarno tako?

Ključne riječi: obrazovanje za inženjera, inženjerska praksa, inženjeri budućnosti

Where did an engineer disappear?

Abstract

We are constantly wondering what is difference between being an engineer today and before. Has the engineering practice changed significantly lately? Although we all say that today "being an engineer" is significantly different than it used to be, is it really so?

Key words: engineer's education, engineering practice, future engineers

1 Uvod

1.1 Inženjer? Što je to?

Sveznajuća Wikipedija prvo kaže: "Inženjer je stručnjak tehničkih ili tehnoloških znanosti visoke (VSS) ili (češće) više (VŠS) stručne spreme. Inženjeri su posebno izučeni za tehničke i operativne poslove praćenja i upravljanja proizvodnjom i industrijskim resursima." [1]

A zatim navodi: "*Građevinski inženjeri planiraju i nadziru izgradnju različitih objekata. To mogu biti objekti niskogradnje (ceste, željezničke pruge, tuneli, mostovi), hidrogradnje (luke, brane, hidrocentrale, kanalizacije) i visokogradnje (stambeni i industrijski objekti). Sudjeluju u svim fazama nastajanja objekta.*

U samom početku izgradnje objekta, s obzirom na mjesto građenja, materijal i novac, definiraju tehnologiju građenja i rješavaju probleme u izvođenju radova. Nakon toga statičkim proračunima provjeravaju i dokazuju sigurnost i stabilnost objekta. Na kraju sve zamisliti prikazuju u detaljnem nacrtu. Za izradbu nacrta služe se crtačim priborom (olovka, papir, trokuti, rapidografi). U današnje vrijeme sve se više rabe kompjutori, kako za izradbu nacrta, tako i za proračune. Prema potrebi izrađuju se troškovnici cjelokupne izgradnje.

Navedeni poslovi odnose se na projektante konstrukcija, projektante tehnologije i organizacije građenja. Međutim, inženjeri građevine mogu raditi i kao nadzornici gradilišta ili kao rukovoditelji radova i građenja, konzultanti, predavači i profesori na fakultetima. Osim željama pojedinca, radno mjesto inženjera građevine određeno je i stupnjem naobrazbe." [2] Definicija možda, u nekim stvarima, malo i zastarjela, ali općenito uključuje sve aspekte posla inženjera građevinarstva.

Engleski izraz za ono što mi nazivamo građevinarstvo, je: "civil engineering" ili u slobodnom prijevodu: civilno (građansko) inženjerstvo. Ovaj pojam, zapravo, označava sve ono što u stvari nije "military engineering" tj. vojno inženjerstvo [3].

Vojno inženjerstvo se obično smatra najstarijom granom inženjerstva i može se općenito definirati kao umijeće projektiranja i izvedbe građevina za vojne potrebe. Upravo da bi smo razlikovali vojne od nevojnih građevina, razvio se pojam civilnog inženjerstva. Prema tome, iako su obje ove discipline inženjerstva odgovorne za gradnju, razlikuje se njihova konačna svrha. U moderno vrijeme pod pojmom "vojno inženjerstvo" obično se ne podrazumijeva samo građevinarstvo, već i druge discipline, kao strojarstvo i elektrotehnika/elektronika.

Pojam "inženjer" (eng. *engineer*) originalno se pojavljuje baš u kontekstu vojne terminologije, negdje oko 1325., gdje se riječ "engine'er" (doslovno: onaj koji upravlja strojem) koristi kao pojam za "konstruktora vojnih strojeva" (u to doba: katapulta i sl.) [3]. Dakle, pojam inženjer je direktno povezan s vojnom gradnjom, tj. s vojnim inženjerstvom, te se pojam "inženjer" u početku povezivao samo sa stručnjakom za građenje vojnih objekata.

Kako su se projektiranje i gradnja civilnih građevina, kao što su zgrade i mostovi, sve više razvijali kao tehnička disciplina, a da bi se razlikovali stručnjaci specijalizirani u civilnoj od onih specijaliziranih za vojno inženjerstvo, pojam inženjer dobio je prefiks: "vojni" ili "civilni". Kako se civilno inženjerstvo od tada znatno razvilo, a vojno inženjerstvo smanjilo na vrlo usko specijalizirano područje, pojam "engineer", koji je kako je rečeno nekad označavao samo stručnjaka za gradnju vojnih strojeva i građevina, kao takav je zastario, te se u modernom engleskom jeziku koriste prethodno spomenuti pojmovi "civil engineer" i "military engineer" [4].

Treba naglasiti da općenito pojam "civil engineering" obuhvaća i: arhitekturu, okolišno inženjerstvo, geotehničko inženjerstvo, geofiziku, geodeziju, konstrukcijsko inženjerstvo, potresno inženjerstvo, transportno inženjerstvo, znanost o zemlji, znanost o atmosferi, urbano inženjerstvo, izvanobalno inženjerstvo, inženjerstvo o upravljanju vodama, obalno inženjerstvo, itd. Iako se u suvremenom hrvatskom jeziku pojam "civil engineering" obično prevodi kao "građevinarstvo", ispravno bi ga trebalo prevesti kao "graditeljstvo", a određene podstruke adekvatnim imenom: structural engineer → konstrukcijski inženjer, environmental engineering → inženjer za okoliš i sl.

Međutim, praktično gledano, inženjer u značenju "graditelj" je mnogo stariji pojam i inženjerstvo, kao aspekt života počinje praktično pojmom čovječanstva. Kao profesija pojavljuje se negdje oko 4000 godina prije Krista, u Egiptu i Mezopotamiji, kada čovječanstvo napušta nomadski način života i pojavljuje se potreba konstruiranja stalnih zakloništa. U to doba transport postaje sve značajni uz nagli razvoj kotača i jedra.

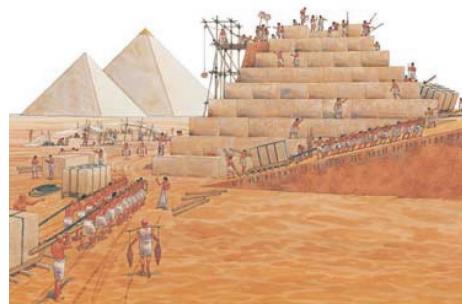
Treba također napomenuti da sve do današnjeg vremena nije postojala jasna razlika između "civilnog inženjerstva" i "arhitekture", već je naziv uglavnom ovisio o zemljopisnom položaju, a odnosio se na istu profesiju [3].

1.2 Kako su radili naši davnii preci

Izgradnja piramide u Egiptu (oko 2700-2500 pr.Kr.) bilo je vjerojatno jedno od prvih većih poduhvata drevnih inženjera konstruktora. Najstarijom piramidom se smatra Djoserova (izgrađena između 2630. i 2611. prije Krista). Ta piramida (slika 1.), koja se općenito smatra najstarijim spomenikom izgrađenim od tesanog kamena, kao i kompleks zgrada oko nje, projektirana je i izgrađena pod vodstvom inženjera (ili arhitekta, kako hoćete) Imhotepa [5].



Slika 1. Djoserova piramida [6]



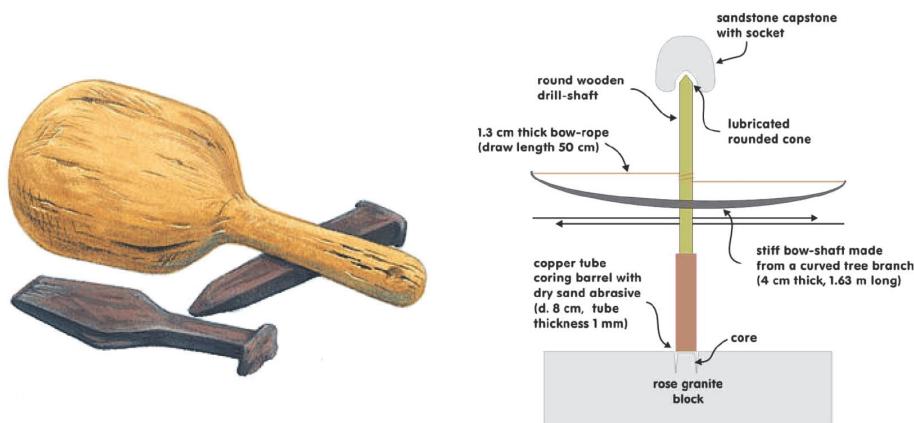
Slika 2. Izgradnja piramide [7]

Kako su Imhotep i kasnije njegovi nasljednici gradili piramide? Postoji na tisuće knjiga i znanstvenih članaka, kao i nepregledan broj web-stranica. I dandanas znanstvenici razvijaju teorije o načinu gradnje, pri čemu je ova tema vrlo česta i u SF književnosti. Razni stručnjaci: građevinski inženjeri, arhitekti, piramidolozi (da, ne čudite se, i ova grana znanosti postoji), pa i razni laici i samozvani stručnjaci raspredaju svoje teorije. No, najjednostavniji odgovor je da nemamo odgovora ili bar nemamo takav odgovor oko kojega ćemo se svi složiti. Ravne rampe,

spiralne rampe, višestruke rampe, unutarnje rampe, poluge, sistemi rolanja na drvenim oblicama, poluge s kontrateretima, čak i izvanzemaljska tehnologija... Svi imaju svoju teoriju, a mi još uvijek nismo bliže odgovoru nego što je bio Herodot koji je prvi, u 5. stoljeću prije Krista, u svom djelu "Povijest" knjiga II, pokušao opisati način gradnje ovih velebnih objekata. Ne zaboravimo da su već tada piramide bile stare više od 2000 godina.

Ako zanemarimo teoriju da su piramide izgradili izvanzemaljci, ostaje otvoreno pitanje kako su drevni Egipćani, kako je kultura s tako primitivnom tehnologijom – bez kotača, s samo kamenim, drvenim i bakrenim alatom, izgradila takve građevine koje nisu samo goleme, već i nevjerojatno precizne.

S čime su, ustvari, raspolagali Imhotep i njegovi? Alati kojima su se koristili graditelji piramide, po današnjim standardima su primitivni alati, ali koji se još i danas upotrebljavaju (slika 3.). Za oblikovanje kamena upotrebljavali su bakrena dlijeta koja su se, zbog male tvrdoće bakra, vrlo brzo tupila pa ih je trebalo često oštiriti, što je bio zadatak posebnog tima radnika. Za premještanje velikih kamenih blokova koristili su sanjke koje su potezali ljudi i tegleće životinje (napomenuo sam već da drevni Egipćani nisu poznavali kotač).

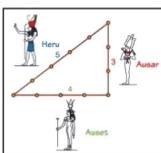


Slika 3. Alati korišteni pri gradnji i način bušenja rupa u kamenu [8]

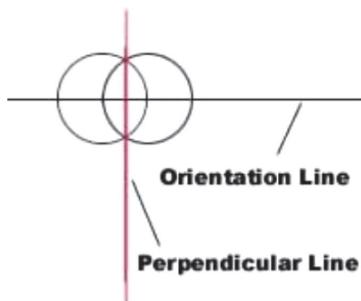
Preciznost - Jedna od konstantnih zadaća graditelja i dandanas je kontroliranje horizontala, vertikalna i pravih kutova. Kako primjerice kod građevine duljine baze 230 m i visine oko 140 m postići prave kutove? Egipćani su koristili vrlo jednostavnih i efikasnih sustava. Prvi je bio preko konopca ukupne duljine 12 jedinica, koji, kada se rastegne na 3, 4 i 5 jedinica pokazuje pravi kut. Ovaj princip će se matematički formalizirati tek 1500 godina kasnije pod imenom Pitagorin poučak. Drugi je preko kružnica čiji je centar u originalnoj liniji, a spoj njihovih sjecišta daje okomitu liniju. Kod Keopsove piramide kut svake stranice u odnosu na osnovicu iznosi 51° i $51'$, a svaka je stranica pažljivo orijentirana prema jednoj od četiriju strana svijeta. Vodoravni je presjek građevine u bilo kojem dijelu kvadratan, a dužina stranica osnovice iznosi 229 metara. Odstupanje od pravog kuta iznosi jednu lučnu minutu!

Egyptian Triangle

Surveyors in ancient Egypt has a simple tool for making near-perfect right triangle: a loop rope divided by knots into twelve sections. When they stretched the rope to make a triangle whose sides were in the ratio 3:4:5, they knew that the largest angle was a right angle.

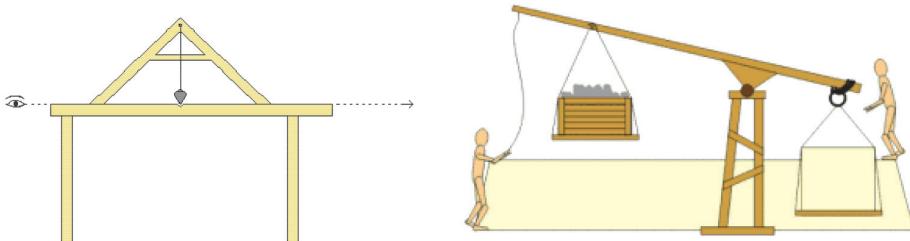


The upright may be linked to the male, the base to the female and the hypotheses to the child of both. So Ausar (Osiris) may be regarded as the origin, Auset (Isis) as the recipient, and Heru (Horus) as perfected result.



Slika 4. Određivanje pravih kutova, pravilo 3-4-5 (Pitagorin poučak) – lijevo; pravilo lukova - desno [9]

Drevni Egipćani su poznavali visak i pomoću njega točno određivali i horizontale i vertikale. Također su primjenjivali princip poluge i kontratereta i sl., slika 5.



Slika 5. Određivanje vertikale i horizontale pomoću viska – lijevo, princip poluge – desno [9]

Zanimljivo je napomenuti da je faraon zapošljavao i prve geodete zvane harpedonaptai ili harpedonapts (što u direktnom prijevodu znači: rastezači konopca), jer je nakon svakog plavljenja Nila bilo potrebno nanovo odrediti granice. Ti "harpedonaptai" primjenjivali su prethodno spomenuti način mjerenja pomoću užeta podijeljenog na 12 dijelova, po čemu su i dobili ime.

I ostali drevni narodi izgradili su građevine koje su fascinantne još i danas, a koje bi i s suvremenom tehnologijom bilo teško ili čak nemoguće izgraditi. Navedimo nekoliko.

Jupiterov hram, Baalbek, Libanon (slika 6.). Najveći blokovi su 20 m dugi, 4,2 m visoki i 3 m debeli, s masom većom od 800 tona. Znatno su stariji od hrama koji je izgrađen na njima oko 800 godina prije Krista. I s današnjom tehnologijom bilo bi gotovo nemoguće složiti ove blokove. Nije poznata tehnologija gradnje.

Ollantaytamba megalitska struktura u Peruu (slika 7.). Neki blokovi imaju masu veću od 200 tona, a dovezeni su iz kamenoloma udaljenog više od 50 milja i preko planinskog lanca visokog više od 3000 metara. Blokovi su spajani bez veziva, a tako su precizno slagani da se između njih ne može uvući ni tanki nož.



Slika 6. Jupiterov hram, Baalbek, Libanon [10]



Slika 7. Ollantaytamba megaliti, Peru [11]

Također su impresivni crteži u dolini Nazca u Peruu (slika 8.). Vjeruje se kako je crteže stvorila kultura Nazca između 200. godine prije Krista i 600. godine. Pitanje je samo kako su uspjeli stvoriti tako precizne figure bez mogućnosti da vide svoje djelo iz zraka? I zašto likovi postoje?

Kipovi Maui s Uskršnjeg otoka (Rapa Nui) (slika 9.), iako se nominalno ne ubrajaju u "graditeljstvo", zanimljivim ih čini način prijenosa od kamenoloma do mesta postavljanja. Megaliti su vezivani konopcima i sinkronim povlačenjem "gegani" do konačnog odredišta, što je nekad i kilometrima daleko.



Slika 8. Crtež ptice u dolini Nazca, Peru [11]



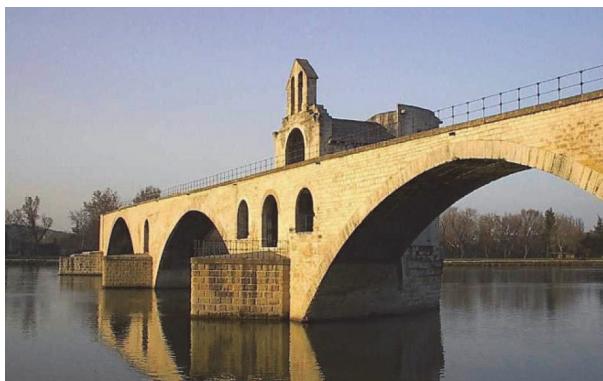
Slika 9. Megaliti s Uskršnjeg otoka [10]

Osim ako stvarno neke od građevina nisu izgradile zemaljske ili izvanzemaljske napredne civilizacije, misterij načina i preciznosti gradnje za većinu njih ostaje nerazjašnjen. Možemo se samo diviti drevnim graditeljima na njihovoj umještosti, snalažljivosti i dovitljivosti. Pa, i direktnat prijevod na hrvatski latinske riječi inženjer ("ingeniare") bio bi: "dovitljivac".

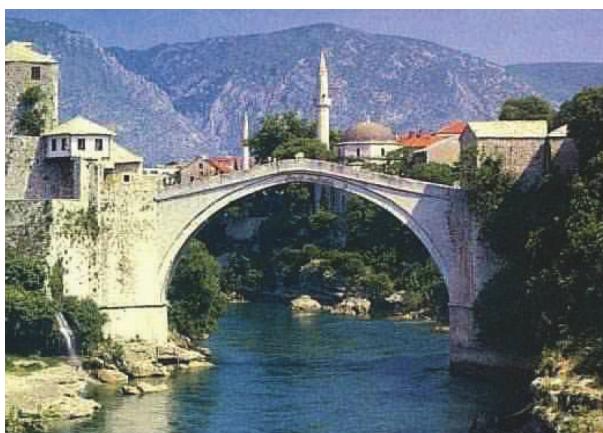
1.3 A sad se vratimo u malo bližu prošlost

Neki graditeljski dosezi iz "malo bliže" prošlosti, za koje znamo kako su se odigrali, još uvijek zadivljuju i golicaju maštu ingenioznošću graditelja. Navedimo neke.

Most preko Rhone kod Avignona (slika 10.) slavni je sredovjekovni most građen između 1177.-1187. Gradila ga je redovnička zajednica koja je u to doba bila zadužena za izgradnju mostova. Riječ je o mostu s 20-ak svodova raspona do 40 m. Svodovi u poprečnom presjeku nisu monolitno ukrućeni već su sastavljeni od po 4 paralelna, međusobno odvojena luka, radi bolje prilagodbe mogućem slijeganju tla jer je temeljno tlo pjeskovito. Zanimljivo je da su lukovi konstruirani s po tri središta zakrivljenosti, što su kasnija istraživanja potvrdila optimalnim za stabilnost luka. Most je izdržao velik broj poplava vrlo hirovite Rhone, sve do 16. st. kada je jedna katastrofalna poplava uništila najveći dio mosta. Do danas su ostala očuvana četiri svoda.



Slika 10. Most preko Rhone kod Avignona, Francuska [12]



Slika 11. Stari most u Mostaru, BiH [13]

Sve do njegovog nesretnog rušenja, 1993., Stari most u Mostaru (građen između 1557.-1566.), slika 11., predstavljao je neriješeni misterij kako jedna tako smjela i vrlo tanka konstrukcija može uopće stajati. Tek su se rušenjem mosta otkrile sve ingenioznosti Hajrudina neimara (graditelja). Otkriveno je da je most šupalj, da su kameni blokovi povezani željeznim klanfama zalivenim olovom i da je Hajrudin pravilnim izborom tvrdoče kamena most elastično upeo u upornjačke kule. Manje je poznato da je Hajrudin prije gradnje toga mosta (1558.) napravio i istovjetnu repliku (tzv. Kriva čuprija) preko obližnje rijeke Radobolje (pritoka Neretve). Popravak pukotina na kupoli Sv. Petra u Rimu (slika 12.) povjeren je Ruđeru Boškoviću (1711.-1787.), koji je tada smatran jednim od vodećih europskih autoriteta u statičkim izračunavanjima i graditeljstvu. Bošković je točan tijek sila odredio na obrnutom modelu, tako da je napravio model i "objesio ga" o oslonce (stupove). Na zahtjev carice Marije Terezije od Austrije, Bošković je riješio problem stabilnosti Kraljevske knjižnice (sada Nacionalna knjižnica) u Beču i obavio više drugih graditeljskih zadaća.

Kada su tijekom intervjuja (1929.) za gradnju Empire State Buildinga (slika 13.), John Jakob Raskob, glavni financijer i partneri upitali budućeg graditelja nebodera Paula Starretta koljom opremom raspolaže, on je hladno odgovorio: "Nemamo prokleti ništa. Čak ni kramp ni lopatu (u originalu: "Not a blankety blank [sic] thing. Not even a pick and shovel.") Nakon nekoliko trenutaka neugodne šutnje, Starrett je nastavio: "Gospodo, gradnja ove vaše zgrade će predstavljati vrlo neuobičajen problem. Uobičajena građevinska mašinerija je potpuno neprikladna za nju. Mi ćemo u svakom slučaju morati kupiti ili čak isprojektirati potpuno novu opremu i tehnologiju koju ćemo na kraju gradnje prodati, a vas teretiti za razliku. To je nešto što se radi na svakom velikom projektu, a košta manje i puno je efikasnije." Njegova iskrenost i logičko razmišljanje osigurali su mu posao [15].



Slika 12. Unutrašnjost bazilike Sv. Petra, Rim [14], autor slike: Stefan Bauer



Slika 13. The Empire State Building, New York

U nedostatku računalnih mogućnosti, alata i strojeva, drevni i manje drevni inženjeri koristili su ono jedino što su imali: svoj mozak. Da li je to i danas tako? Pa, bilo bi neiskreno reći: "nije". I inženjeri danas su "dovitljivci" i često moraju rješavati neuobičajene probleme za koje ih nije pripremila škola/fakultet ili prethodno radno iskustvo. Drugo je pitanje koliko su fakulteti spremni pripremiti "mlade ljude" za uobičajene, a posebno za neuobičajene izazove u struci.

2 Koliko su fakulteti spremni za nove izazove?

Čovječanstvo je u posljednjih 100 godina, a naročito u posljednjih 50 godina, doživjelo nevjerojatan tehnološki napredak. Taj napredak se odrazio na sve sfere društva, pa tako i na graditeljstvo. Sveobuhvatno praćenje struke, pa čak i dijela struke predstavlja velik napor i troši veliku količinu vremena. Najjednostavnije rješenje za taj problem je tzv. atomizacija, praćenje samo malog uskog djelića struke kojim se konkretno bavimo. Poznata je ona uzrečica: "U moderno vrijeme nije važno "znati", važno je "znati onoga tko zna!" U neku ruku, ovo nije loše, jer time možemo bolje pratiti događanja u "našoj maloj sferi", međutim ostaje pitanje: "možemo li od silnih stabala pojmiti šumu".

Kao i sve ostale sfere društva, i škole (a pod školama podrazumijevam sve nivoe, dakle i fakultete) su se promijenile, ali još uvijek ne dovoljno. Moja je prepostavka da su ove promjene tek početne i da nam temeljite promjene tek slijede.

Nešto o razvoju školstva kroz povijest sam već pisao prethodno [16], pa neću ponavljati, samo ću ponovno citirati rečenicu Renate Stürmer Santrić [17], koja možda najbolje daje indirektni odgovor na pitanje: u kojem smjeru se škole trebaju razvijati:

A tko je zapravo obrazovan čovjek? Samo onaj tko preko znanja stječe uvid u povezanost života, koji posjeduje bogatstvo unutrašnjeg doživljaja, osjećaja i ideja, onaj koji promatra pojave u prirodi i donosi zaključke. Tek taj je stekao obrazovanje. Takvo je obrazovanje živo, osobno i bogato i nažalost sve rjeđe u našim školama gdje se raznolikost života sabija u temeljito pripremljene lekcije, gdje su metode tako usavršene, a znanje se stječe na štetu osobnosti, sposobnosti razmišljanja, promatrivanja, maštovanja.

Da, to je naš "pravi" inženjer – dovitljivac, koji je spreman uhvatiti se ukoštač s problemima koje nosi moderno graditeljstvo. Kako što više mladih ljudi odgojiti u tome smjeru, problem je o kome će morati razmislići cijelokupno društvo. A zahtjevi su pred kompletom inženjer-skom strukom sve veći.

Također će citirati i riječi dr. sc. Slavka Krajcara [19] o razvoju obrazovanja:

Problem za škole i za obrazovni sustav se povećava i time što se potrebe na tržištu rada mijenjaju vrlo ubrzano. Poznato je da u SAD-u deset poslova, koji se danas najviše traže, nije ni postojalo pred deset godina. Poznato je i da se svake dvije godine tehnološke informacije udvostručuju; da godišnje nastaje više informacija nego ih je nastalo od doba pismenosti do danas; da već danas prosječan zaposlenik u razvijenim zemljama mijenja posao više od 10 puta u radnom vijeku; da je IT sveprisutna i generička tehnologija, itd. Svijet se, zapravo, mijenja brže nego naše snalaženje u tom prostoru. Obrazovni sustav 21. stoljeća treba pripremiti mlade ljude za poslove koji još ne postoje, kako bi se koristili tehnologijama koje još nismo ni otkrili, a za konkurentnost koja će biti globalna. Obrazovanje je to koje mora školovati mlade ljude da se nose s tim globalnim neizvjesnostima budućnosti.

Čeka li to i inženjere građevinarstva? Dakako!

2.1 Pristup prenošenju znanja

Ako do kraja ogolimo pristup studijima i sustavu studiranja, uočit ćemo dva pristupa koja su međusobno poprilično oprečna. Prvi sustav, nazovimo ga austrougarski, prisutan je u našim područjima. U ovom sustavu velika se pažnja posvećuje usvajanju bazičnih znanja, a specifična znanja struke se prepustaju pojedincima da ih svedadavaju tijekom rada u praksi. Drugi sustav, nazovimo ga anglosaksonski, jest sustav s minimalnim bazičnim znanjima, ali s velikim praktičnim znanjima.

Prednost prvog sustava je "dobar temelj" na kojem je moguće lako nadograditi znanje, a prednost drugog sustava je puno brže uklapanje u praksu. Anglosaksonski sustav posebice njeguje i razmišljanje, zaključivanje i sposobnost rješavanja problema, što onaj prvi sustav ne uspijeva, jer zbog velike količine podataka koju treba usvojiti, ne ostaje vremena za to. Negativnosti svakog sustava su upravo prednosti onog drugog sustava. Svaka država se u većoj ili manjoj mjeri drži nekog sustava školovanja (najčešće uvjetovano povijesnim okolnostima), pri čemu je to najčešće neka kombinacija jednog i drugog.

Koji je bolji? Odgovor nije moguće jednoznačno dati. Ako promatrate čisto banalno, reći ćete da su zemlje u kojima je primijenjen anglosaksonski sustav (SAD, Velika Britanija, Njemačka, Francuska, Japan...) najrazvijenije zemlje svijeta u gospodarskom pogledu. Cinik će dodati: "Da, zato što skupljaju najkvalitetnije kadrove iz onih drugih zemalja koje imaju onaj "tvrdi" način učenja." Kako napraviti dobar balans, otvoreno je pitanje.

2.2 Plan i program fakulteta

Naš (hrvatski) javni obrazovni sustav, pri čemu se misli na cjelokupni sustav od osnovne škole do fakulteta, nastao je u 19. stoljeću, u ekonomskom okruženju industrijalizacije. Taj sustav konkureniju ostvaruje na paradigmi "oni koji to mogu (pametni – smart)" i "oni koji to ne mogu (nisu dovoljno pametni – nonsmart)". Cjelokupno se obrazovanje temelji na standardizaciji i na linearnom modelu. Učenici istog godišta uče iste stvari razdijeljene u predmete (matematika, prirodoslovje, povijest, materinji jezik, itd.), [19].

Ako se usporedi plan i program Građevinskog fakulteta u Zagrebu iz, npr. 1956. (tablica 1.), vidljivo je da je niz predmeta u potpunosti isti kao i u aktualnom programu. Dobro, reći će neki, zasigurno ako predmet i ima isti naziv, njegov sadržaj se promijenio. A drugi će dodati,

dakako da građevinski inženjer mora svladati neka bazna znanja vezana za inženjerstvo: statiku, hidrauliku, razne vrste konstrukcija, razne vrste prometnica... I zasigurno su u pravu. I jedni i drugi. No uvijek je pitanje može li se u bocu od 1 litre uliti više od 1 litre. Nažalost, ne može! Jedan veliki problem školstva/studija po "austrougarskom" sustavu je taj da su studenti nakon studija "umorni". Studij ih iscrpi do kraja i vrlo česta rečenica koja se čuje nakon završetka studija je: "Hvala Bogu sad ne moram više učiti!". Onda, kad ustvari treba početi učiti.

Tablica 1. Plan i program studija Građevinarstva, ak. godina 1956-1957, GF Zagreb, obavezni predmeti 1., 2., 3. i 4. godine

Obavezni predmeti 1. godine

Nastavnik	Predmet	semestar, sati predavanja i vježbi tjedno	
		zimski	ljetni
Bianuša	Viša matematika I* i II*	6+4	4+4
Niče	Nacrtna geometrija	4+4	4+4
Andrejev	Mehanika*	0+0	4+3
Macarol	Geodezija	0+0	2+2
Lopašić	Fizika	4+2	4+0
Vranjican	Kemija građevinog materijala	2+0	0+0
Marić	Petrologija	2+2	0+0
Herak	Geologija	0+0	2+2
Petković	Tehničko crtanje	2+0	2+0
	Predvojnička obuka	2+0	2+0
	Strani jezik (preporuča se)	2+0	2+0

Obavezni predmeti 2. godine

Nastavnik	Predmet	semestar, sati predavanja i vježbi tjedno	
		zimski	ljetni
Vranić	Viša matematika III*	4+4	0+0
Andrejev	Mehanika	4+3	0+0
Macarol	Geodezija	2+2	0+4
Čališev	Otpornost materijala*	4+4	2+2
Erlih	Teorija konstrukcija I*	0+0	4+8
Franković	Hidraulika I*	3+1	0+0
Franković	Hidraulika II	0+0	2+3
Petrik	Hidrologija	0+0	3+2
Černe	Strojarstvo i elektrotehnika	2+0	2+0
	Predvojnička obuka	2+0	2+0
	Strani jezik (preporuča se)	2+0	2+0

Obavezni predmeti 3. godine

Nastavnik	Predmet	semestar, sati predavanja i vježbi tjedno	
		zimski	ljetni
Werner	Teroja konstrukcija II	2+0	2+0
Werner	Teorija konstrukcija II, vježbe	0+4	0+4
Szavits-Nossan	Geomehanika	4+0	0+0
Szavits-Nossan	Geomehanika, vježbe	0+0	0+1
Szavits-Nossan	Fundiranje	0+0	4+0
Juranović	Betonske konstrukcije	2+0	2+1
Tonković	Drvene konstrukcije	0+0	2+0
Vrkljan	Građevne konstrukcije	4+0	3+0
Vrkljan	Građevne konstrukcije, vježbe	0+3	0+4
Gjurović	Vodogradnje I	0+0	4+0
Broz	Vodogradnje II	0+0	3+0
Čabrijan	Željeznice I	2+0	3+0
Zagoda	Projektiranje i građenje cesta	4+0	2+0
Zagoda	Projektiranje i građenje cesta, vježbe	0+2	2+0
Zagoda	Predvojnička obuka	2+0	2+0

Obavezni predmeti 4. godine

Nastavnik	Predmet	semestar, sati predavanja i vježbi tjedno	
		zimski	ljetni
Juranović	Betonske konstrukcije	2+0	0+0
Juranović	Betonske konstrukcije, vježbe	0+4	0+0
Tonković	Drvene konstrukcije, vježbe	0+2	0+0
Tonković	Drveni mostovi	2+0	0+0
Tonković	Drveni mostovi, vježbe	0+0	0+3
Tonković	Masivni mostovi	0+0	2+0
Ivančić	Čelične konstrukcije	2+0	2+0
Ivančić	Čelične konstrukcije, vježbe	0+0	0+4
Erega	Čelični mostovi	0+0	3+0
Gjurović	Vodogradnje I	4+0	0+0
Gjurović	Vodogradnje I, vježbe	0+2	0+4
Broz	Vodogradnje II	2+0	0+0
Broz	Vodogradnje II, vježbe	0+3	0+3
Žugaj	Vodogradnje III	0+0	4+0
Čabrain	Željeznice I, vježbe	0+3	0+0
Čabrain	Željeznice III (Kolodvori)	0+0	3+0
Prister	Željeznice II	4+0	1+0
Prister	Željeznice II, vježbe	0+0	0+3
Šiprak	Zemljani radovi i tuneli	2+0	2+0
	Predvojnička obuka	2+0	2+0

Ono o čemu se intenzivno govorilo pri uvođenju "bolonje" jest koncept "ishoda učenja" kao osnovnog pokazatelja da li je student usvojio neko znanje i vještine ili nije. Umjesto pitanja "Što je student naučio u mom predmetu?" nastavnik postavlja pitanje: "Za što je student sposobljen nakon uspješno svedanog predmeta?" Iako na prvi pogled koncept izgleda isti, razlika je bitna. Definicija ishoda učenja ima više. Prenosim samo neke [20]:

- Ishodi učenja su iskazi o tome što se očekuje da će student biti sposoban raditi kao rezultat učenja (Jenkins and Unwin)
- Ishodi učenja su izravne tvrdnje o tome što želimo od studenata da znaju, razumiju ili budu u mogućnosti učiniti nakon što završe određeni predmet (University New South Wales, Australia)
- Ishodi učenja su iskazi kojima se definira što će studenti biti u mogućnosti raditi kao rezultat procesa poučavanja i učenja. Ishodi se najčešće izražavaju kao znanje, vještine ili stavovi (American Association of Law Libraries)
- Skupine sposobnosti koje izražavaju ono što će student znati, razumjeti ili biti sposoban raditi nakon što završi proces učenja, bez obzira na to je li on dugačak ili kratak (Vodič za korisnike ECTS-a, 2004)

Uvođenje "bolonjskog sustava" obrazovanja (2005.) predstavljalo je priliku za promišljanje inženjerskog obrazovanja upravo temeljenog na sustavu ishoda učenja. Iako je doveo do velike promjene u studijskim programima, sama suština se nije promijenila, sustav je ostao trom i, neću reći neefikasan, već recimo poluefikasan. Tihi je konsenzus da je izostala suradnja s poslodavcima tijekom procesa [21].

Do pojave globalne krize građevinski inženjeri su bili vrlo traženi i vrlo dobro plaćeni. Kriza je sve to promijenila. Tko se izvukao? Mislim, tko nije ostao "plakati" na Zavodu za zapošljavanje? Samo oni s specifičnim znanjima i vještinama. Ponovno, samo "dovitljivci".

Često u štampi možemo pročitati: "Bolonja nije uspjela." i poziva se na ukidanje "bolonje" i vraćanje na staro. Ja se s tim ne bih složio. Osnovni problemi koje "bolonja" ima nisu u samoj "bolonji" kao ideji i sustavu školovanja, već u nama. Osnovne stvari koje treba uskladiti su [21]:

- veća suradnja visokih učilišta s gospodarskim subjektima i (građevinskim) tržistem rada,
- podizanje kvalitete prijenosa znanja kroz obrazovanje nastavnika za nove oblike učenja i njihovo strukturiranje kroz ishode učenja.

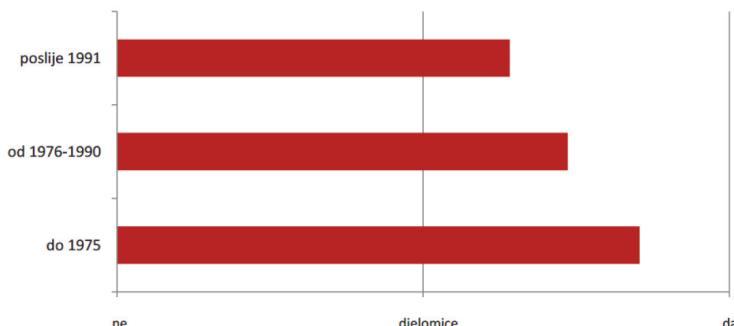
Ako ovo uspijemo postići kurikularnom reformom, onda smo napravili dobar korak u budućnost. U Hrvatskoj je pokrenuta ta reforma, onda malo zaustavljena, pa sad "hoće-neće". Ne želim ulaziti u razloge zašto, ali želim naglasiti da ono što ja vidim kao velik problem sustava obrazovanja, a koji se trebao ovom reformom ispraviti, jest nekomunikacija studenata i profesora. Studenti dolaze na fakultet nakon 12-godišnjeg drila u kojem vlada pravilo: "*učitelj priča-učenik sluša-učitelj provjerava-učenik odgovara*". Izreći svoje mišljenje je naprosto blasfemično, pa će studenti radije šutjeti nego "da im se slučajno dogodi" da kažu nešto pogrešno. U anglosaksonskom sustavu školovanja je upravo suprotno. Studenti komuniciraju, izlažu svoje misli i stavove (makar bili i pogrešni) na što ih nastavnici/profesori aktivno potiču.

Prema Hrvatskom kvalifikacijskom okviru (HKO), studenti završene sedme razine obrazovanja trebali bi imati: "Specijalizirane vještine rješavanja problema nužne za istraživanje i/ ili inovacije kako bi se stvorila nova znanja i procedure i integriralo znanje iz različitih područja". [20], a to, naravno, neće postići sustavom učenja zaostalim iz industrijske revolucije. Ne smijemo zaboraviti ni to da veliki dio građevinskih inženjera rješava uobičajene probleme struke koji se praktično nisu promjenili u zadnjih sto godina. Izračunavaju nosivost ab ili čeličnih greda, postavljaju trasu ceste ili željeznice, računaju potreban kapacitet vodospreme ili dimenzije cjevovoda... Istina. Ali ti inženjeri rade to na drugačiji način i drugačijim metodama. Metoda Crossa ili metoda Werner-Csonke zanimljive su povijesne metode za izračunavanje reznih sila na sustavima. Možda dobre iz pozicije razumijevanja konstrukcijskog rješavanja sistema, ali potpuno neprikladne za velike sisteme od nekoliko tisuća konstrukcijskih elemenata. Šestarski korak je još uvijek sinonim za razumijevanje trasiranja svih vrsta prometnica, ali nitko neće autocestu ići trasirati šestarskim korakom. Alati, tehnike i mogućnosti u graditeljstvu su se potpuno promjenili. Računalno... dobro, o računalu ću malo kasnije.

Filozofski je fakultet u Rijeci proveo istraživanje prije nekoliko godina (2012.) za potrebe Hrvatske komore inženjera građevinarstva (HKIG). Voditelji su bili izv.prof.dr.sc. Sanja Smojver-Ažić, izv.prof.dr.sc. Zoran Sušanj i Irena Miletić, struč. spec. inf. [18]. Istraživanje se odnosilo samo na članove Komore (dakle, odgovarali su na postavljena pitanja samo projektanti i nadzorni inženjeri) i na relativno mali uzorak, samo 12%. Međutim, i takvo istraživanje daje vrlo vrijedne informacije.

2.3 Pa, što kažu naši inženjeri?

Počet ću s komentarom praktički zadnjeg grafikona u istraživanju. Na pitanje: "Da li je studij općenito zadovoljio vaša očekivanja", vidljiv je pad zadovoljstva s obzirom na godinu upisa studija (slika 14.). Dakle, mlađe generacije su sve nezadovoljnije samim studijem. Autori istraživanja to u većoj mjeri pripisuju tzv. "optimizmu pamćenja" nego stvarnim razlikama u zadovoljstvu starijih i mlađih generacija. Međutim, ako promotrimo odgovore na pitanje: "Što predlažete kao mjere i metode unapređenja sistema obrazovanja inženjera kako bi on u većoj mjeri odgovorio na zahtjeve posla?", vidljivo je da većina odgovora vuče na povezivanje s praksom i više praktičnih znanja, o čemu je upravo bilo riječi i ranije. Mladi inženjeri očekuju da ih obrazuje netko tko je duboko u struci.

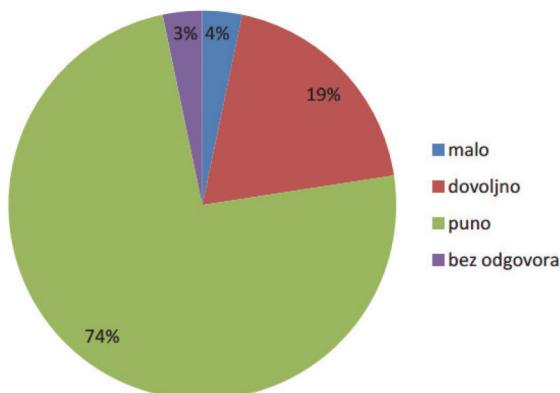


Slika 14. Odgovori na pitanje: "Da li je studij općenito zadovoljio vaša očekivanja", s obzirom na godinu upisa studija [18]

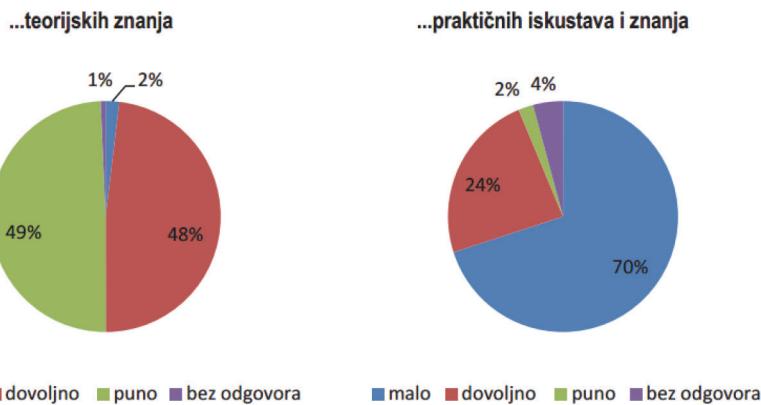
Dakle, da li je pad nezadovoljstva samo "sentimentalne prirode" ili stvarno postoji neu-skladenost plana i programa studija i stvarnih potreba društva? Fakulteti stalno usklađuju studijske programe, ali činjenica je da postoji nekoliko ključnih točaka koje ih u tome sputavaju. Jedna je subjektivne prirode, a to je slaganje plana i programa prema osobama (nastavnicima), a ne prema potrebama. Koliko mi god negirali ovu pojavu, ona postoji i vjerojatno je nikad nećemo potpuno iskorijeniti. Možda je i ne treba iskorijeniti, samo je držati pod kontrolom.

Druga je objektivne prirode, a uvjetovana je sadašnjim Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju (NN 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15). Mladi inženjer, bilo koje struke, koji će u budućnosti učiti druge mlađe inženjere nakon završenog studija, a recimo da je bio/bila odličan student/ica i sve završio/la u roku, dakle u trenutku diplomiranja ima 24 godine, dobiva još 6 godina za doktorat, pa još 4 godine za poslijedoktorska istraživanja do stupnja docenta, dakle ukupno još 10 godina. Ako ta osoba ne uloži još veliki dodatni napor da radi malo u struci tijekom rada na doktoratu, njegova/njena znanja ostaju potpuno teoretska i neadekvatna za izobrazbu budućih inženjera praktičara. "Što je vani drugačije?", pitat će netko. Drugačije je jedino što su fakulteti i privreda povezani, pa su i doktorati više usmjereni rješavanju praktičnih problema. I opet se vraćamo na povezivanje teorije i prakse.

Što o tome kaže istraživanje? Odgovori na pitanje "U kojoj mjeri obrazovanju inženjera mogu pridonijeti profesori koji imaju iskustva na poslovima projektiranja i nadzora?", prikazani su na slici 15. Vidljivo je da inženjeri vrlo cijene nastavnike s praktičnim znanjima i misle da bi toga trebalo biti još više nauštrb teoretskih znanja (slika 16.). Jedan od velikih problema koji se tu javlja je taj da je Hrvatska relativno malo tržište. Na malom tržištu bolje prolaze "multifunkcionalni" inženjeri nego specijalisti. Eksperimentiranje sa specifičnim usmjeranjima često uništi nekoliko generacija učenika/studenata, prije nego samo tržište prepozna bespredmetnost takvog usmjerjenja.

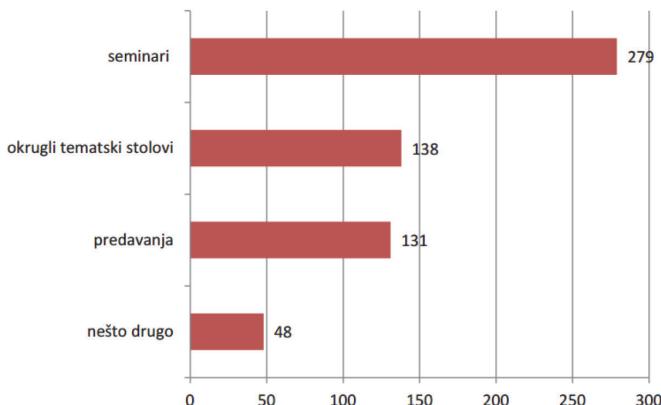


Slika 15. Odgovori na pitanje: "U kojoj mjeri obrazovanju inženjera mogu pridonijeti profesori koji imaju iskustva na poslovima projektiranja i nadzora" [18]



Slika 16. Odgovori na pitanje: "U okviru studija dobio sam..." [18]

Ali, u ovim istraživanjima postoji i jedan problem, a taj problem leži u načinu razmišljanja. Svi načini razmišljanja anketiranih u ovom istraživanju usmjereni su na "što sam dobio/la". Ako promotrite odgovore na pitanje "Koji oblik cjeloživotnog obrazovanja preferirate?" (slika 17.), većina inženjera se i dalje opredjeljuje na klasični način stjecanja znanja: seminari, predavanja, okrugli stolovi... Tek u rubrici "Nešto drugo" (tablica 2.), nailazimo na odgovore: radionice, samoobrazovanje, literatura. A nešto drugo je navelo tek 8% ispitanika.



Slika 17. Odgovori na pitanje: "Koji oblik cjeloživotnog obrazovanja preferirate?" [18]

Našim inženjerima su jednostavno strani načini učenja kroz neposredni rad, neposredno rješavanje problema. Ovome je kriv, dakako, sustav obrazovanja koji ih je kroz 17 godina vodio jednim te istim utabanim putem, bez zastranjivanja. Promijeniti to bit će vrlo, vrlo teško.

Tablica 2. Odgovori na pitanje: "Koji oblik cjeloživotnog obrazovanja preferirate?..." Nešto drugo [18]

Koji oblik cjeloživotnog obrazovanja preferirate? - "Nešto drugo."
Tematske radionice
Daljni studij
Doktorska teza
Individualni trud- samoobrazovanje
Izmjena iskustva kroz otvorenu komunikaciju
Izravno sudjelovanje u kreiranju i promjenama regulativa kojom se trebamo služiti
Kombinacija prethodno navedenog i da to bude s manjim cijenama kotizacijama jer kvaliteta stručnog obrazovanja nije sukladna skupim kotizacijama
Literatura

3 A sad malo o računalu

Ah da, računalo, vratimo se malo na računalo. To je možda jedna stvar, koja i nije neposredno vezana uz temu ovog rada, ali koja ima dubok utjecaj na cijeli naš odnos prema obrazovanju i struci i koja duboko mijenja odnos prema inženjerstvu.

Računala su našla svoje "mjesto pod suncem" ne samo u projektiranju, pri čemu su praktično nezamjenjiva, već i u izvedbi gdje je sve više građevinskih strojeva/procesa potpuno kompjutorizirano. Studenti inženjerskih struka nekad su na fakultete nosili rajšinu i rapidografe, danas vuku laptote. Međutim, svojevrsna općinjenost računalom i njegovom moći dovode kojiput do potpune dezintegracije inženjerske struke. Vratimo se na šestarski korak. Iako ga danas nijedan inženjer ne koristi u praktičnom projektiranju prometnica, šestarski korak nosi duboku logiku postavljanja najbolje trase od točke A do točke B. Modernim programima, kojima praktičko kliknemo u točku A, pa zatim u točku B, a računalo nas "provoza" novom cestom, može rukovati i čovjek (hajde, ipak recimo: inženjer), koji i ne zna što je šestarski korak. Da li je to dobro ili nije? Odgovor na ovo pitanje ostavit ću čitatelju.

Još jedan problem, na koji se žali puno kolega iz prakse, a koji je direktno vezan za računala, jest cijena usluga. Zašto kažem: "vezano za računala". Naime, cijena usluga bitno ovisi o količini (sat) rada koji je potrebno uložiti za neki posao, recimo konkretno isprojektirati cestu. Nekad vam je, onim famoznim šestarskim korakom trebalo vremena X. Danas, modernim tehnologijama to se vrijeme višestruko smanjilo. Može li se ta cijena rada isto naplatiti? Kad je bio monopol na tržištu, kad je samo nekoliko tvrtki/pojedinaca poznavalo rad na programu za projektiranje cesta, tada se moglo. Tada je to bio jako dobro plaćen posao. Danas je konkurenčija velika i nesmiljena. Cijena proizvoda se smanjuje. A iz toga zaključujemo da naplatiti možemo samo specifično znanje koje drugi nemaju.

S druge strane mi, kao čovječanstvo, uvijek težimo da netko drugi obavi poslove za nas. Nekad smo za to (a bome još i danas) koristili životinje, pa i druge ljude. Danas tu ulogu preuzimaju kompjuterizirani strojevi, a u budućnosti roboti. Ni građevinarstvo nije zaobiđeno. Mladi inženjeri su puno vičniji računalima od starijih inženjera, a kako računalo puno brže "misli" od nas, imam kojiput osjećaj da ga toliko glorificiramo da sve što računalo "napravi" jednostavno uzimamo zdravo za gotovo.

Pitanje je: "Vjerujemo li više računalima ili svojoj procjeni, tj. samima sebi" Naravno da to ovisi o čovjeku individualcu. Međutim, ne mogu se oteti dojmu da vrlo često računalima vjerujemo bezrezervno. No, treba imati na umu da je računala napravio čovjek i da, ma koliko ona brže računala od čovjeka, još uvijek imaju svoja ograničenja. Promotrimo npr. jedan jednostavan zadatak, tzv. Rumpov problem [22]. Pokušajte na svom kalkulatoru izračunati sljedeće izraze, za npr. $X = 77616$ i $Y = 25872$.

$$729 \cdot y^6 + x - x^2 \cdot (9 \cdot x^2 \cdot y^2) \quad (a)$$

$$729 \cdot y^6 - x^2 \cdot (9 \cdot x^2 \cdot y^2) + x \quad (b)$$

Već samim površnim pogledom na gornje izraze vidimo da je u izrazu (b) samo zamijenjen položaj člana x , te bi oba izraza trebala dati potpuno isto rješenje. Međutim, ako stvarno uvrstimo gornje vrijednosti u obični kalkulator, dobit ćemo za gornji izraz rješenje 0, a za donji 77616, tj. X . Netko može dati opravdanu primjedbu da su ovdje podešeni brojevi. Istina, ali svejedno oba izraza bi morala dati isti rezultat!? U čemu je caka?

Caka je u načinu "razmišljanja" stroja. Stroj rješava zadatke po redu. Također zanemaruje prevelike i premale brojeve koje ne može spremiti u zadani prostor. Tako npr. rješavajući prvi dio u gornjim jednadžbama ($729 \cdot y^6$) dolazi se do jako velikog broja: $2.18629 \cdot 10^{29}$. Kada se tom broju pokuša pribrojiti $X = 77616$, stroj shvaća da je X beznačajno mali u odnosu na postojeći rezultat, a usput ga nema ni gdje zapamtiti, pa rezultat ostaje nepromijenjen. Izračun trećeg dijela izraza ($-x^2 \cdot (9 \cdot x^2 \cdot y^2)$) daje ponovno isti broj kao i prvi dio, ali s negativnim predznakom ($-2.18629 \cdot 10^{29}$), pa je konačni rezultat 0. U slučaju da se rješava druga jednadžba, rezultat nakon rješavanja prvog i drugog izraza je 0, pa se tom rezultatu pribraja X , te je konačni rezultat: 77616. Isti rezultat dobit ćete na običnom kalkulatoru i u npr. Excelu, bez obzira na preciznost proračuna.

Ovaj jednostavan primjer upozorava na "nesavršenost" računalnih strojeva i potrebu za stalnom kontrolom rezultata proračuna. Inače, sličan problem je vrlo dobro poznat u numerici i javlja se kod numeričke simulacije inženjerskih problema, a naziva se "zaključavanje" (eng. "locking"). Više o ovom problemu može se naći npr. u [23].

Naravno, ova mala mozgovna gimnastika ne služi da bismo zaključili: "Fuj računala! Vratimo se na abakus." Računala su vrlo korisna pomagala. Kao i čekić, dok lupate po čavlu. Kad se lupite po prstu više nije tako koristan.

4 I gdje je to nestao inženjer...

Kao zaključak, ne bi se moglo reći da je negdje nestao. Inženjeri su još uvijek tu, ali im se priroda posla malo promijenila. Zahtjevi koji se danas postavljaju pred "mlade" inženjere svih struka su sve složeniji i složeniji. Od inženjera se danas traži da osim struke poznaje i čitav niz računalnih alata, a dakako i da svlada čitav niz osnovnih znanja. Neka nova znanja više se ne mogu saznati i učiti iz knjiga, već ih se mora pratiti kroz razne brošure, stručne časopise i s mrežnih stranica.

Od nekadašnjeg multifunkcionalnog inženjera-znanstvenika (sjetimo se npr. Boškovića i Leonarda Da Vinciјa), podijelili smo se prvo po strukama: građevinari, arhitekti, strojari,

električari... pa zatim i po podstrukama: građevinari-konstrukteri, građevinari-hidraši, jer je jednostavno nemoguće pratiti razvoj u svim područjima. Budućnost zasigurno vodi još većim podjelama.

Biti inženjer je sve teže i teže. Uskoro ćemo graditi i na drugim planetima i u svemiru. Astrofizika će biti obvezan predmet na svim građevinskim fakultetima. A ne zaboravite ono da u bocu od 1 litre uvijek stane samo 1 litra. Koje predmete ćemo onda izbaciti iz plana i programa?

Koji izazovi čekaju tada inženjere? Neki koje danas ne možemo ni zamisliti. Da ponovim prethodno citirane riječi: "*Obrazovni sustav 21. stoljeća treba pripremiti mlade ljudе za poslove koji još ne postoje, kako bi se koristili tehnologijama koje još nismo ni otkrili, a za konkurentnost koja će biti globalna. Obrazovanje je to koje mora školovati mlade ljudе da se nose s tim globalnim neizvjesnostima budućnosti.*" [19]

S druge strane, i u budućnosti, bar onoj bližoj će se graditi obiteljske kuće, postavljati gips-kartonske pregrade, montirati vodovodne i kanalizacijske cijevi... Da li treba mijenjati sustav studija i studiranja. Općenito: da. Međutim uvijek moramo biti oprezni da ne uništimo ono što je dobro, a ostavimo ono što ne valja.

Literatura

- [1] <https://hr.wikipedia.org/wiki/In%C5%BEenjer>
- [2] <http://mrav.ffzg.hr/zanimanja/book/part2/node0305.htm>
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Military_engineering
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Civil_engineering
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Egyptian_pyramids
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Pyramid_of_Djoser
- [7] <https://www.ask-aladdin.com/Pyramids-of-Egypt/>
- [8] http://www.oocities.org/unforbidden_geology/ancient_egyptian_copper_coring_drills.html
- [9] <https://www.cheops-pyramide.ch/khufu-pyramid/pyramid-alignment.html>
- [10] <https://www.quora.com/Why-did-ancient-builders-so-often-incorporate-supermassive-masonry-when-building-with-ordinary-sized-stone-blocks-would-have-been-so-much-easier-and-faster>
- [11] <http://www.svjetskiputnik.hr/Putovanja/Clanak/zemlja/64-Peru/naslov/71-piste-za-izvanzemaljce-u-peruu>
- [12] <http://travel-tips.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/holidays-Avignon-France-Eurostar-TGV-Train-Tourist-guide-travel-tips-guide.htm>
- [13] https://hr.wikipedia.org/wiki/Stari_most
- [14] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chorraum_Altar_St_Peter_Rom.jpg
- [15] <https://www.thoughtco.com/the-empire-state-building-1779281>
- [16] Harapin, A.: Obrazovanje jučer, danas, sutra... s posebnim osvrtom na graditeljstvo, Izazovi u graditeljstvu 2, zbornik radova s skupa HGF 2014, ur. Stjepan Lakušić, Zagreb, 2014. str. 221-243

- [17] <http://mala-vila.org/skola.html>
- [18] Smojer-Ažić, S., Sušanj, Z., Milić, I.: Odnos obrazovanja i prakse ovlaštenih inženjera građevinarstva - Anketa HKIG 2012., Filozofski fakultet u Rijeci, Rijeka 2012.
- [19] Krajcar, S.: Budućnost obrazovanja, Društvene vijesti, Kem. Ind. 65 (1-2) 2016., str. 91-92, <http://silver-stripe.fkit.hr/kui/assets/Uploads/Drustvene-Buducnost-obrazovanja-91-92.pdf>
- [20] Dubrović, T.: Što treba znati o ishodima učenja?, Prezentacija
- [21] Dolaček-Alduk, Z., Stober, D.: Obrazovanje u sektoru građevinarstva – ishodi učenja i očekivanje poslodavaca, Izazovi u graditeljstvu 2, zbornik radova s skupa HGF 2014, ur. Stjepan Lakušić, Zagreb, 2014. str. 245-265
- [22] Rump, S.M.: Algorithms for verified Inclusions: Theory and practise, IBM Germany, 1988
- [23] Huang, H.C.: Static and Dynamic Analyses of Plates and Shells, Springer-Verlag, Heilderberg, 1989.



Problematika zapošljavanja mladih nakon završetka diplomskih studija na građevinskim fakultetima u Hrvatskoj

Autori:

Dr. sc. Mislav Stepinac
Doc. dr. sc. Saša Ahac

Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Kačićeva 26, Zagreb

Problematika zapošljavanja mladih nakon završetka diplomskih studija na građevinskim fakultetima u Hrvatskoj

Mislav Stepinac, Saša Ahac

Sažetak

U posljednjih nekoliko godina svjedoci smo izrazito negativnih trendova vezanih uz zapošljavanje mladih i s time povezanim nemogućnostima njihovog usavršavanja i daljnog obrazovanja te sve većom usmjerenošću za pronalaskom posla u inozemstvu. Cilj istraživanja prikazanog u ovome radu jest dobivanje uvida u položaj mladih magistara inženjera građevinarstva na tržištu rada. Prikazani podaci odnose se na mlade magistre inženjere građevinarstva koji su diplomirali nakon 2009. na jednome od građevinskih fakulteta u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: građevinarstvo, zapošljavanje, stručno osposobljavanje, emigracija, visokoobrazovani mladi

Issues concerning job opportunities for the young Masters of Civil Engineering in Croatia

Abstract

We have witnessed extremely negative trends concerning youth employment in Croatia in the last years, and all the negative consequences that followed, from the unavailability of specialisation and further education to emigration. The goal of the research presented in this paper is to obtain an insight to circumstances of young civil engineers in Croatian labour market. Data presented refers to the Masters of Civil Engineering that graduated from one of the Croatian Civil Engineering Faculty after 2009.

Key words: civil engineering, employment, professional training, emigration, highly educated youth

1 Uvod

Nezaposlenost mladih je problem svjetskih razmjera, koji je svoju ekspanziju doživio nakon svjetske ekonomске krize 2008. godine. Posljedica krize bilo je i snažno sažimanje građevinske aktivnosti, osobito u 2009. godini. U većini zemalja članica Europske unije dno recesije dosegnuto je 2013. godine, nakon čega se na razini prosjeka EU28 javljaju znaci postupnog oporavka [1].

Porast nezaposlenosti mladih u svijetu u posljedne tri godine pokazuje da je na tržištu rada globalna kriza najjače pogodila upravo tu dobnu skupinu, bez obzira je li riječ o više ili manje fleksibilnom tržištu rada. Povećanje ukupnog broja registriranih nezaposlenih visokoobrazovanih mladih u Hrvatskoj (s 3500 u 2008. do 7499 u 2016. godini [2]), a potom i neušklađenost obrazovnog sustava s tržištem rada, kontinuirana rezanja radničkih prava, sve učestalije sklapanje kratkotrajnih ugovora na određeno i rast troškova života gorući su društveni problemi koji život mladih nakon izlaska iz sustava visokog obrazovanja čine izrazito izazovnim [3]. Među nezaposlenim osobama u Republici Hrvatskoj oko 70 tisuća je mlađih od 29 godina, što čini oko 31 % u ukupnom broju nezaposlenih (podaci Hrvatskog zavoda za zapošljavanje).

Cilj je istraživanja prikazanog u ovom radu dobiti uvid u položaj mlađih magistara inženjera građevinarstva na tržištu rada u Hrvatskoj, ali i inozemstvu. Na takvo istraživanje bili smo potaknuti radom s mlađim ljudima na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanje je provedeno putem online ankete izrađene pomoću "Google-ovog" alata za izradu online upitnika. U radu su prikazani stavovi mlađih magistara inženjera građevinarstva koji su diplomirali nakon 2009. godine na jednom od građevinskih fakulteta u Republici Hrvatskoj. Uz informacije o tome jesu li se i kada zaposlili, na kakve poslove i oblike rada, prikazana su i njihova razmišljanja o mogućnostima napredovanja, radnim uvjetima i radnoj okolini u građevinskom sektoru u Hrvatskoj te o mjeri "Stručno osposobljavanje za rad bez zasnivanja radnog odnosa" (SOR). Smatramo da su te informacije ključne za prepoznavanje izazova s kojima se susreću pri zapošljavanju te kreiranje adekvatnih mjera usmjerenih prema nadilaženju problema nezaposlenosti visokoobrazovanih mladih u građevinskom sektoru Hrvatske.

2 Visokoobrazovani mlađi u građevinskom sektoru u Hrvatskoj

Desetljećima je studij građevinarstva bio privlačan mlađim ljudima upravo zbog dobrog statusa struke u društvu povezanog sa zadovoljavajuće visokim primanjima. Iako je Hrvatska po brojnim ekonomskim pokazateljima na začelju Europe, postiže izvrsne rezultate kad je u pitanju ostanak u akademskim klupama: sa samo 2,8 % onih koji napuštaju formalno školovanje i usavršavanje, Hrvatska je vodeća u Europi. Nažalost, obrazovanje u Hrvatskoj, posebno visoko, postalo je svojevrsna socijalna kategorija koja prividno smanjuje broj nezaposlenih. Besplatno školovanje te izostanak motivacije za brzi izlazak na tržište rada samo su neki od razloga koji prividno uljepšavaju obrazovnu stvarnost.

Od početka krize u građevinskom sektoru u 2009. godini do danas je izgubljeno oko trećine svih radnih mjesta, a prepolovljeni su obujam građevinskih radova, vrijednost izvršenih ra-

dova te broj izdanih građevinskih dozvola [1]. Većina europskih zemalja specifičnim mjerama je ublažavala dubinu krize u građevinskom sektoru, što je u Hrvatskoj izostalo.

Navedene činjenice jedan su od primarnih razloga nezaposlenosti i s time povezanog nedovoljstva mladih magistara inženjera građevinarstva. Uz dugotrajnu krizu građevinskog sektora, dodatni problemi mladih u građevinskom sektoru u Republici Hrvatskoj odnose se na nedostatke takozvanog bolonjskog procesa, ali i načine provođenja vrlo popularnih mjeđa zapošljavanja mladih te trend rasta broja sklopljenih ugovora na određeno [4, 5].

Unatoč činjenici da je od uvođenja bolonjskog procesa prošlo već cijelo desetljeće ne % je egzaktni podaci o kvaliteti njegove dosadašnje primjene i učinka na cjeloživotno obrazovanje i tržište rada [6]. Dodatna otežavajuća okolnost za prve hrvatske generacije takozvanih sveučilišnih prvostupnika i prvostupnica jest da su dospjeli na tržište rada točno na početak gospodarske krize. Ta činjenica, uz nedostatak radnog iskustva i diplomu koju tržište nije prepoznalo, navela ih je da nastave studirati na diplomskom studiju. Danas je broj magistra inženjera građevinarstva udvostručen na godišnjoj razini u odnosu na broj diplomiranih inženjera prije uvođenja bolonjskog procesa [7].

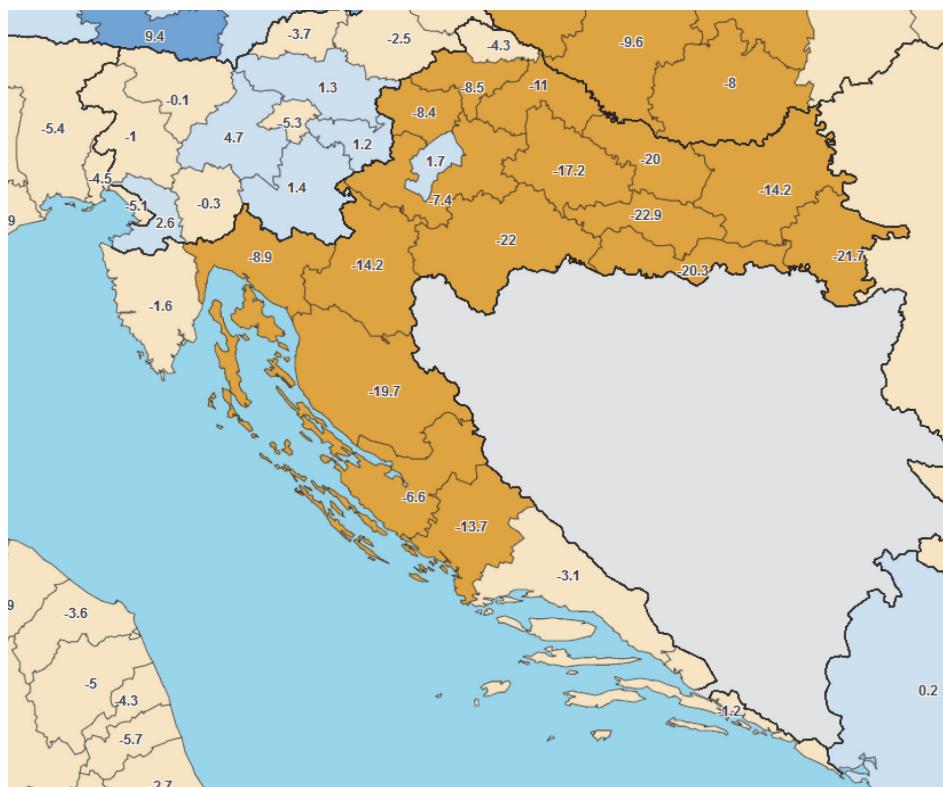
Od niza mjera Hrvatskog zavoda za zapošljavanje usmjerenih prema smanjenju nezaposlenosti mladih, u građevinskom sektoru se prilikom zapošljavanja mladih magistara inženjera građevinarstva najčešće primjenjivala mjera stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa. U početku je mjera bila namijenjena mladima koji su bili obvezni položiti stručni, majstorski ili državni ispit kako bi mogli samostalno raditi u svojoj struci ili na svojem radnom mjestu, no 2012. doživjava prenamjenu. Ciljana skupina proširena je na sve osobe s manje od godinu dana radnog iskustva u zvanju za koje su se obrazovale te je ukinuta dobna granica za ulazak u mjeru [8]. To je dovelo do njezine izrazite ekspanzije: samo u 2016. godini tom je mjerom bilo obuhvaćeno ukupno 26.890 osoba, među kojima je 7238 visokoobrazovanih [9].

Najveća zamjerkra provedbi mjere zapošljavanja mladih jest ta što je postala "privremenom opcijom za visokoobrazovane mlade koji se ne uspijevaju zaposliti uslijed ekonomске krize, a ne nedostatka znanja ili vještina" [8]. U trenutku pisanja ovog članka mjera stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa je ukinuta za građevinski sektor jer je građevinarstvo proglašeno deficitarnim zanimanjem. Na sreću mnogih korisnika mjeru, a na žalost mnogih poslodavaca, mjeru je (iz potpuno krivih razloga) ukinuta te će se posljedice na tržištu rada moći vidjeti tek kroz koju godinu. Nije na odmet spomenuti da %jeći korisnici mjeru nastavljaju raditi preko %jećih ugovora, dok se novi magistri inženjeri građevinarstva zapošljavaju preko "normalnih" ugovora. Spomenuto vodi do svojevrsnog apsurga: određeni broj inženjera s godinom dana iskustva imat će značajno manja primanja od novozaposlenih kolega.

Ugovor o radu na određeno vrijeme, kao fleksibilniji oblik ugovora od ugovora o radu na neodređeno vrijeme, najčešće pogađa mlade osobe [10]. Mladim osobama kojima je tijekom 2011. godine istekao ugovor na određeno vrijeme u najvećem broju slučajeva (35 %) ponuđen je ugovor o radu na neodređeno vrijeme, 29 % tvrtki nakon ugovora na određeno vrijeme mladima je ponudila drugi ugovor također na određeno vrijeme [10]. Velik broj mladih koji su na tržište rada izišli od početka krize 2008. još uvjek nije dočekao svoj prvi ugovor o radu na neodređeno vrijeme. Do 2015. udio ugovora o radu na određeno povećan je na čak 47 %, dok je prosjek u EU-28 u istoj godini iznosio oko 32 % [11]. Dodatno je prisutna i

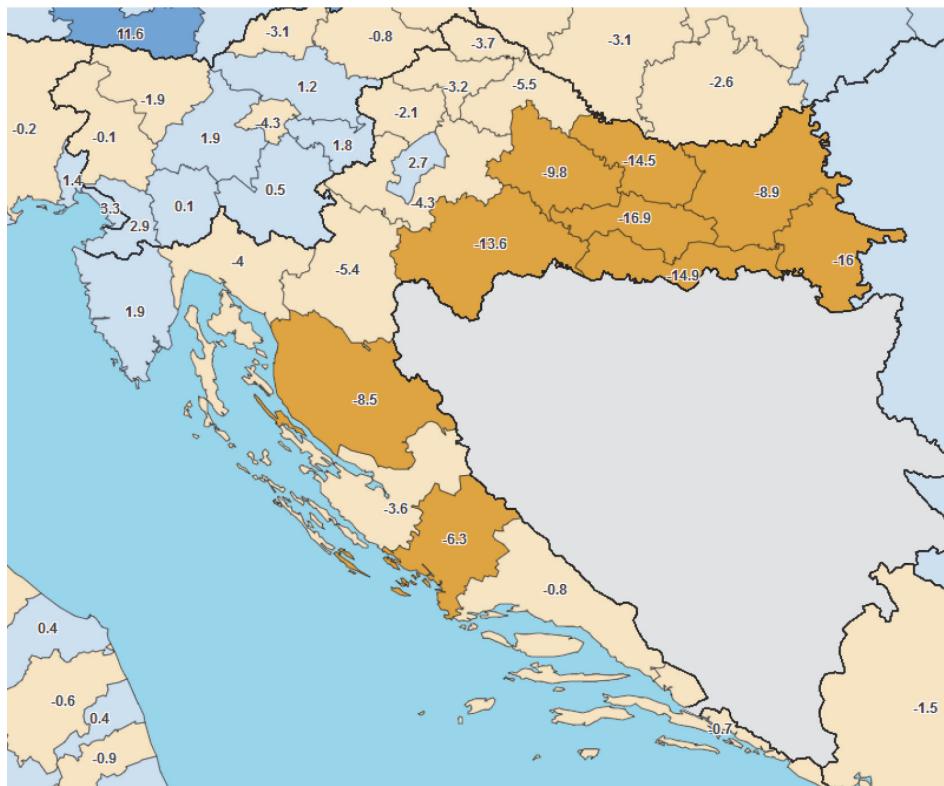
zloupotreba ugovora na određeno vrijeme, posebno putem sklapanja velikog broja uzastopnih kratkotrajnih ugovora. Nesigurna primanja i neizvjesnost budućeg zaposlenja najveća su prepreka osamostaljenju mladih u Hrvatskoj. Prema podacima Eurostat-a, prosječna dob osamostaljivanja mladih ljudi u Republici Hrvatskoj viša je od 30 godina, neovisno o spolu, što nas stavlja na samo začelje država članica EU-28 [12].

Prema podacima Eurostat-a o stopi ukupne godišnje promjene u populaciji za 2016. godinu, uočava se trend gubljenja stanovništva u slabije razvijenim zemljama Europske unije, dok se povećanje uočava u svim gospodarsko razvijenijim područjima. Ako se izuzme prirodna promjena u broju stanovnika (broj umrlih naspram broja rođenih) moguće je dobiti podatak o migracijama stanovništva. Na slici 1. prikazana je ukupna godišnja promjena u broju stanovnika za 2016. godinu u promilima za Republiku Hrvatsku iz koje je vidljiv trend značajnog smanjenja broja stanovnika na velikom dijelu hrvatskog teritorija (izuzevši Grad Zagreb): u 2016. godini je taj pad u pojedinim županijama iznosio i preko 20 promila. Istovremeno je vidljiv i porast broja stanovnika u neposrednom, razvijenijem, susjedstvu.



Slika 1. Ukupna godišnja promjena u broju stanovnika za 2016. godinu u promilima (izvor: Eurostat)

Na slici 2. prikazana je godišnja migracija stanovništva po županijama u %cima za 2016. godinu. I u ovom slučaju pozitivan trend je zabilježen je prvenstveno u Gradu Zagrebu, kojeg slijedi Istarska županija. Preostale županije zabilježile su negativne migracije: od -0,7 % u Dubrovačkoj županiji do -16,9 % u Požeško-slavonskoj.



Slika 2. Podaci o migraciji stanovništva po županijama u %cima za 2016. godinu (izvor: Eurostat)

Trend iseljavanja nije zaobišao ni mlade inženjere. Zbog nezavidnog položaja u kojem su se našli na samom ulasku u tržište rada, oni se sve lakše odlučuju na traženje posla u inozemstvu. Procjena stope iseljavanja obrazovanog stanovništva iz Hrvatske iznosi visokih 29,4 % [13], a sve zamjetniji trend odlaska upravo visokoobrazovanih mlađih inženjera građevinarstva nisu usporile ni do sada poduzete "vatrogasne" mjere zapošljavanja.

3 Metodologija istraživanja

Istraživanje prikazano u ovom radu provedeno je putem online ankete izrađene pomoću "Google-ovog" alata za izradu online upitnika. Izrada online upitnika vrlo je česta i besplatna metoda prikupljanja informacija. Istraživanja su pokazala da ne je značajne razlike između tradicionalnih papirnatih anketa i online upitnika u pogledu broja i kvaliteti odgovora. Kako

su ciljana skupina bili mladi, online anketa je najjednostavniji način prikupljanja podataka. Podaci su prikupljeni tijekom 20 dana u listopadu 2016. godine. Osnovni cilj ankete bio je prikupiti podatke o trenutačnom zaposlenju, mogućnostima napredovanja, radnim uvjetima i radnoj okolini u građevinskom sektoru u Hrvatskoj, ali i doznati njihova razmišljanja o sve popularnijoj mjeri kod poslodavaca, tzv. mjeri "Stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa" onih inženjera koji su bili uključeni ili su još uvijek uključeni u navedenu mjeru.

Online upitnik je bio podijeljen u četiri cjeline koje obuhvaćaju: opće podatke o ispitaniku, podatke o uspješnosti i stečenim znanjima na fakultetu ispitanika, trenutačnom radnom mjestu (prednosti, nedostaci, uvjeti, plaća) te osobni dojam o mjerama zapošljavanja i stavu o radu u struci. S obzirom na aktualnost pitanja iseljavanja mladih, upitnik je sadržavao i pitanja o planovima za preseljenje u inozemstvo te razlozima odlaska. Na kraju, ostavljen je prostor za komentiranje i dijeljenje iskustva vezano uz tržište rada. Ukupno su pripremljena 42 pitanja. Izrađen je i prilagođeni Upitnik za mlade inženjere građevinarstva koji su nakon diplome preselili i rade u inozemstvu.

Pozivi na uključivanje u istraživanje slani su putem e-maila bivšim studentima Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te putem Facebook stranica vezanima uz građevinsku struku. Iako broj ispitanika predstavlja mali udio u istraživane populacije, 274 odgovora predstavlja relevantan broj za kvalitetnu analizu. Kratak pregled osnovnih tema, tipova odgovora i pri-padni broj pitanja provedene ankete prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Pitanja i podpitanja u online upitniku

Tema	Tip odgovora	Broj pitanja
Osnovni podaci o ispitaniku	Dihotomska skala Višestruki izbor Otvoreni odgovor	5 6 2
Mišljenja o mjeri stručnog osposobljavanja bez zasnivanja radnog odnosa	Dihotomska skala Otvoreni odgovor Likertova skala s pet stupnjeva	1 2 1
Zadovoljstvo poslom i radni uvjeti	Dihotomska skala Otvoreni odgovor Višestruki izbor Skala s deset stupnjeva Likertova skala s pet stupnjeva	3 2 2 3 15

4 Rezultati istraživanja

U istraživanju su sudjelovale ukupno 274 osobe, 224 osobe koje su ispunile anketni Upitnik za rad u Hrvatskoj i 50 osoba koje su ispunile Upitnik za inozemstvo. U nastavku su dani rezultati tih anketa te je prikazana usporedba stavova mladih zaposlenih u Hrvatskoj i inozemstvu, kao i njihovog zadovoljstva novčanom naknadom za rad, odnosom prepostavljenih prema zaposleniku, mogućnostima usavršavanja te općenitim uvjetima rada.

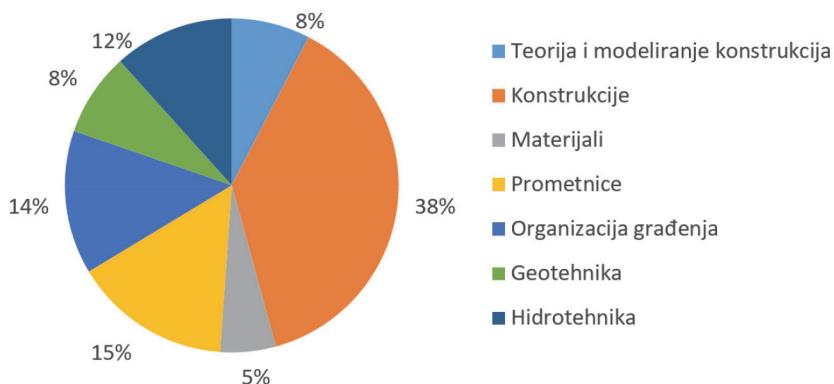
4.1 Profil ispitanika

Populaciju koja je obuhvaćena istraživanjem čine mladi magistri i magistre inženjeri i inženjerke građevinarstva koji su izašli iz sustava visokog obrazovanja nakon 2009. godine, a studirali su na jednom od građevinskih fakulteta u Republici Hrvatskoj. Uključeni su ispitanici i ispitanice porijeklom iz svih županija, pri čemu je najviše anketiranih iz grada Zagreba, a slijede Splitsko-dalmatinska i Osječko-baranjska, Zadarska i Primorsko-goranska županija, kako je prikazano u tablici 2.

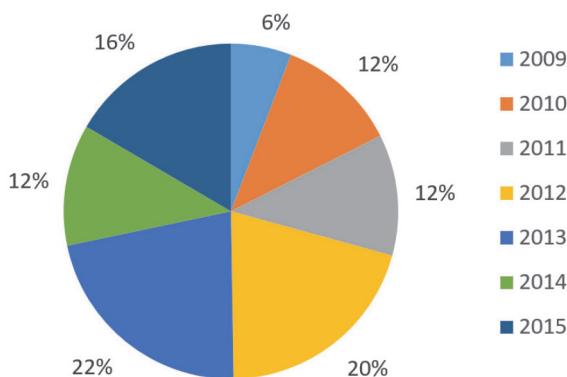
Tablica 2. Broj anketiranih prema županiji porijekla

Županija	Broj anketiranih	Udio anketiranih [%]
I ZAGREBAČKA	5	2,23
II KRAPINSKO-ZAGORSKA	1	0,45
III SISAČKO-MOSLAVAČKA	1	0,45
IV KARLOVAČKA	3	1,34
V VARAŽDINSKA	5	2,23
VI KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA	2	0,89
VII BJELOVARSKO-BILOGORSKA	4	1,79
VIII PRIMORSKO-GORANSKA	10	4,46
IX LIČKO-SENJSKA	0	0
X VIROVITIČKO-PODRAVSKA	1	0,45
XI POŽEŠKO-SLAVONSKA	0	0
XII BRODSKO-POSAVSKA	5	2,23
XIII ZADARSKA	10	4,46
XIV OSJEČKO-BARANJSKA	11	4,91
XV ŠIBENSKO-KNINSKA	3	1,34
XVI VUKOVARSKO-SRIJEMSKA	0	0
XVII SPLITSKO-DALMATINSKA	15	6,70
XVIII ISTARSKA	6	2,68
XIX DUBROVAČKO-NERETVANSKA	6	2,68
XX MEĐIMURSKA	7	3,13
XXI GRAD ZAGREB	125	51,23
Nije se izjasnilo	4	1,79
Ukupno	224	100

Budući da je upitnik poslan većinom bivšim studentima Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, najveći broj anketiranih bio je upravo s tog fakulteta (85 %), dok su ostali ispitanici završili diplomski studij građevinarstva na građevinskim fakultetima u Rijeci, Osijeku ili Splitu. Ispitanici su završili diplomski studij građevinarstva različitim usmjerenjem u razdoblju od 2009. do 2015. (slika 3.). Iako četiri javna građevinska fakulteta u Republici Hrvatskoj imaju međusobno različita usmjerenja, u nastavku rada rezultati istraživanja prikazani su kroz sedam usmjerenja zastupljenih na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu: Konstrukcije (K), Geotehnika (G), Hidrotehnika (H), Organizacija građenja (OG), Materijali (M), Teorija i modeliranje konstrukcija (TMK) te Prometnice (P). Prema podacima prikazanim na slici 3., vidljivo je i to da je najveći dio ispitanika diplomirao na usmjerenu Konstrukcije (38 %), tradicionalno najmnogoljudnjem usmjerenu na građevinskim fakultetima u Republici Hrvatskoj. Najveći dio anketiranih (71 %) završio je studij u posljednjih pet godina (slika 4.).

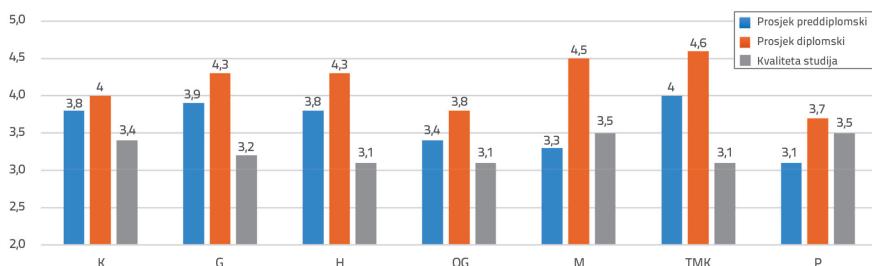


Slika 3. Raspodjela anketiranih prema usmjerenu



Slika 4. Raspodjela anketiranih prema godini završetka studija

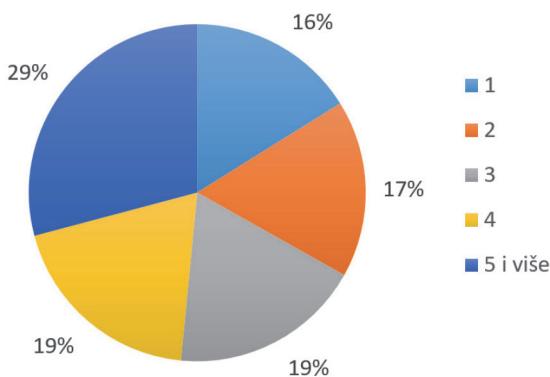
U prvome dijelu ankete ispitanici i ispitanice pozvani su da navedu prosjek ocjena koji su ostvarili na diplomskome studiju te da kvalitetu završenog studija u pogledu pripremljenosti za rad ocijene ocjenom od 1 do 5. Prema podacima prikazanima na slici 5., vidljivo je to da se prosjek ocjena anketiranih na diplomskome studiju prosječno povećao za pola boda (s 3,4 na 3,9) u odnosu na prosjek ocjena na preddiplomskome studiju. Istodobno je kvalitetu studija u smislu pripremljenosti za rad u struci većina anketiranih ocijenila ocjenom dobar (prosječna ocjena iznosila je 3,1).



Slika 5. Prosjek ocjena na preddiplomskome i diplomskome studiju te procjena kvalitete završenog studija

4.2 Zaposlenje u Hrvatskoj

Od ukupnog broja anketiranih koji su ostali živjeti na području Republike Hrvatske trenutačno je zaposleno njih 220 (98 %), nezaposleno četvero (2 %), a njih 146 (65 %) radilo je ili još uvijek radi u sklopu programa stručnog ospozobljavanja. Više od polovice zaposlenih ispitanika (54 %) radi u projektnim uredima, na gradilištu je 20 %, u državnoj ili gradskoj upravi 10 %, u znanstveno-obrazovnim institucijama 7 %, dok ih devet % nije usko povezano sa strukom ili ne radi u struci. Anketirani s najvišim prosjecima većinom zaposleni u znanstveno-obrazovnim institucijama i projektnim uredima, a oni s najnižim prosjecima u ministarstvima, upravnim institucijama i gradskim uredima.

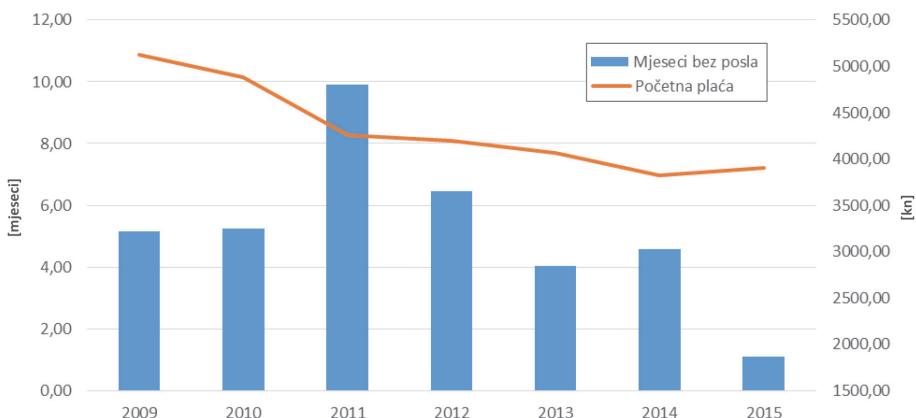


Slika 6. Udio anketiranih prema godinama radnog iskustva u struci

Kako je prikazano na slici 6., najveći broj ispitanika radi u struci dulje od jedne godine (84 %), a trećina ima pet ili više godina radnog iskustva u struci. Udio članova Hrvatske komore građevinskih inženjera u ukupnome broju anketiranih iznosi 30 %.

Ispitanici su prvi posao u prosjeku tražili pet mjeseci, pri čemu je generacija koja je diplomirala 2011. prvi posao u struci u prosjeku tražila čak 10 mjeseci (slika 7). Iz podataka prikazanih na slici 7. vidljivo je i smanjenje prosječne duljine traženja posla od 2012. do 2015. sa 6,5 na 1,1 mjeseci. Uz mali broj anketiranih koji su diplomirali 2015. to skraćenje najviše se može povezati s prenamjenom opisane mjere stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa. Naime, od 2012. u toj mjeri mogu sudjelovati sve osobe s manje od godinu dana radnog iskustva u zvanju za koje su se obrazovale te je ukinuta dobna granica za ulazak u mjeru.

Dodatno je s početkom 2015. povećana i mjesecna naknada s 1.600,00 na 2.400,00 kn, što je tu mjeru učinilo dostupnjom i mladima koji si prije nisu mogli priuštiti sudjelovanje u njoj. Prema podacima prikupljenim u anketi, prosječna početnička plaća ispitanika iznosila je 4.220,00 kuna neto. Pritom su prilikom određivanja tog iznosa isključene naknade zaposlenih preko mjere stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa. Posebno je zanimljiv i jasno vidljiv trend smanjenja početničke plaće, pri čemu je od početka krize u građevinskom sektoru zabilježen ukupni pad od 25 %, odnosno sa 5.128,00 kuna neto 2009. na 3.827,00 kuna neto 2014. godine. Ta plaća bila je i 31 % manja od prosječne plaće u Hrvatskoj u 2014. godini (5.533,00 kn, [15]).

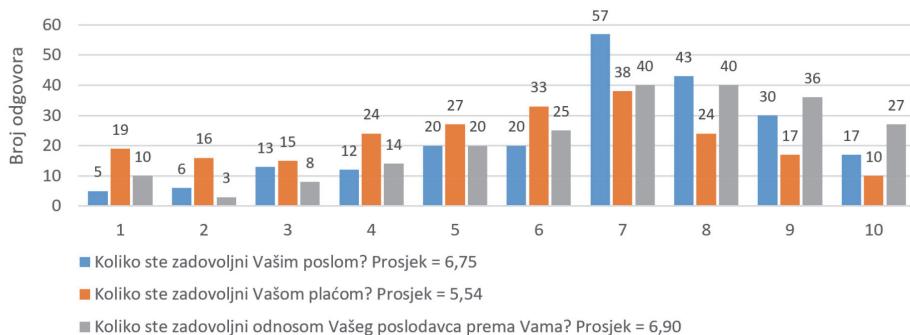


Slika 7. Mjeseci provedeni u aktivnom traženju prvog zaposlenja i prosječna početnička plaća

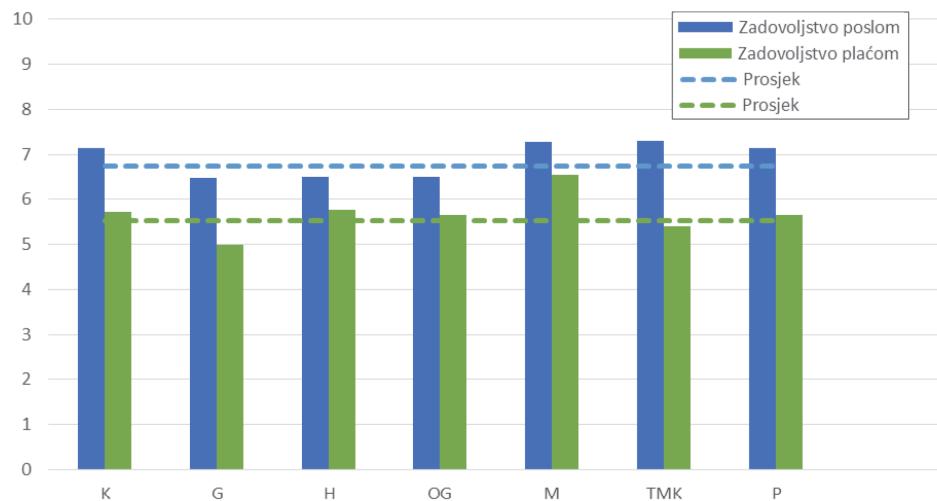
Ispitanici su ocjenjivali i svoje zadovoljstvo poslom, plaćama te odnosom poslodavca prema zaposleniku (na skali od 1 – "uopće nisam zadovoljan" do 10 – "izrazito sam zadovoljan"), što je prikazano na dijagramima na slikama 8., 9. i 10.

Na slici 8. prikazan je broj pojedinih ocjena neovisno o mjestu zaposlenja i tipu ugovora ispitanika. Prema prikupljenim odgovorima, u prosjeku je najviše ocijenjeno zadovoljstvo plaćom (5,5 od 10 bodova), zatim zadovoljstvo poslom (6,8 od 10 bodova), a ispitanici su pro-

sjećno najzadovoljniji odnosom poslodavca prema zaposleniku (6,9 od 10 bodova). Pritom se ocjena zadovoljstva plaćom ispitanika zaposlenih u Zagrebu i izvan Zagreba ne razlikuje znatno, iako su razlike u (početničkoj) plaći prosječno 500,00 kn. Istodobno je zadovoljstvo poslom ispitanika koji rade izvan grada Zagreba manje. Na slici 9. prikazane su zabilježene razlike u zadovoljstvu poslom i plaćom prema završenim usmjerjenjima na građevinskim fakultetima.



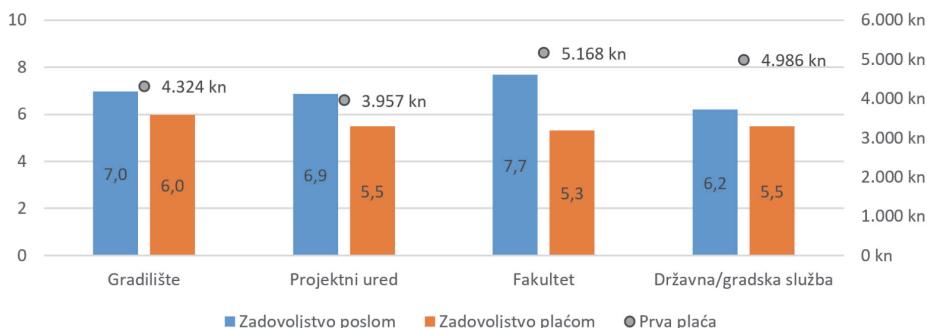
Slika 8. Zadovoljstvo poslom, plaćom i odnosom poslodavca prema zaposleniku



Slika 9. Ocjena zadovoljstva poslom i plaćom prema završenom usmjerenu

Kao što je vidljivo iz dijagrama na slici 10., najveća odstupanja u ocjeni zadovoljstva poslom i zadovoljstva plaćom zabilježena su kod anketiranih zaposlenika fakulteta (2,4 boda). U toj su skupini zabilježeni i najveće prosječna početnička plaća, najveće zadovoljstvo poslom (7,7 od 10 bodova) te najmanje zadovoljstvo početničkom plaćom (5,3 od 10 bodova). Taj nerazmjer u subjektivnoj procjeni (zadovoljstvo poslom) i realnim pokazateljima (visina

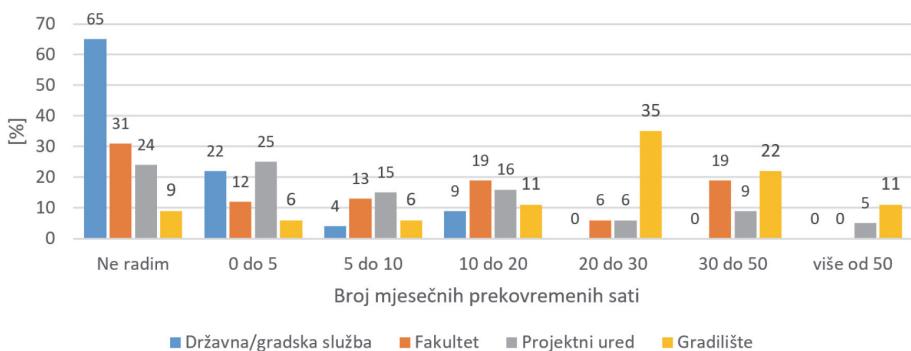
plaće) može se objasniti ponajprije neispunjениm očekivanjima ispitanika od zaposlenja i radnih uvjeta. Prema istome dijagramu, najmanja razlika u zadovoljstvu poslom i plaćom zabilježena je među zaposlenicima u državnim i gradskim službama (0,7 boda), no u toj skupini anketiranih zabilježeno je i najmanje zadovoljstvo poslom (6,2 od 10 bodova).



Slika 10. Ocjena zadovoljstva poslom i plaćom prema mjestu zaposlenja te prosječna početnička plaća

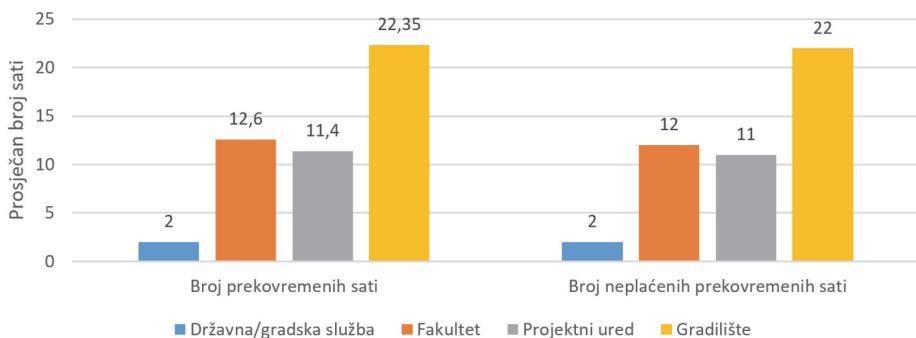
S obzirom na broj radnih sati, ukupno 68 % osoba uključenih u istraživanje izjavilo je da radi prekovremeno barem nekoliko sati u tjednu, a njih 45 % prekovremeno radi više dana tjedno. Od ukupnog broja osoba koje rade prekovremeno, čak 64 % tvrdi da im prekovremeni sati nisu adekvatno plaćeni. Činjenice da čak 30 % ispitanika odradi minimalno 20 sati neplaćenih prekovremenih sati mjesечно ne ide u prilog poslodavcima.

Prema rezultatima ankete prikazanim na slici 11., najviše prekovremenih sati odradi se na gradilištu, a najmanje u državnim i gradskim službama. Što se tiče broja prekovremenih sati zaposlenih u projektnim uredima i znanstveno-obrazovnim institucijama, rezultati ankete pokazali su to da je raspodjela prekovremenih sati takva da velik broj ispitanika ili ne radi prekovremeno ili pak odradi vrlo velik broj prekovremenih sati.



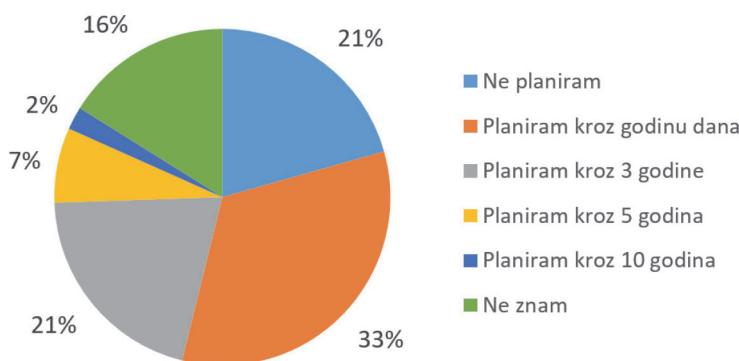
Slika 11. Broj mjesecnih prekovremenih sati

Zanimljivi podaci o broju prekovremenih i broju neplaćenih prekovremenih sati mogu se iščitati s dijagrama prikazanog na slici 12. Na dijagramu je prikazan prosječan broj mjesecnih prekovremenih sati po mjestu zaposlenja te je jasno vidljivo to da je prosječan broj odrđenih prekovremenih sati gotovo istovjetan prosječnom broju neplaćenih prekovremenih sati.



Slika 12. Broj odrđenih mjesecnih prekovremenih sati i broj mjesecnih neplaćenih prekovremenih sati

U konačnici na pitanje razmišljaju li o promjeni trenutačnog posla samo 21 % ispitanih osoba odgovorilo je da ne planira mijenjati mjesto zaposlenja, 16 % da ne zna hoće li ostati na trenutačnome mjestu zaposlenja, a čak 54 % da planira promijeniti mjesto rada u sljedeće tri godine (slika 13.).



Slika 13. Odgovori na anketno pitanje "Planirate li promjeniti posao?"

4.3 Rad preko mjere stručnog osposobljavanja bez zasnivanja radnog odnosa

Budući da je više od polovice ispitanika obuhvaćenim istraživanjem bilo zaposleno ili je još uvijek zaposleno preko mjere stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa, u ovome dijelu rada prikazat će se njihova zapažanja o prednostima i nedostacima te mjere i njezine provedbe. Još jednom valja spomenuti da je u trenutku pisanja ovog članka mjera stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa ukinuta za građevinski sektor, ali još uvijek velik broj mladih nastavlja raditi preko spomenute mjere do isteka njihovih ugovora.

Iz rezultata ankete vidljivo je to da velik dio ispitanika nije zadovoljan ni konceptom ni provedbom mjere stručnog osposobljavanja. Na ljestvici od 1 ("potpuni promašaj i iskoristavanje mladih ljudi") do 5 ("odlična prilika za mlade inženjere") gotovo 40 % ispitanika ocijenilo je mjeru najnižom ocjenom. Još izraženije nepovjerenje u rezultate mjere stručnog osposobljavanja iskazali su upravo pojedinci koji su u nju bili ili su još uvijek uključeni. Naime, samo jedan % tih ispitanika smatra da je zapošljavanje bez zasnivanja radnog odnosa izvrsna prilika za mlade inženjere. Prosječna ocjena kojom su svi ispitanici ocijenili mjeru stručnog osposobljavanja iznosi 2,2, a prosječnom ocjenom 2,1 ocijenili su je ispitanici koji su se zaposlili ili su još uvijek zaposleni u sklopu te mjerne. Za usporedbu, prema istraživanju provedenom krajem 2014. na reprezentativnome uzorku bivših korisnika koji su u sklopu mjerne bili zaposleni do kraja rujna 2014. ($N = 790$), prosječna ocjena zadovoljstva ukupnim iskustvom kod visokoobrazovanih korisnika bila je 3,4 (ljestvica 1 – 5) [8].

Osim brojčane procjene zadovoljstva stručnim osposobljavanjem, ispitanicima je ponuđena mogućnost upisivanja dodatnog komentara o njegovim prednostima i nedostacima te o vlastitome zadovoljstvu mjerom. Opisne komentare dalo je 33 % anketiranih, a njihova opažanja sažeta su u tablicama 3. i 4.

Tablica 3. Prednosti mjerne "Stručno osposobljavanje za rad bez zasnivanja radnog odnosa"

Prednost	Frekvencija odgovora [%]
stjecanje radnog iskustva	16
prilika za stalnim zaposlenjem	5
ostvarivanje poslovnih kontakata	5
stjecanje ovlaštenja komore	4

Tablica 4. Nedostaci mjerne "Stručno osposobljavanje za rad bez zasnivanja radnog odnosa"

Nedostatak	Frekvencija odgovora [%]
niska primanja	97
nemogućnost napredovanja i ograničeno stjecanje iskustva	55
rad na poslovima nevezanim uz struku i/ili spremu	53
nedefiniran status i strah od gubitka posla	43
diskriminacija od strane poslodavaca	24
mjera ide na ruku isključivo poslodavcima	19
mogućnost rada na dvije godine (predugo)	15
srožavanje cijene rada u struci	7

Najčešći komentar o prednostima mjerne zapravo je negiranje %janja ikakvih prednosti (50 komentara). Kao što je vidljivo iz tablice 3., malobrojni su anketirani korisnici mjerne izrazili zadovoljstvo ukupnim iskustvom stručnog osposobljavanja, pri čemu su kao razlog svojeg zadovoljstva uglavnom navodili stečeno radno iskustvo. Međutim, uz pozitivnu ocjenu iskustva često su navodili i nedostatnu novčanu naknadu te loše šanse za zapošljavanje nakon izlaska iz mjerne, što je prikazano u nastavku.

Gotovo svi korisnici mjere koji su upisali dodatan komentar o vlastitom zadovoljstvu mjerom kao njen osnovni nedostatak navode nedostatne novčane naknade. Drugi po učestalosti spominjan nedostatak je nemogućnost napredovanja i ograničeno stjecanje iskustva, a često se ističe i izostanak mentorskog rada, nedefiniran status i strah od gubitka posla te s time povezana nemogućnost osamostaljenja. Ispitanici kao razlog nezadovoljstva često navode da su obavljali poslove koji ne odgovaraju spremi i struci za koju su se školovali te ističu dojam da su poslodavci ovu mjeru koristili prvenstveno kao način smanjivanja vlastitih troškova. Jedan od motiva koji se često javlja u komentarima ispitanika jest i osjećaj "cirkularnosti" mjere koja im ne dozvoljava ostanak kod poslodavca kod kojeg su se stručno ospozobljivali, ali i neravnopravnost u usporedbi s "redovnim" zaposlenicima.

Prema autorima ovog rada, sljedeći komentari precizno sažimaju sveukupno mišljenje ispitanika o mjeri stručnog ospozobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa:

"Rad preko stručnog ospozobljavanja je uvreda za visoko obrazovanje. Ni kad bih htjela ne bih mogla izdvojiti prednosti toga da magistar građevine radi za plaću od 1600 kuna. Kao osoba koja ne dolazi iz Zagreba i ne posjeduje stan u Zagrebu, radila sam, na sreću, samo mjesec dana stručno ospozobljavanje. Stan je koštao 250 eura, dok je moja plaća u tom trenutku bila niti 200 eura. Poslodavcima se omogućuje izrabljivanje visokoobrazovanih ljudi. Ako vam osnovna finansijska stabilnost nije osigurana poslom, ne %ji način da mogu izdvojiti dobru stranu rada."

"Nema prednosti. Negativnosti: potplaćenost, iskorištavanje za izradu nebitnih stvari, nedefiniran status, omogućuje "izvljavanje" poslodavaca nad djelatnicima, globalno pad cijene rada u struci mladih inženjera, nesigurnost nakon završetka statusa u programu zbog možebitnog zapošljavanja novih članova programa i odlazak bez otpremnine čak i nakon 4 godine rada u istoj tvrtki."

"Prednosti za zaposlenike praktički nema. Da nema stručnog ospozobljavanja poslodavci bi jednako trebali radnu snagu ali bi ju plaćali bar dvostruko više. Ako imate sreće pa dođete kod rijetko poštenog poslodavca, kroz neko vrijeme ćete se svojim radom moći dokazati i dobiti povoljniji ugovor, a ako nemate, nakon dvije godine ćete ostati na ulici, a poslodavac će uzeti novog nesretnika na stručno ospozobljavanje."

4.4 Rad u inozemstvu

S obzirom na to da 18 % anketiranih mladih inženjera građevinarstva živi i radi u inozemstvu, u nastavku će se usporediti njihova razmišljanja o radnim uvjetima, zadovoljstvu poslom i primanjima sa zapažanjima mladih zaposlenih u Hrvatskoj. U manje od mjesec dana priključeni su osnovni podaci o čak 124 inženjera koji su diplomirali nakon 2010. (podaci o završenome usmjerenju, godini kada je ispitanik diplomirao i odredišnoj državi). Činjenica da su dvije osobe u kratkome roku stupile u kontakt s tolikim brojem bivših studenata svjedoči o tome da je njihov ukupan broj zasigurno puno veći. Najveći broj iselio je upravo u Njemačku, no u posljednje vrijeme mladi inženjeri građevinarstva sve češće iseljavaju i u Austriju, skandinavske zemlje, Ujedinjeno Kraljevstvo, Irsku i SAD, ali i na "egzotičnije" lokacije kao što su Novi Zeland, Australija i Hong Kong [5].

Što se tiče podataka o godinama završetka studija, najveći %tak iseljenika studij je završio 2013. (18,2 %), a na drugome su mjestu oni koji su studij završili prije manje od godinu dana,

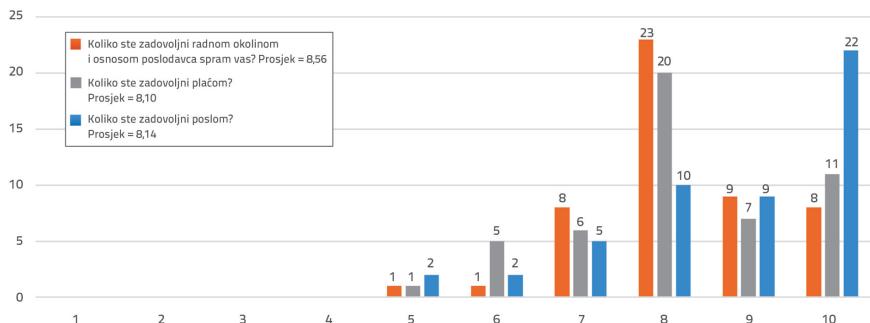
odnosno 2016. (17,4 %). Godine 2014. i 2010. studij je završilo 14,8 % iseljenika, 2011. njih 12,4 %, 2012. 11,6 %, a 2015. 10,8 %. Prema završenome usmjerenu, najviše je iseljenika bivših studenata Konstrukcije (34,2 %), a zatim slijede bivši studenti Geotehnike (16,7 %), Hidrotehnike i Organizacije građenja (11,4 %), Teorije i modeliranja konstrukcija (10,6 %), Materijala (8,7 %) i Prometnica (7 %). Od ukupno 124 iseljenika s kojima se stupilo u kontakt, njih 50 ispunilo je i anketu, čiji su rezultati prikazani u nastavku. Prema dobivenim podacima najviše anketiranih iseljenika diplomiralo je 2013. (19 %), iste godine kada se prema prethodno prikazanim rezultatima ankete najdulje čekalo na prvo zaposlenje. Zanimljiva je činjenica da su se do listopada 2016. kada je provedena anketa iselili i brojni mladi inženjeri građevinarstva koji su diplomirali u istoj kalendarskoj godini (2016.).

U odnosu na podatke prikupljene od preostala 74 iseljenika, jedina znatna razlika jest u %tku onih koji su se iselili 2016. godine: razlika od pet % ujednačeno se raspodijelila po ostalim generacijama. Pritom najveći %tak iseljenih (19 %) ponovno pripada upravo generaciji koja je studij završila 2013. godine. Raspodjela anketiranih iseljenika po usmjerenjima prikazana, prema broju bivših studenata na prvome je mjestu ponovno usmjerjenje Konstrukcije, a slijede Hidrotehnika i Geotehnika. Četvrti mjesto dijele Organizacija građenja, Prometnice te Teorija i modeliranje konstrukcija, dok je najmanji udio anketiranih iseljenika diplomirao na usmjerenu Materijali.

Prema statističkim podacima, za pronalazak posla u inozemstvu odlučuju se studenti s boljim prosjekom ocjena na preddiplomske i diplomske studije, koji kvalitetu studija u smislu pripremljenosti za rad u struci ocjenjuju i nešto boljom prosječnom ocjenom (3,3) u odnosu na bivše studente zaposlene u Republici Hrvatskoj (3,1). Svi anketirani koji žive u inozemstvu su zaposleni, pri čemu ih nešto više od polovice radi u projektnim uredima, a njih dva % ne radi poslove vezane uz struku. Najveći broj ispitanika radi u struci dulje od jedne godine (62 %), a trećina ima više od dvije godine radnog iskustva u struci. Sedamdeset i pet % anketiranih iseljenika radilo je u Hrvatskoj prije nego što je otislo u inozemstvo, a kao osnovne razloge odlaska naveli su želju za stjecanje novog iskustva (45 %) te bolje poslovne ponude (34 %). Dvanaest % anketiranih odlučilo se za odlazak zbog nemogućnosti pronalaska posla u Hrvatskoj, a njih još sedam % (dio odgovora pod "Ostalo") jer nisu željeli raditi preko mjere stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa.

Prema podacima prikazanim na slici 14. zamjetno je zadovoljstvo ispitanih iseljenika poslom i plaćom te odnosom poslodavca prema zaposlenicima (prikazano na ljestvici od 1 do 10). Usporede li se ti podaci s rezultatima ankete namijenjene mladim inženjerima zaposlenima u Republici Hrvatskoj, može se primijetiti da je najveća razlika među anketiranim mladim inženjerima u zadovoljstvu plaćom. Naime, prosječna ocjena kod ispitanika koji rade u Republici Hrvatskoj iznosi 5,50, dok kod ispitanika koji rade u inozemstvu ona iznosi 8,10. Veća je i prosječna ocjena zadovoljstva poslom (6,75 u Republici Hrvatskoj u odnosu na 8,14 u inozemstvu) te odnosom poslodavca i radnom okolinom (6,90 u Republici Hrvatskoj u odnosu na iznimno visokih 8,56 u inozemstvu).

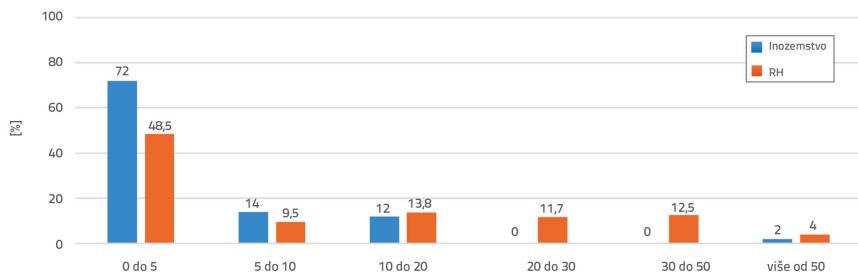
Izazovi u graditeljstvu 4



Slika 14. Zadovoljstvo poslom, plaćom i odnosom poslodavca prema zaposleniku

S obzirom na broj radnih sati, ukupno 68 % anketiranih mlađih zaposlenih osoba u inozemstvu izjavilo je da radi prekovremeno, pri čemu isti % tak ispitanika tvrdi da su im ti radni sati odgovarajuće plaćeni. Iako je % tak od 68 % gotovo istovjetan onome kod zaposlenika u Republici Hrvatskoj, velika je razlika u broju plaćenih prekovremenih sati. Prema dijagramu prikazanom na slici 15., primjetno je da većina iseljenika u usporedbi sa zaposlenicima u Republici Hrvatskoj odradi puno manji broj neplaćenih prekovremenih sati.

Na pitanje o planovima o povratku u Hrvatsku 62 % anketiranih odgovorilo je da ne zna želi li se vratiti, 20 % ispitanika odgovorilo je da se ne planira vratiti, 10 % da će se vratiti nakon desetak godina, a ostalih osam % izjasnilo se da će se vjerojatno vratiti u skorijem roku (od tri do pet godina). Odgovor na pitanje zašto povratak u Republiku Hrvatsku često nije imperativ za mlade inženjere građevinarstva anketirane u sklopu ovog istraživanja može se pronaći u sljedećem poglavljju, u kojem će se usporediti zadovoljstvo anketiranih iseljenika i mlađih koji su ostali u Republici Hrvatskoj radnim uvjetima, mogućnostima napredovanja, novčanim naknadama za rad i odnosom prepostavljenih prema zaposlenicima.

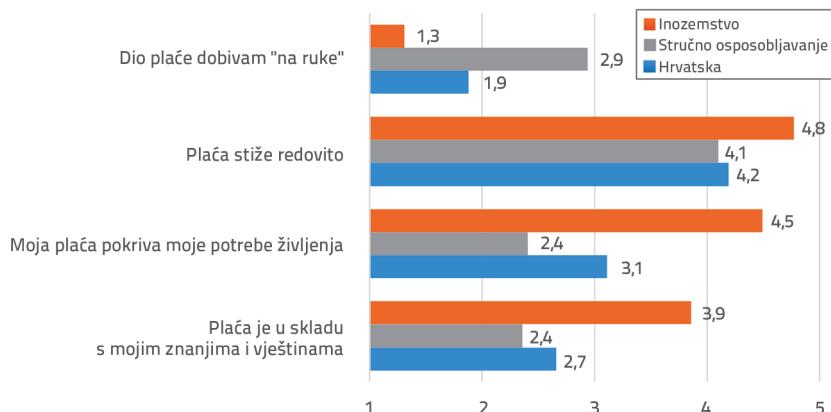


Slika 15. Broj održanih mjesecnih neplaćenih prekovremenih sati

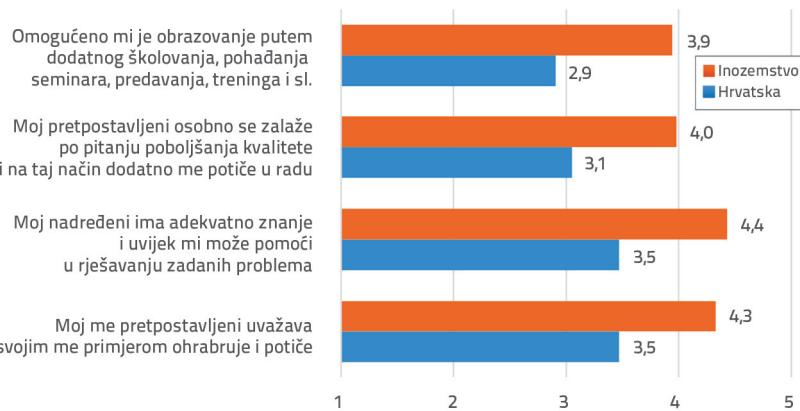
4.5 Usporedba stavova

U dijelu ankete prikazanom u ovom poglavljiju ispitanici iz svih promatranih grupa pozvani su da na temelju vlastitog iskustva sa svijetom rada ocijene istinitost tvrdnji vezanih uz novčane naknade za rad, odnos prepostavljenih prema zaposleniku, mogućnosti usavršavanja te uz općenite radne uvjete (na ljestvici od 1 "izričito se ne slažem" do 5 "u potpunosti se

slažem"). Najviše ocjene u svim kategorijama, u skladu s očekivanjima, dali su anketirani iseljenici: njihove plaće stižu redovito, pokrivaju troškove života i u skladu su s njihovim znanjima i vještinama (slika 16.), mentorski odnos i mogućnosti napredovanja i usavršavanja ocjenjuju također vrlo visokom ocjenom (slika 17.; prosječna ocjena 4,2) i vrlo su zadovoljni radnim uvjetima (slika 18.; prosječna ocjena 4,2).



Slika 16. Tvrđnje o novčanim naknadama za rad



Slika 17. Tvrđnje vezane uz odnos prepostavljenih prema zaposleniku i mogućnosti usavršavanja

U nezavidnome položaju su, ponovno očekivano, korisnici mjere stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa, koji, iako im poslodavac ponekad osigurava novčanu naknadu za rad mimo mjere, još uvijek plaćom ne mogu pokriti troškove života. Oni također, kao i svi anketirani mladi zaposleni u Republici Hrvatskoj, smatraju da njihova plaća nije u skladu s njihovim znanjem i vještinama. Mentorski odnos i mogućnosti napredovanja i usavršavanja anketirani mladi inženjeri građevinarstva zaposleni u Republici Hrvatskoj ocjenjuju prosječnom ocjenom 3,3 (slika 17.), a radne uvjete prosječnom ocjenom 3,4 (slika 18.).



Slika 18. Tvrđnje vezane uz uvjete rada

I u ovome dijelu ankete ispitanicima je osim mogućnosti brojčane procjene zadovoljstva ponuđena mogućnost upisivanja dodatnog komentara o njihovu iskustvu na hrvatskome tržištu rada i radu u struci općenito. Kao glavne zamjerke i nedostatke u procesu traženja posla ispitanici naveli su "namještene" natječaje za posao, tj. dobivanje posla "preko veze", niska početna primanja, traženje višegodišnjega iskustva rada u struci od osoba koje su netom diplomirale te vrlo ograničenu ponudu radnih mjestâ. Poražavajuća je činjenica da su o prednostima rada u struci komentar dale samo tri osobe od ukupno 224 ispitanih.

U komentarima o kvaliteti studija u smislu pripremljenosti za izlazak na hrvatsko tržište rada i odnosu poslodavaca ispitanici i ispitanice često navode osjećaj nepripremljenosti za rad u praksi nakon završenog studija, ali i nezadovoljstvo angažmanom mentora, mogućnostima napredovanja i visinom novčanih naknada, zatim neplaćenim prekovremenim satima rada kao i odnosom pretpostavljenih.

Autorima ovog rada posebno su zanimljivi i komentari anketiranih o uočenim razlikama između školovanja te ulaska na tržište rada u inozemstvu i u Republici Hrvatskoj:

"U inozemstvu je traženje posla dosta jednostavan proces zato što su za zaposlenje bitni prije svega volja za radom i učenjem, kao i znanje koje je potrebno za obavljanje posla. U Hrvatskoj je stanje dosta drugačije i često su presudni neki drugi faktori. Radom u struci sam zadovoljan jer je to ono što sam htio raditi, iako moram priznati da je ponekad dosta stresno."

"Mladi inženjeri u procesu traženja svog prvog posla nedovoljno su pripremljeni na praktični rad i ono što ih očekuje. Smatram da su "naši" inženjeri sa stečenim znanjima u najmanju ruku ravноправni inženjerima iz ostalih zemalja. Glavna razlika, prema osobnom mišljenju, je ta da je većina studenata, pa čak i nekih učenika neposredno prije studija, u inozemstvu (npr. u Njemačkoj) već zaposlena u inženjerskim uredima ili građevinskim tvrtkama. Na taj način se nakon završetka studija dobije potpuno pripremljeni inženjer za rad. Moja ocjena

studija je možda malo nepravedna, ali smatram da bi Građevinski fakultet u većoj mjeri trebao pomoći studentima da zajedno s građevinskim tvrtkama studente pripreme za rad u praksi. Što se struke tiče, građevinski inženjeri imaju vrlo zanimljiv, dinamičan i osebujan posao, koji je nažalost lošije plaćen u odnosu na inženjerske poslove drugih struka. Kako u Hrvatskoj, isti slučaj je i u Njemačkoj.“

5 Zaključak

Prvi kontakt sa svijetom rada i prva iskustva na radnom mjestu oblikuju buduće stavove pojedinaca o radu i zaposlenju, zbog čega je vrlo bitno da su ti doživljaji pozitivni. Nažalost, za visokoobrazovane mlade u Hrvatskoj oni su često obilježeni frustracijama i neispunjennim očekivanjima uslijed nemogućnosti pronalaska prikladnog zaposlenja, ali i dugotrajnih i neučinkovitih administrativnih procedura. Nezaposlenost u mladoj dobi, osim odgođenog stambenog i finansijskog osamostaljivanja, može imati brojne negativne dugoročne posljedice poput nižih plaća, otežanog napredovanja te povećanog rizika od dugotrajne nezaposlenosti [8]. Poslovi koji su na raspolaganju često su vezani za ugovore na određeno (65 % mladih zaposleno je preko takvih, nesigurnih oblika rada [3]), rad "na crno", niske i neredovite plaće, nemogućnost usavršavanja – ukratko, ulaganje u obrazovanje koje bi mladima trebalo omogućiti život dostojan čovjeka često rezultira neispunjnjem tih potreba.

Dodatno nezadovoljstvo i ogorčenost mladih u Hrvatskoj uzrokuju i mjere pokrenute unazad nekoliko godina kako bi se potaknulo zapošljavanje osoba bez radnog iskustva, a koje su se pokazale ekonomski i socijalno nepravednima te istovremeno nepoticajnim i neučinkovitim [8]. Naime, one se sve više provode prema principu "kako što više olakšati poslodavcu", zanemarujući princip "kako možemo pomoći mladima da se što kvalitetnije uključe na tržište rada" i mogle bi u konačnici dovesti do situacije u kojoj cijela generacija mladih radi na plaći nedostatnoj za dostojanstven život [16], [17]. Zbog svega navedenog ne čudi podatak da gotovo 34 % mladih u Hrvatskoj učestalo razmišlja o preseljenju u inozemstvo [3]. Nažalost, provedeno istraživanje prikazano u ovom radu pokazalo je da ni mlađi inženjeri građevinarstva, budućnost jedne od donedavno najisplativijih struka u Hrvatskoj, ne predstavljaju iznimku: 80 % anketiranih emigranata se vjerojatno neće više uključivati u hrvatsko tržište rada.

Rezultati provedene ankete i komentari ispitanika i ispitanica pokazali su nam da nezavidan položaj u kojem se nalaze sada već cijele generacije mladih inženjera građevinarstva viđen očima protagonista nema svoje temelje isključivo u ekonomskoj sferi te inertnosti mladih, kako se često želi prikazati. Mlađi inženjeri su, kao jedna od najosjetljivijih i zasigurno najvažnijih skupina za budućnost struke u Hrvatskoj, diskriminirani, nezadovoljni zbog nerazumijevanja i nebrige starijih generacija, te razočarani izostankom potpora u suočavanju s izazovima s kojima se susreću na početku svoje karijere. Prema autorima ovog rada, sljedeći komentar jednog od anketiranih bivših studenata sažeto prikazuje uvjete s kojima se svi visokoobrazovani mlađi danas suočavaju na samom ulasku u svijet rada u Republici Hrvatskoj: "*U skladu s općim stanjem nacije i njenim mentalnim sklopom, a u ponajvećoj mjeri zahvaljujući pojedinim zakonskim odredbama, za pojedinca s VSS se čini nemogućom misijom pronaći posao koji će mu pružiti sigurnost i adekvatne uvjete rada (pod tim ne mislim samo na plaću). Osjećaj iskoristenosti i besperspektivnosti i dalje ostaje nenadmašiv.*"

Dio istraživanja prikazanog u ovom radu objavljen je u časopisu Građevinar (3/2017) početkom 2017. godine, što je doprinijelo pokretanju rasprave o održivosti mjere stručnog osposobljavanja bez zasnivanja radnog odnosa (SOR-a). Tribina „*Gradimo li na dobrim temeljima: Problemi SOR-a na primjerima sektora graditeljstva, arhitekture i geodezije*“ održana je 8. lipnja 2017. s ciljem upozorenja na probleme SOR-a, štetnih učinaka stručnog osposobljavanja, i poremećaja na tržištu rada koje on uzrokuje u sektorima graditeljstva, arhitekture i geodezije. Posljednjih godina mladi magistri inženjeri građevinarstva vrlo rijetko sklapaju ugovore o radu, a zamijećeni su čak i oglasi za radno mjesto voditelja gradilišta – koji će biti na stručnom osposobljavanju. Mnogi korisnici mjere nezadovoljni su njome, i to uglavnom zbog niskih primanja, nemogućnosti napredovanja, ograničenom stjecanju iskustva te radu na poslovima koji nisu vezani uz struku. Na tribini su uz autore ovog teksta sudjelovali predstavnici sindikata i poslodavaca u graditeljstvu te mladi magistri inženjeri građevinarstva. Autori ovog teksta nadaju se da su upozorili na određene probleme u sektoru te da su pridonijeli, ako ni u čemu drugom, onda u raspravi u vezi sa stručnim osposobljavanjem i ostalim problemima mladih visokoobrazovanih građevinara.

Literatura

- [1] Građevinski sektor EU i Hrvatske – od recesije do oporavka, HRVATSKA GOSPODARSKA KOMORA, Sektor za finansijske institucije, poslovne informacije i ekonomske analize, Odjel za makroekonomske analize, 2016.
- [2] HZZ statistika: Registrirana nezaposlenost, <https://statistika.hzz.hr/Statistika.aspx?tipIzvjestaja=1>
- [3] Repalust, A., Velimirović, I.: Mladi na tržištu rada – istraživački izvještaj, CESI-Centar za edukaciju, savjetovanje i istraživanje, 2015.
- [4] Stepinac, M., Ahac, S: Visokoobrazovani mladi ljudi u građevinarstvu (1. dio), Građevinar, 69 (2017) 1, 53 - 60
- [5] Stepinac, M., Ahac, S: Visokoobrazovani mladi ljudi u građevinarstvu (2. dio), Građevinar, 69 (2017) 3, 221 - 229
- [6] Krištof, M., Pisk, K., Radeka, I.: Istraživanje o primjeni bolonjskog procesa na hrvatskim sveučilištima, Nezavisni sindikat znanosti i visokog obrazovanja, 2016.
- [7] web stranica Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, http://www.grad.unizg.hr/o_fakultetu/alumni
- [8] Levačić, D.: Kriza i nejednakost na tržištu rada: rezultati istraživanja mjere Stručnog osposobljavanja za rad bez zasnivanja radnog odnosa, Baza za radničku inicijativu i demokratizaciju, 2015.
- [9] HZZ Mjesečni statistički bilten, broj 12, Hrvatski zavod za zapošljavanje, 2016.
- [10] Bušić Crnković, A., Frlan Bajer, A., Načinović, L: Neudoban položaj – izvještaj o diskriminaciji mladih na hrvatskom tržištu rada, Mreža mladih Hrvatske, 2012.
- [11] Mreža Mladih Hrvatske: Ispred Vlade izložen posljednji ugovor o radu na neodređeno u Hrvatskoj, 17.11.2016., <http://www.h-alter.org/vijesti/>
- [12] COM/2015/0429 final: Joint Report of the Council and the Commission on the implementation of the renewed framework for European cooperation in the youth field (2010-2018), EC, 2015.

- [13] Peruško, M.: UZROCI EMIGRIRANJA MLADIH, Završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet ekonomije i turizma "Dr. Mijo Mirković", Pula, 2016.
- [15] Prosječne mjesecne isplaćene neto plaće zaposlenih za prosinac 2014., priopćenje Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske, http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2014/09-01-01_12_2014.htm
- [16] Crnković-Pozaić, S.: Transition from School to Work: Internships and First Entry to the Labour Market in Croatia, The European Training Foundation (ETF), 2009.
- [17] Mreža Mladih Hrvatske: Generacija na minimalcu, Facebook stranica MMH, objavljeno 1.3.2017., <https://www.facebook.com/notes/mre%C5%BEa-mladih-hrvatske-croatian-youth-network/vlada-predstavila-od-mjere-do-karijere-a-zapravo-dobivamo-nema-karijere-bez-mjer/10155090319827138>



Gospodarenje građevnim otpadom - izazovi i prilike

Autori:

Prof. dr. sc. Nina Štirmer¹

Doc. dr. sc. Ana Baričević¹

Vedrana Lovinčić Milovanović²

¹Sveučilište u Zagrebu, Građevni fakultet
Kačićeva 26, Zagreb

²Eurco d.d.
H. V. Hrvatinića 87, Vinkovci

Gospodarenje građevnim otpadom - izazovi i prilike

Nina Štirmer, Ana Baričević, Vedrana Lovinčić Milovanović

Sažetak

Građevni otpad nastaje tijekom trajanja građevina, prilikom gradnje, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja. Stvaranje otpada u fazi građenja je neizbjegno, a uglavnom uključuje otpad od pripreme drvenih oplata, završne obrade, betonskih radova, zidanja i rukovanja građevnim materijalima. Ipak, količina nastalog otpada najveća je tijekom rušenja. U radu su prikazani ciljevi i mјere prema Protokolu EU-a za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja kojim se želi poboljšati identifikacija te odvajanje na mjestu nastanka i skupljanje te logistiku i preradu građevnog otpada.

Ključne riječi: građevni otpad, Protokol EU, oporaba, recikliranje, odlaganje, reciklirani agregat

Construction and demolition waste management - challenges and opportunities

Abstract

Construction and demolition waste is generated during the whole life time of structure, during construction, reconstruction, removal and maintenance. The generation of waste at the construction stage is inevitable and mainly includes waste from preparation of wooden formwork, finishing, concrete works, masonry and handling with building materials. However, the amount of waste generated is largest during the demolition. The paper presents the objectives and measures according to EU Construction and Demolition Waste Protocol which aims to improve waste identification, source separation and collection, as well as waste logistics and processing.

Key words: construction and demolition waste, EU Protocol, recovery, recycling, disposal, recycled aggregate

1 Uvod

Zakon o održivom gospodarenju otpadom [1] definira građevni otpad kao otpad nastao prilikom gradnje građevina, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina (slika 1.) te otpad nastao od iskovanog materijala, koji se ne može bez prethodne oporabe koristiti za građenje građevine zbog kojeg građenja je nastao. Građevni otpad smatra se posebnom kategorijom otpada te se prema Pravilniku o katalogu otpada [2] označava ključnim brojem 17. Vrste građevnog otpada označene pojedinim ključnim brojevima prikazane su u tablici 1. Otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim i/ili biološkim promjenama smatra se inertnim. Manji udio materijala koji se klasificira kao građevni otpad je opasan otpad. U slučaju opasnog otpada, ključnom se broju pridružuje znak *. Jedan od najznačajnijih primjera te grupe su materijali na bazi azbesta. Nadalje, neki drugi otpadni materijali koji su sadržani u malim količinama u građevnom otpadu i otpadu od rušenja (kao što su boja i plastika), iako ne moraju biti opasni, nisu ni inertni. Takve materijale treba izdvajati i deponirati. Materijali kao što su opeka, crijeplje i beton smatraju se inertnim te su pogodni za ponovnu upotrebu i zato zahtijevaju izdvajanje, odnosno selektivno rušenje.



Slika 1. Građevni otpad

Tablica 1. Vrste građevnog otpada prema Pravilniku o katalogu otpada (NN 90/15)

Ključni broj	Naziv otpada
17	Građevni otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija)
17 01	beton, cigle, crijeplje/pločice i keramika
17 02	drvo, staklo i plastika
17 03	mješavine bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
17 04	metali (uključujući njihove legure)
17 05	zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija), kamenje i otpad od jaružanja
17 06	izolacijski materijali i građevni materijali koji sadrže azbest
17 08	građevni materijal na bazi gipsa
17 09	ostali građevni otpad i otpad od rušenja objekata

Gospodarenje građevnim otpadom obuhvaća skupljanje, prijevoz, uporabu i odlaganje otpada te nadzor nad tim radnjama, kao i naknadno održavanje lokacija za odlaganje. Postupci uporabe označavaju se oznakom R, a postupci odlaganja označenim D. U hijerarhiji gospodarenja građevnim otpadom (tablica 2.), najmanje poželjna opcija je odlaganje na odlagalište. Djelatnost uporabe otpada podrazumijeva postupke kao što su primjerice korištenje otpada uglavnom kao goriva ili drugog načina dobivanja energije (R1), recikliranje/obnavljanje otpadnih metala i spojeva metala (R4) i recikliranje/obnavljanje drugih otpadnih anorganskih materijala (R5).

Tablica 2. Hijerarhija gospodarenja otpadom [3, 4]

Postupanje	Mjere
Sprječavanje	Korištenje manje količine materijala pri projektiranju i proizvodnji, ponovna upotreba, korištenje manje materijala opasnih za okoliš
Priprema za ponovnu uporabu (PU)	Pregled, čišćenje, popravak, obnova cijelih proizvoda ili potrošnih dijelova
Recikliranje (R)	Pretvaranje otpada u novu tvar ili proizvod, uključujući kompostiranje ako su zadovoljeni protokoli kvalitete
Drugi postupci uporabe (R)	Uključuje anaerobnu razgradnju, spaljivanje s energetskom oporabom, plinifikaciju i pirolizu s proizvodnjom energije (gorivo, toplina i električna energija) i materijala iz otpada, nešto zatrpanjavanja
Odlaganje (D)	Odlaganje ili spaljivanje bez energetske uporabe

Republika Hrvatska treba do 1. siječnja 2020. osigurati pripremu za ponovnu uporabu, recikliranje i druge načine materijalne uporabe, uključujući postupke zatrpanjavanja i nasipavanja, u kojima se otpad koristi kao zamjena za druge materijale, neopasnog građevnog otpada, isključujući materijal iz prirode utvrđen ključnim brojem 17 05 04 – zemlja i kamenje koji nisu navedeni pod 17 05 03, u minimalnom udjelu od 70 % mase otpada [5]. Prema Pravilniku o registru onečišćavanja okoliša [6], obveznik dostave podataka dužan je nadležnom tijelu dostaviti podatke o nastanku i/ili prijenosu izvan mjesta nastanka:

- opasnog otpada u ukupnoj količini većoj od ili jednakoj 0,5 tona godišnje
- neopasnog otpada u ukupnoj količini većoj od ili jednakoj 20 tona godišnje.

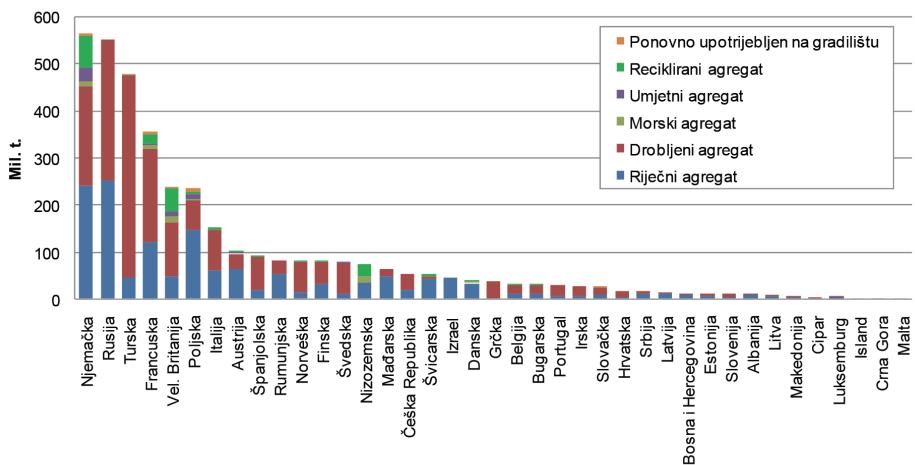
Prema Pravilniku o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest [5], posjednik građevnog otpada dužan je, na gradilištu na kojem je taj otpad nastao, izdvojiti od drugog otpada i materijala koji nije otpad te odvojeno skladištiti neopasan otpad koji čini najmanje 80 % mase svog otpada nastalog na određenom gradilištu, osim ako obvezu izdvajanja tog otpada razvrstavanjem i drugim odgovarajućim tehnološkim procesima gospodarenja otpadom izvrši osoba, koja posjeduje odgovarajuću dozvolu za gospodarenje otpadom, na temelju ugovora s posjednikom ili vlasnikom građevnog otpada.

Posjednik građevnog otpada dužan je, najkasnije do odvoza otpadnog materijala s gradilišta odnosno do završetka radova na gradilištu:

- izdvojiti od otpada tvari, materijale i građevne proizvode, osim materijala za nasipavanje, za koje je očigledno da se mogu ponovno koristiti za istu svrhu odnosno za namjerenu uporabu za koju su proizvedeni i to bez postupka oporabe, što uključuje i postupak pripreme za ponovnu uporabu,
- proglašiti otpadom:
 - materijal iz iskopa koji je nastao prilikom građenja građevine i koji se sukladno dokumentima projekta građenja, izrađenim u skladu s propisima koji uređuju gradnju, ne ugrađuje u tu građevinu i koji ne predstavlja mineralnu sirovinu sukladno posebnim propisima koji uređuju rudarstvo,
 - materijal koji je nastao građenjem, održavanjem, rekonstrukcijom ili uklanjanjem građevine, osim materijala koji se koristi za građevne svrhe na tom gradilištu, kad se on izdvoji od građevine odnosno kad prestane biti građevina koju se gradi, održava, rekonstruira odnosno uklanja.

Glavni proizvod građevnog otpada i otpada od rušenja je reciklirani agregat koji se najčešće koristi kao podloga za cjevovode, pokrovne slojeve, nasipavanje putova i ispune. U Velikoj Britaniji primjerice 28 % ukupne količine agregata čini reciklirani agregat i agregat iz sekundarnih izvora (55 od ukupno 198 milijuna tona). Time se smanjuje velika potrošnja prirodnih resursa za proizvodnju agregata. Metali i njihove legure također se u velikoj mjeri recikliraju, a moguća je primjena i drugih materijala iz građevnog otpada, npr. stakla koji se također može upotrebljavati kao agregat ili gipsanih ploča koje se mogu koristiti za proizvodnju novih ploča.

Između 2003. i 2011., potrošnja građevnih materijala u zemljama članicama EU (EU27) bila je između 1.200 - 1.800 milijuna tona godišnje za novogradnju i obnovu građevina. Podaci o upotrebi građevnih materijala pokazuju da beton, agregat i opeka čine do 90 % (po masi) svih korištenih materijala. Najveći dio od toga čini agregat s 45 % od ukupne mase materijala, čak i kada se isključi agregat koji se koristi u betonu. Sljedeći je beton s 42 %, a potom opeka sa 6,7 %. Proizvodnja recikliranih i ponovno upotrijebljenih agregata povećana je na 228 mil. tona u 2014. predstavljajući 8,6 % od ukupno 2,65 milijardi tona što čini približno 40 % ukupno dostupnog materijala od rušenja. U EU, Njemačka je prva sa 73 mil. t recikliranog materijala, nakon koje slijede Velika Britanija, Nizozemska, Francuska, Belgija, Poljska i Švicarska koje zadovoljavaju više od 20 % nacionalnih potreba recikliranjem (slika 2.). Mogućnost upotrebe takvih materijala za građenje uvelike ovisi o njihovoj sukladnosti s europskim/ nacionalnim normama [7].



Slika 2. Proizvodnja agregata 2014. po državama i po vrstama (u milijunima tona) [8]

2 Utjecaj na količine i sastav građevnog otpada

Na količinu i sastav građevnog otpada utječu veličina i vrsta građevine te vrsta radova (građenje, rekonstrukcija ili rušenje). Primjerice, gradnja novih građevina uglavnom generira „čist“, neizmijenjen i razvrstan otpad (netretirano drvo, novi beton itd.), dok otpad od rušenja sadrži više vrsta materijala s izmijenjenim karakteristikama ili je taj materijal izmiješan (drvo tretirano bojama na bazi olova, beton koji je bio u doticaju s opasnim otpadom itd.). Smatra se da je približno 15 % materijala dostavljenog na gradilište otpad. Nije moguće eliminirati sav otpad na gradilištu, ali je pažljivim planiranjem, moguće smanjiti njegovu količinu na mjestu nastanka. Mnogi se materijali mogu ponovno upotrijebiti prije nego se bace. Na osnovi navedenog, postoje tri glavna faktora koja utječu na karakteristike građevnog otpada [9]:

- vrsta konstrukcije (npr. stambena, poslovna ili industrijska zgrada, mostovi, ceste)
- visina konstrukcije i
- izvedena aktivnost (npr. izgradnja nove građevine, obnova, rušenje)

Dodatni faktori koji utječu na vrstu i količinu građevnog otpada su:

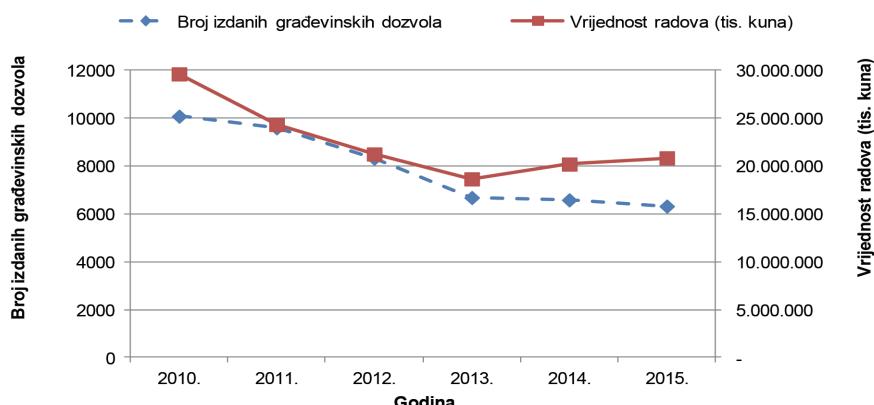
- veličina projekta (npr. pojedinačne zgrade, kuće u nizu)
- lokacija projekta (priobalje/unutrašnjost, ruralno/urbano područje)
- materijali korišteni u konstrukciji (opeka/beton/drvo)
- način rušenja (ručno/mehaničko).

Ostali faktori koji ne utječu na vrstu i količinu generiranog građevnog otpada, ali utječu na prijavljenu vrstu i količinu jesu zakonska definicija građevnog otpada, mjesto na kojem je građevni otpad registriran (izvorna točka, reciklažni pogon, odlagalište) i način mjerjenja količine građevnog otpada (po volumenu ili težini).

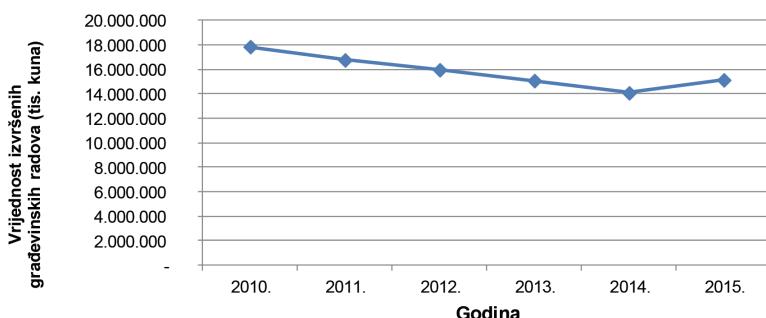
U nastavku su prikazani utjecaji na proizvedene količine i vrste građevnog otpada u Republici Hrvatskoj, a vezani su uz vrijednost i vrste izvršenih građevnih radova.

Na slici 3. prikazan je broj izdanih građevnih dozvola i predviđena vrijednost radova za izdane građevne dozvole od 2010. do 2015. godine prema podacima Državnog zavoda za statistiku (Građevinarstvo 2015) [10]. Od 2010. do 2013. godine uočava se pad izdanih dozvola i predviđene vrijednosti radova dok je 2014. i 2015. zabilježen blagi porast predviđenih vrijednosti radova u odnosu na 2013. godinu.

Na slici 4. može se vidjeti da vrijednost izvršenih građevnih radova opada gotovo linearno od 2010. do 2014. godine, a 2015. bilježi se blagi porast.

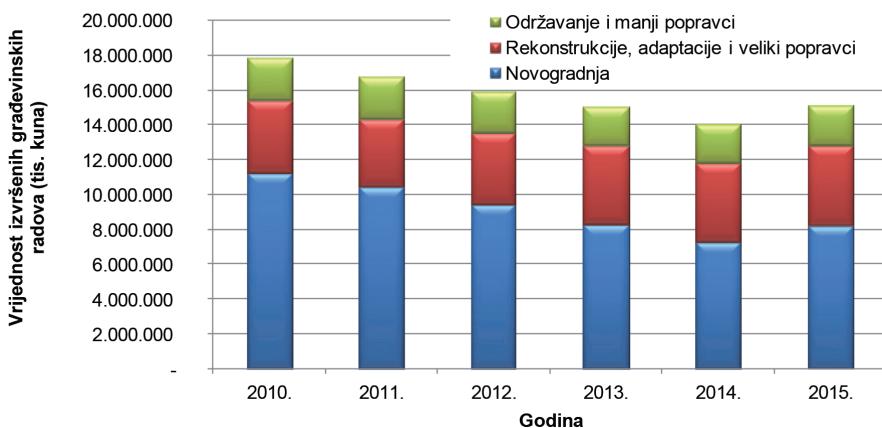


Slika 3. Broj izdanih dozvola i predviđena vrijednost radova za građevine za koje su izdane građevne dozvole od 2010. do 2015. godine (izvor podataka: Građevinarstvo u 2015, Statistička izvješća, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb 2017. [10])



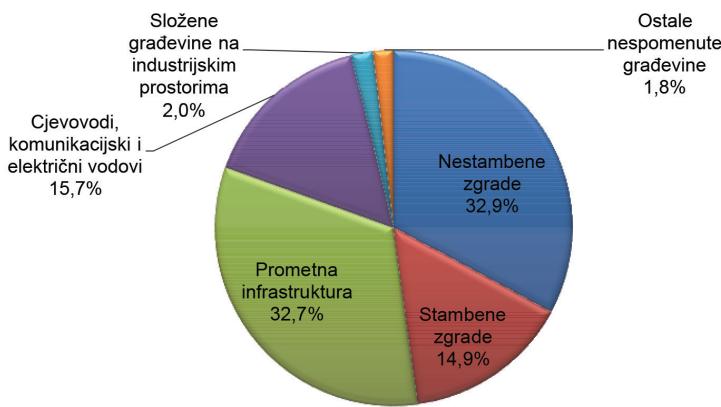
Slika 4. Vrijednost izvršenih građevnih radova od 2010. do 2015. (izvor podataka: Građevinarstvo u 2015, Statistička izvješća, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb 2017. [10])

Prema vrstama građevnih radova (slika 5.), najveća se vrijednost izvršenih građevnih radova odnosi na novogradnju (prosječno 56 %), a preostali dio čine rekonstrukcije, adaptacije i veliki popravci (28 %) te održavanje i manji popravci (15 %).



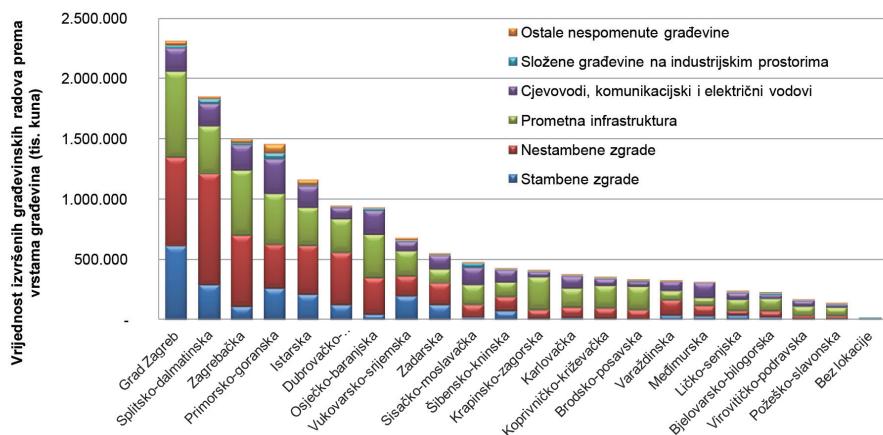
Slika 5. Vrijednost izvršenih građevinskih radova prema vrstama od 2010. do 2015. (izvor podataka: Građevinarstvo u 2015, Statistička izvješća, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb 2017. [10])

Struktura vrijednosti izvršenih radova prema vrstama građevina u 2015. prikazana je na slici 6. Najveći dio odnosio se na nestambene zgrade (32,9 %) i prometnu infrastrukturu (32,7 %). Stambene zgrade su prema vrijednosti izvršenih radova u 2015. godini činile 14,9 %. Veliki udio u vrijednosti izvršenih radova činili su cjevovodi, komunikacijski i električni vodovi s 15,7 %.



Slika 6. Struktura vrijednosti izvršenih radova prema vrstama građevina u 2015. (izvor podataka: Građevinarstvo u 2015, Statistička izvješća, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb 2017. [10])

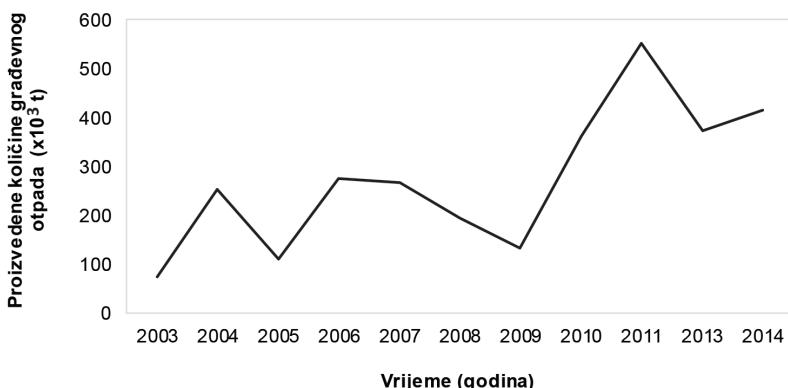
Vrijednost izvršenih građevinskih radova prema vrstama građevina po županijama za 2015. godinu prikazana je na slici 7. Najveća vrijednost izvršenih građevinskih radova bila je u Gradu Zagrebu i Splitsko-dalmatinskoj županiji, a najmanja u Požeško-slavonskoj, Virovitičko-podravskoj, Bjelovarsko-bilogorskoj i Ličko-senjskoj županiji.



Slika 7. Vrijednost izvršenih građevinskih radova prema vrstama građevina po županijama u 2015. (izvor podataka: Građevinarstvo u 2015, Statistička izvješća, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb 2017. [10])

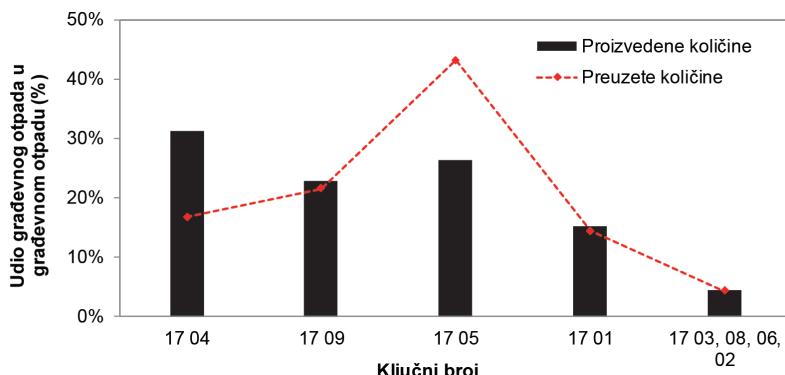
3 Količine građevnog otpada u Republici Hrvatskoj

Količina građevnog otpada varira kroz godine, a ovisi o vrijednosti i strukturi izvedenih radova. Svi sudionici u gradnji obvezni su na prikladan način postupati s nastalim građevnim otpadom. Međutim, nedovoljno jasno propisani postupci dovode do manipulacija sa sustavom i konačno nepotpunih podataka. Primjerice, podatci o ukupnim količinama građevnog otpada počevši od 2003. do 2014. godine [11] pokazuju značajan porast proizvedenih količina građevnog otpada, posebno u periodu od 2009. do 2014. godine (slika 8.). Uzme li se u obzir da je građevinarstvo u Hrvatskoj najveći rast imalo upravo do 2009 godine, jasno je da se porast proizvedene količine otpada ne može smatrati posljedicom povećane graditeljske aktivnosti, već unapređenjem sustava kontrole slijeda otpada.



Slika 8. Proizvedene količine građevnog otpada od 2003. do 2014. godine (izvor podataka: PL-PPO 2013, PL-PPO 2014 i Elaborat o posebnim kategorijama otpada, 2013) [11, 12]

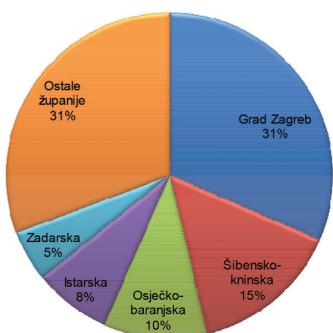
Sastav proizведенog građevnog otpada pokazatelj je kvalitete prikupljenih podataka, ali i vrste radova koji su provedeni. U 2014. godini najvećim dijelom se radi o metalima, koji čine 31 % ukupno proizведенog građevnog otpada, drugu skupinu čini zemlja, kamenje i otpad od jaružanja u iznosu od 26 %, ostali građevni otpad i otpad od rušenja objekata 23 %, a tek potom beton, cigle, crijepl/pločice i keramika sa 15 %. Ostali otpad koji uključuje drvo, staklo, plastiku, bitumen, gips i ostale materijale čini samo 5 % ukupno proizvedenih količina građevnog otpada. Usporedba proizvedenih i preuzetih količina građevnog otpada prijavljenih u Registar onečićavanja okoliša (ROO) koji vodi Hrvatska agencija za okoliš i prirodu pokazuje značajan nerazmjer u prikupljenim podatcima (slika 9.).



Slika 9. Sastav prijavljenih proizvedenih i preuzetih količina građevnog otpada za 2014. godinu (izvor podataka: PL-PPO 2014; ROO 2015)

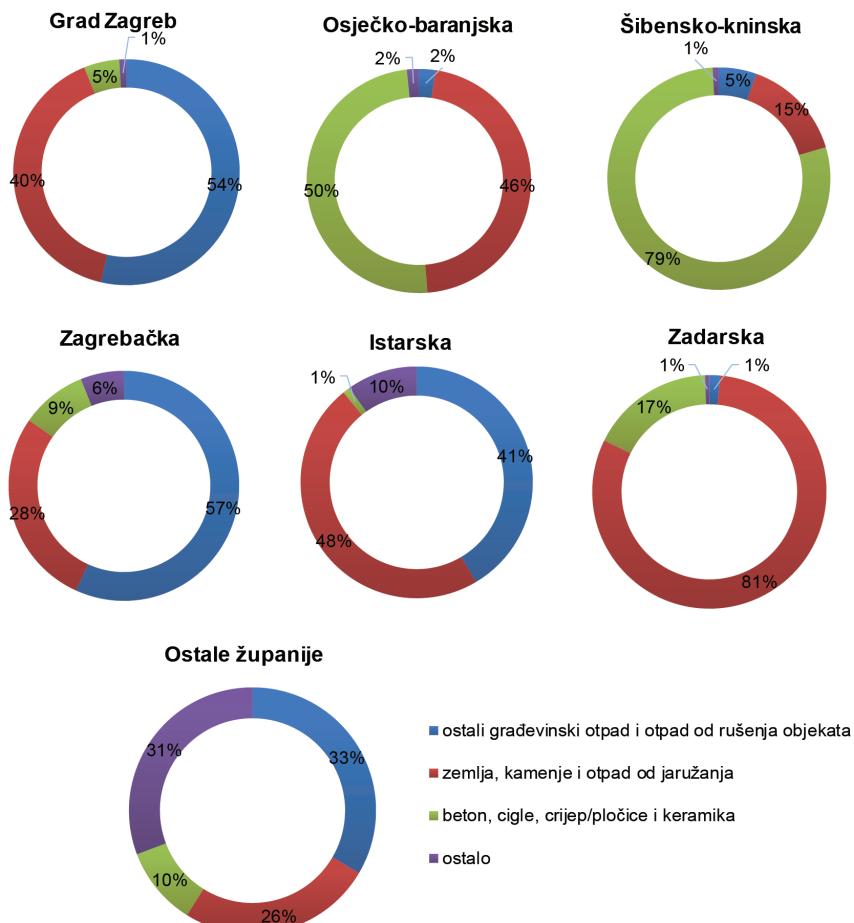
3.1 Količine građevnog otpada po županijama

Količine prijavljenog proizведенog otpada razlikuju se po županijama, što zasigurno ovisi o opsegu i vrsti građevnih radova u pojedinoj županiji. Podatci za 2014. godinu pokazuju da je ukupno 69 % građevnog otpada proizvedeno u sljedećim županijama: Grad Zagreb (31 %), Šibensko-kninska (15 %), Osječko-baranjska (10 %), Istarska (8 %) i Zadarska županija (5 %) (slika 10.).



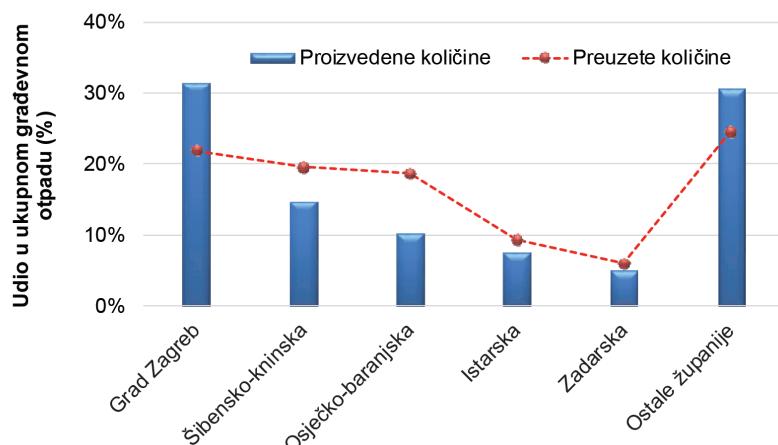
Slika 10. Proizvedene količine građevnog otpada po županijama za 2014. godinu (izvor podataka: PL-PPO 2014; ROO 2016) [12]

Na slici 11. prikazan je udio proizvedenog građevnog otpada po sastavu za županije čiji je udio u ukupno građevnom otpadu u 2014. godini bio veći od 5 %. Zanimljivo je primijetiti da, iako ukupno gledano, metali čine najveći dio proizvedenog otpada, situacija je različita u pojedinačnim županijama. Tako u Gradu Zagrebu najveći dio građevnog otpada čini tzv. miješani otpad, dok u Osječko-baranjskoj i Šibensko-kninskoj županiji najveći dio čini beton. U svim ostalim županijama, ukupno gledano, najveći udio u otpadu čini zemlja, kamenje i otpad od jaružanja.



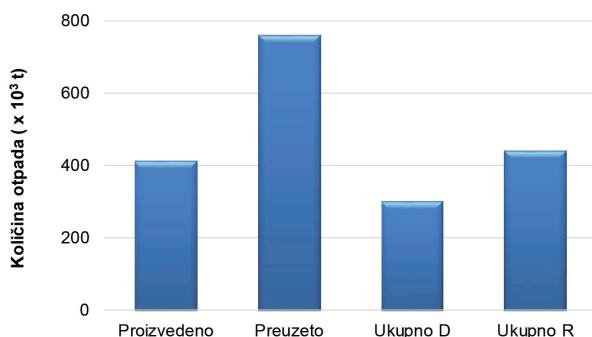
Slika 11. Sastav proizvedenih količina građevnog otpada po županijama i ključnom broju za 2014. godinu (izvor podataka: PL-PPO 2014; ROO 2015)

Analiza količina proizvedenog i preuzetog građevnog otpada po županijama potvrđuje nedostatak prikladnih postupaka za praćenje slijeda otpada. Primjerice, količine proizvedenog i preuzetog otpada u 2014. godini pokazuju da je u gotovo svim županijama količina preuzetog otpada bila veća od prijavljene proizvedene količine (slika 12.).



Slika 12. Usporedba proizvedenih i preuzetih količina građevnog otpada po županijama za 2014. godinu (izvor podataka: PL-PPO i PL-OPKO)

Na razini Republike Hrvatske iz sastava prijavljenih proizvedenih i preuzetih količina građevnog otpada za 2014. godinu utvrđeno je da su preuzete količine građevnog otpada u prosjeku 40 % veće od proizvedenih količina (slika 13.). Pritom analize načina postupanja s otpadom pokazuju da je udio recikliranja nerealno visok s obzirom na to što je za sve kategorije otpada osim za zemlju količina recikliranog otpada veća od količine otpada koji se odlaze.

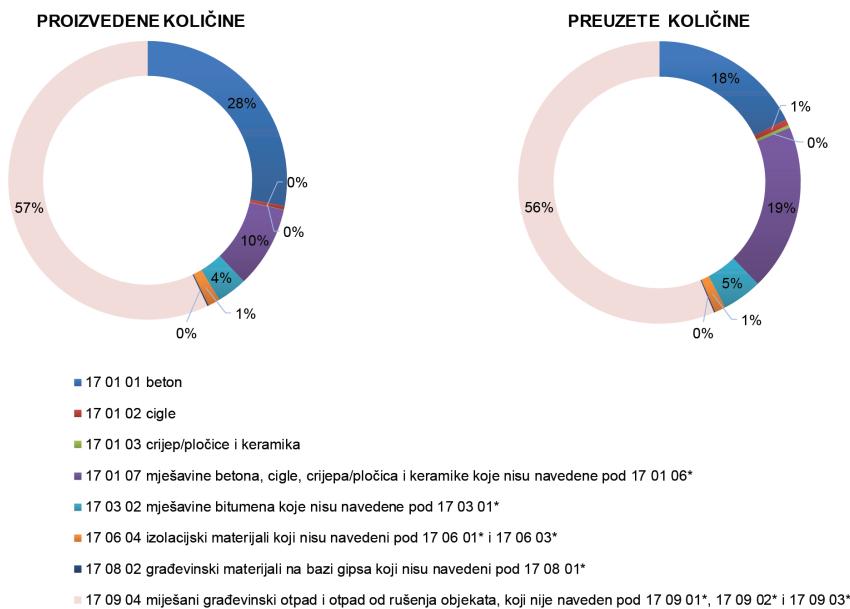


Slika 13. Usporedba prijavljenih proizvedenih i preuzetih ukupnih količina građevnog otpada te udjela D i R postupaka (izvor podataka: PL-PPO i PL-OPKO obrasci za 2014 godinu; ROO 2016)

3.2 Mineralni građevni otpad

Mineralne sirovine se najčešće definiraju kao prirodne nakupine minerala ili spojeva koji se mogu koristiti u gospodarske svrhe, pa ih je uobičajeno grupirati prema upotrebnim svojstvima na metalne, nemetalne i energetske mineralne sirovine [13].

U građevnom otpadu neopasni mineralni otpad uključuje beton, opeku, crijepljep, keramiku, staklo, zemlju i kamenje, iskopanu zemlju, građevne materijale na bazi gipsa i slično. Radi se o materijalu koji najlakše pronalazi svoju ponovnu primjenu u građevnom sektoru i ima najveći potencijal za uporabu. U 2014. godini u Republici Hrvatskoj ukupno je prijavljeno 164.761,59 tona neopasnog mineralnog otpada čiji je sastav po ključnim brojevima prikazan na slici 14. Uspoređujući prijavljene proizvedene i preuzete količine neopasnog mineralnog otpada za 2014. godinu vidljivo je da je u ovoj skupini proizvedeno i preuzeto najviše miješanog građevnog otpada i otpada od rušenja objekata pod ključnim brojem 17 09 04.

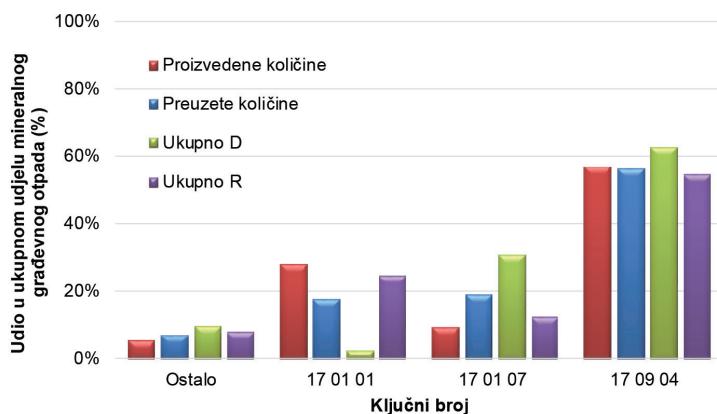


Slika 14. Proizvedene i preuzete količine neopasnog mineralnog građevnog otpada u 2014. godini (izvor podataka: PL-PPO obrazac za 2014. godinu; ROO 2016)

Ako se uzme u obzir da je preuzeta količina građevnog otpada u 2014. godini bila 761.311,58 t, tada se može zaključiti da neopasni mineralni građevni otpad čini približno 39 %, a zemlja, kamenje i iskop (neopasni otpad) 42 % ukupno preuzete količine otpada. Ako se tome pridodaju i metali (uključujući njihove legure), tada ove 3 skupine otpada zajedno čine 97 % ukupno preuzete količine otpada [12].

Iste godine prijavljeno je odlaganje 88.336,84 t neopasnog mineralnog građevnog otpada, od čega 98 % postupkom D1 (odlaganje otpada u ili na tlo). Od ukupne količine neopasnog mineralnog građevnog otpada koja je odložena u 2014. godini, najveći dio činio je otpad

pod ključnim brojem 17 09 04 miješani građevni otpad i otpad od rušenja objekata (63 %) te 17 01 07 mješavine betona, cigle, crijepa/pločica i keramike (31 %). Zemlje kamenja i iskopa odloženo je postupkom D1 ukupno 201.308,92, t što je 16 % više nego 2013. godine. U 2014. godini oporabljeno je 198.009,23 t neopasnog mineralnog građevnog otpada te 73.960,64 t zemlje, kamenja i iskopa. Na slici 15 je prikazana raspodjela udjela pojedinog otpada prema ključnom broju u ukupnom mineralnom građevnom otpadu, a u kategoriji ostalo su prikazane one vrste otpada čiji je ukupni udio manji od 5 % (17 01 02, 17 01 03, 17 03 02, 17 06 04, 17 08 02). Od neopasnog mineralnog građevnog otpada oporabljeno je najviše otpada pod ključnim brojevima 17 09 04 miješani građevni otpad i otpad od rušenja objekata (55 %) i 17 01 01 beton (25 %). Iz prikazanih podataka može se vidjeti da se otpad koji se odvaja na mjestu nastanka (npr. beton ili cigle) većinom oporabljuje, dok se miješani otpad dijelom odlaže (ovisno o vrsti otpada 20 - 50 %,), a dijelom oporabljuje.



Slika 15. Količine neopasnog mineralnog građevnog otpada u 2014. godini prema postupcima (D) i (R)

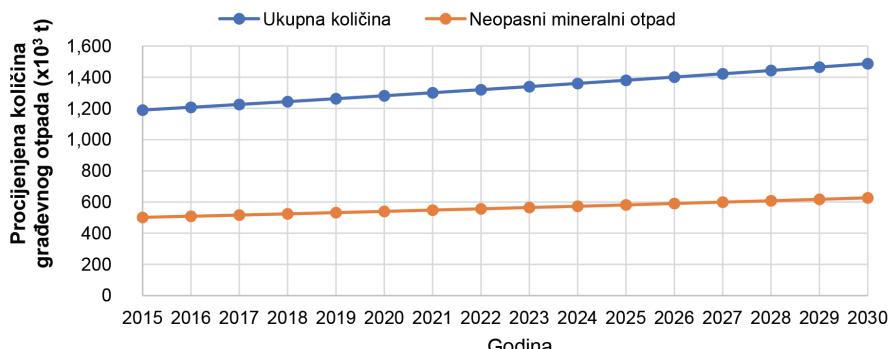
3.3 Projekcije nastanka građevnog otpada do 2030. godine

U svrhu procjene količine građevnog otpada (ključni broj 17), provedeno je statističko istraživanje [14] koje je obuhvačalo pripremu i distribuciju upitnika tvrtkama i obrtima s glavnim djelatnošću F Građevinarstvo po NKD 2007. Kako bi se dobio reprezentativni uzorak za statističku procjenu, tvrtke su podijeljene prema prihodima na ukupno 12 razreda te je za svaki razred, osim za tvrtke koje nisu imale prihoda u 2015. godini (kojih je bilo ukupno 2011), odabранo 60 e-mail adresa na koje su poslani upitnici. Upitnici su slani pojedinačno svakoj tvrtki ili obrtu kako bi se mogao pratiti njihov odaziv prema prihodima. Za tvrtke s najvišim prihodima (njih 498) upitnik je poslan na ukupno 30 adresa, jer je dio njih već ispunio podatke u ROO-u. Sveukupno, upitnik je poslan na 630 adresa.

Po završetku roka za ispunjavanje upitnika, prikupljeno je 196 odgovora putem elektroničke ankete. Za procjenu ukupnih količina proizведенog otpada korištena je metoda uzorka [15]. Uzorak je dobiven spajanjem količina proizведенog otpada prikupljenih putem (elektroničke) ankete i količina proizведенog otpada tvrtki koje su prijavile otpad u ROO 2015. godine.

Na osnovi navedenog uzorka procjenjuje se ukupna količina nastalog građevnog otpada po traženim ključnim brojevima, posebno za velike, srednje i male tvrtke/ obrte.

Uvezši u obzir postojeću regulativu u području gospodarenja građevnim otpadom te pokazatelje Državnog zavoda za statistiku o vrijednosti izvršenih građevnih radova, u idućem periodu ne očekuje se značajan porast količina građevnog otpada, pa se za procjenu do 2030. uzela godišnja stopa rasta u iznosu od 1,5 %. Prema projekcijama, ukupna količina građevnog otpada u 2015 godini iznosi 1.189.316 t, dok se količina neopasnog mineralnog građevnog otpada za isti period procjenjuje na 501.131. Projekcija količina proizvedenog građevnog otpada do 2030. godine prikazana je na slici 16.



Slika 16. Projekcija količina proizvedenog građevnog otpada do 2030. godine [14]

3.4 Izračun stope recikliranja za građevni otpad sukladno zahtjevima okvirne direktive o otpadu (Direktiva 2008/98/EZ) i Odluke Komisije 2011/753/EU

Prema Odluci komisije od 18. studenog 2011. o utvrđivanju pravila i metoda izračuna za provjeru usklađenosti s ciljevima utvrđenim u članku 11. stavku 2. Direktive 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća [16] za izračun cilja utvrđenog u članku 11. stavku 2. točki (b) Direktive 2008/98/EZ s obzirom na građevni otpad i otpad od rušenja, države članice primjenjuju metodu izračuna određenu u Prilogu III. ove Odluke. Stopa oporabe građevnog otpada i otpada od rušenja određuje se prema sljedećem izrazu:

$$\text{Stopa oporabe} [\%] = \frac{\text{Bitna opoprabljena količina}}{\text{Ukupna količina proizvedenog otpada}} \quad (1)$$

Uzimajući u obzir samo one vrste građevnog otpada pod ključnim brojem 17 koje definira Odluka Komisije 2011/753/EU i procijenjenu količinu proizvedenog građevnog otpada za 2015. godinu, slijedi da je stopa oporabe 63,3%. Ako se promatra samo mineralni neopasan građevni otpad (bez metala i legura i bez drva, stakla i plastike), tada je prema izrazu (1) moguće odrediti stopu oporabe neopasnog mineralnog građevnog otpada koja iznosi 54,8%, a kada bi se uzeli u obzir svi ključni brojevi, tada bi stopa oporabe iznosila 39,8%.

Relativno velika stopa oporabe dijelom se može objasniti time da se za pojedine županije (npr. Splitsko-dalmatinsku) nije mogla kvalitetno procijeniti količina građevnog otpada, obzirom na slab odaziv na anketu i malu prijavljenu količinu proizvedenog otpada u ROO.

U dalnjim istraživanjima preporuča se provesti kontrolu na terenu u onim županijama u kojima postoji nesklad između prijavljenih količina građevnog otpada u ROO i vrijednosti izvršenih radova prema podatcima Državnog zavoda za statistiku.

4 Povjerenje u kvalitetu recikliranog agregata

Prethodno prikazani podatci pokazuju da postoji značajan potencijal za primjenu recikliranog agregata u Republici Hrvatskoj. Međutim, da bi se osigurala primjena važno je da materijal zadovolji propisane zahtjeve. U Republici Hrvatskoj prepoznate su i u praksi već primijenjene norme koje propisuju zahtjeve za primjenu recikliranog agregata u betonu. No, jedan od novijih izazova u gospodarenju građevnim otpadom i otpadom od rušenja jest usklađivanje prakse s Protokolom EU-a za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja (dalje u tekstu: Protokol) [17] koji je donesen s ciljem povećanja povjerenja u kvalitetu recikliranog materijala kroz povjerenje u proces gospodarenja građevnim otpadom i otpadom od rušenja. Slijedi kratak pregled zahtjeva za reciklirani agregat za primjenu u betonu te osnovne smjernice Protokola uz osvrt na usklađenost zakonodavstva i prakse u Republici Hrvatskoj sa smjernicama Protokola.

4.1 Zahtjevi za reciklirani agregat za primjenu u betonu

Prilog E norme HRN EN 206 [18] koja se odnosi na beton, daje preporuke za upotrebu krunog recikliranog agregata ($d \geq 4 \text{ mm}$) u skladu s HRN EN 12620 [19]. Za sitni reciklirani agregat nema preporuka u ovoj normi. Najveći postotak zamjene krupnog agregata recikliranim prikazan u tablici 3. Tip A recikliranog agregata iz poznatog izvora može se koristiti u razredima okoliša za koje je projektiran originalni beton s najvećim postotkom 30 %. Tip B recikliranog agregata ne smije se koristiti u betonima razreda čvrstoće veće od $> C30/37$. Preporuke za ispitivanje svojstava krupnog recikliranog agregata za primjenu u betonu prema HRN EN 12620 prikazane su u tablici 4.

Tablica 3. Najveći postotak zamjene krupnog agregata s recikliranim (maseni %) prema HRN EN 206

Vrsta recikliranog agregata	Razredi izloženosti			
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	Svi drugi razredi izloženosti
Tip A	50 %	30 %	30 %	0 %
Tip B	50 %	20 %	0 %	0 %

Tablica 4. Preporuke za ispitivanje krupnog recikliranog agregata prema HRN EN 12620

Svojstvo ^a	Tip	Razred prema HRN EN 12620
Udio sitnih čestica	A + B	Potrebno je deklarirati razred ili vrijednost
Indeks plosnatosti	A + B	$\leq F_{I_{50}}$ ili $\leq S_{I_{55}}$
Otpornost na drobljenje	A + B	$\leq L_{A_{50}}$ ili $\leq S_{Z_{32}}$
Gustoća zrna, ρ_{rd}	A	$\geq 2100 \text{ kg/m}^3$
	B	$\geq 1700 \text{ kg/m}^3$
Upijanje vode	A + B	Potrebno je deklarirati vrijednost
Sastojci ^b	A	$R_{C90}, R_{Cu95}, R_{b10}, R_{a1}, FL_2, X_{Rg1}$
	B	$R_{C50}, R_{Cu70}, R_{b30}, R_{a5}, FL_2, X_{Rg2}$
Udio sulfata topljivog u kiselini	A + B	$SS_{0,2}$
Udio klorida topljivih u kiselini	A + B	Potrebno je deklarirati vrijednost
Utjecaj na početak vezivanja	A + B	$\leq A_{40}$

^a razred NR (nema zahtjeva) primjenjuje se za sva ostala svojstva koja nisu navedena u ovoj tablici za koja se razred NR može deklarirati prema HRN EN 12620

^b za posebne namjene kada se zahtjeva visoka kvaliteta završne površine, FL treba ograničiti na razred $FL_{0,2}$.

Norma HRN EN 12620 definira razrede recikliranog agregata koji se razlikuju ovisno o glavnim sastojcima u agregatu:

Rc: beton, betonski proizvodi, mort, betonski zidni blokovi

Ru: nevezani agregat, prirodni kamen, hidraulički vezan agregat

Rb: opečni elementi za zidanje, vapneno silikatni elementi za zidanje, aerirani beton

Ra: bitumenski materijali

FL: lebdeći materijali

X Drugi materijali:

- kohezivni materijali (glina, humus)
- metali (željezni i neželjezni)
- neplutajuće drvo, plastika, guma
- gipsane žbuke

Rg: staklo.

Udio pojedinih materijala u krupnom recikliranom agregatu određuje se prema HRN EN 933-11 [20] i zatim se svrstava u određeni razred prema HRN EN 12620. Prema normi HRN EN 206, preporučuje se također pri primjeni recikliranog agregata uzeti u obzir skupljanje od sušenja, puzanje i modul elastičnosti betona.

4.2 Protokol EU-a za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja

Protokol EU-a za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja donijela je Europska komisija u rujnu 2016. godine kao neobvezujuće smjernice industriji s ciljem povećanja povjerenja u kvalitetu recikliranog materijala. Postizanje cilja predviđa se kroz povećanje povjerenja u proces gospodarenja građevnim otpadom i otpadom od rušenja, a dane smjernice odnose se na:

- poboljšanje identifikacije otpada, odvajanje otpada na mjestu nastanka i njegovo prikupljanje
- poboljšanje logistike otpada
- poboljšanje obrade otpada (postupanje s otpadom)
- upravljanje kvalitetom
- donošenje odgovarajućih politika i okvirnih uvjeta gospodarenja otpadom.

Protokol je usklađen s europskom strategijom Graditeljstvo 2020 [21], Komunikacijama i prilikama za učinkovito iskorištavanje resursa u građevnom sektoru [22] te je i dio usvojenog Kružnog gospodarstva [23] predstavljenog od strane Europske komisije u prosincu 2015. godine. Općenito, proces gospodarenja građevnim otpadom u Protokolu opisan je shematski kao na slici 17.

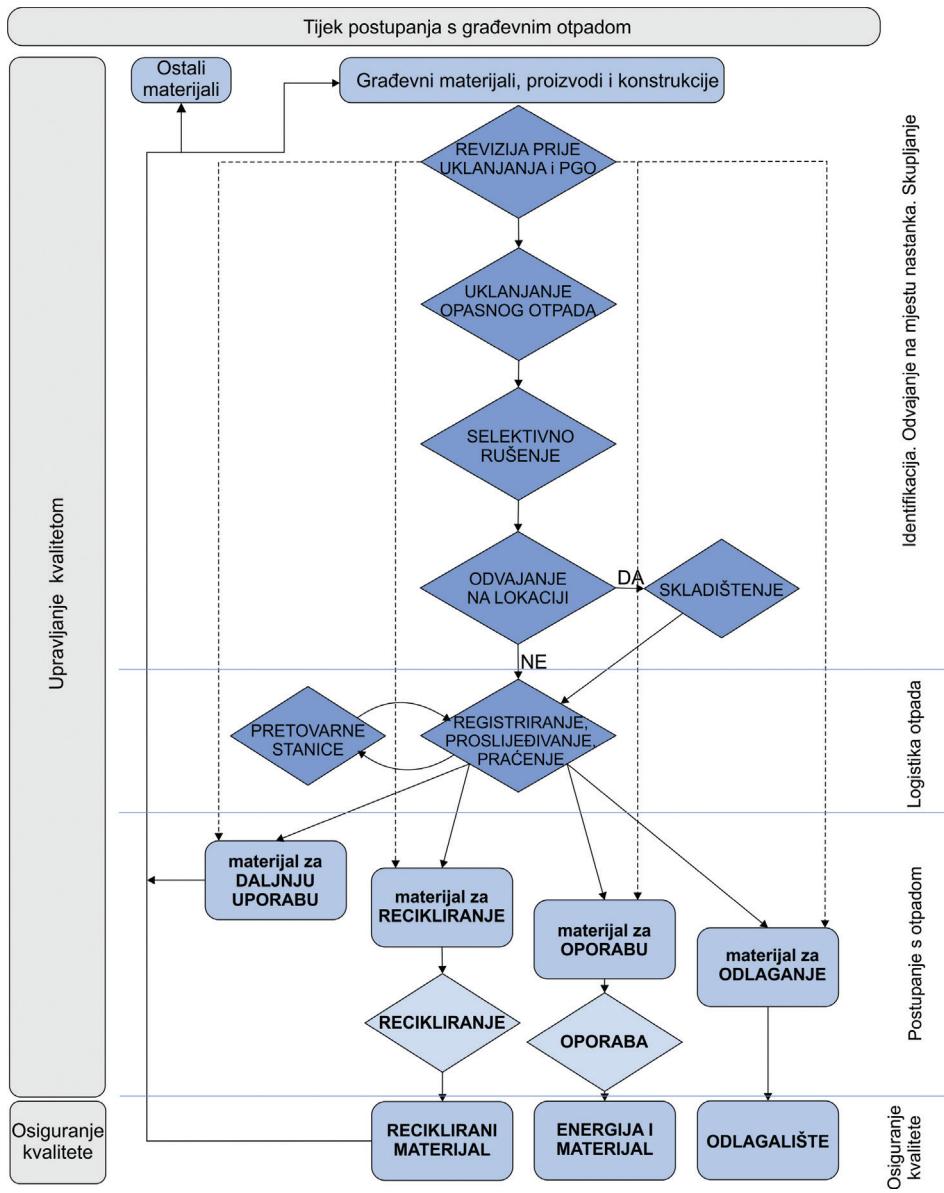
4.2.1 Identifikacija, odvajanje na mjestu nastanka i skupljanje otpada

Identifikacija, odvajanje na mjestu nastanka i skupljanje otpada prva su karika u lancu gospodarenja građevnim otpadom. Protokol predlaže da u svrhu identifikacije otpada kvalificirani stručnjak provede reviziju prije uklanjanja ili renoviranja (engl. *Pre-demolition Audit*) kojom bi se:

- utvrdilo koje vrste otpada/materijala i u kojim količinama postoje
- definirao način postupanja s otpadom, u smislu definiranja koji se materijali trebaju odvajati na mjestu nastanka, koji materijali se mogu ili ne mogu ponovno upotrijebiti ili reciklirati te način postupanja s opasnim i neopasnim otpadom.

Naravno, ne bi trebale sve građevine podlijegati obvezi provedbe revizije prije uklanjanja te se predlaže da tijela javne vlasti odrede prag za provedbu revizije. Primjerice, u Austriji je definirano da se revizija provodi za građevine za koje se procjenjuje da će uklanjanjem nastati 100 t ili 3.500 m³ građevnog otpada.

Protokol isto tako predlaže da se nakon revizije prije uklanjanja izradi i plan gospodarenja otpadom kojim će se opisati faze rušenja, tko će ih izvoditi, koje materijale treba odvojeno skupiti na mjestu nastanka, kamo i kako će se odvesti, što će se i kako reciklirati, ponovno uporabiti i koju će naknadnu obradu biti potrebno primijeniti. U planu gospodarenja otpadom potrebno je i definirati mjere zaštite na radu i mjere za smanjenje utjecaja na okoliš. Iznimno važnim se smatra da se sve aktivnosti uklanjanja izvedu u skladu s planom te da izvođač radova evidentira skupljeni otpad i način postupanja s njim, usporedi je s predviđenim vrstama i količinama iz revizije prije uklanjanja, a evidenciju dostavi nadležnim tijelima. Dodatno se predlaže da cijeli proces nadzire lokalno nadležno tijelo ili neka treća neovisna strana.



Slika 17. Shematski prikaz procesa gospodarenja građevnim otpadom

Pogleda li se sadašnja praksa i zakonodavstvo u Republici Hrvatskoj, zaključuje se da navedene zahtjeve u određenoj mjeri pokriva projekt uklanjanja građevine. Projekt uklanjanja izrađuje ovlašteni projektant čime je zadovoljen uvjet kvalificiranosti stručnjaka koji provodi reviziju prije uklanjanja. Nadalje, prema hrvatskom zakonodavstvu [24], propisano je da građevine moraju biti projektirane, izgrađene i uklonjene tako da je uporaba prirodnih izvora održiva, a posebno moraju zajamčiti ponovnu uporabu ili mogućnost reciklaže građevine, njezinih materijala i dijelova nakon uklanjanja te uporabu okolišu prihvatljivih sirovina i sekundarnih materijala u građevinama. Također je definirano da projekt uklanjanja građevine između ostalog sadrži tehnički opis uklanjanja građevine i način gospodarenja građevnim materijalom i otpadom nastalim uklanjanjem građevine i uređenja građevne čestice ili obuhvata zahvata. Praksa pokazuje da se, osim načina gospodarenja otpadom i mjera zaštite okoliša i zaštite na radu, projektom uklanjanja građevine često definiraju i vrste i količine otpada koje će se pojaviti tijekom uklanjanja građevine. Dakle, doradi li se zakonska regulativa, projekt uklanjanja mogao bi zadovoljiti ulogu revizije prije uklanjanja i plana gospodarenja otpadom.

Vezano za evidenciju skupljenog otpada, način postupanja s njim i informiranje nadležnih tijela, važno je pozvati se na postojeće zakonodavstvo iz područja gospodarenja otpadom i zaštite okoliša koje proizvođaču otpada propisuje obvezu vođenja očevidnika o nastanku i slijedu otpada [1] te obvezu dostave podataka o nastanku i gospodarenju otpadom u Registar onečišćavanja otpada [6]. Iako Protokolom nije jasno definirana učestalost informiranja nadležnih tijela u smislu trebaju li se nadležnim tijelima podaci dostavljati istovremeno s nastankom otpada, odmah po završetku radova uklanjanja ili npr. jednom mjesечно ili godišnje, hrvatsko zakonodavstvo obvezuje dostavu podataka o nastanku i gospodarenju otpadom jednom godišnje za cijelu prethodnu godinu.

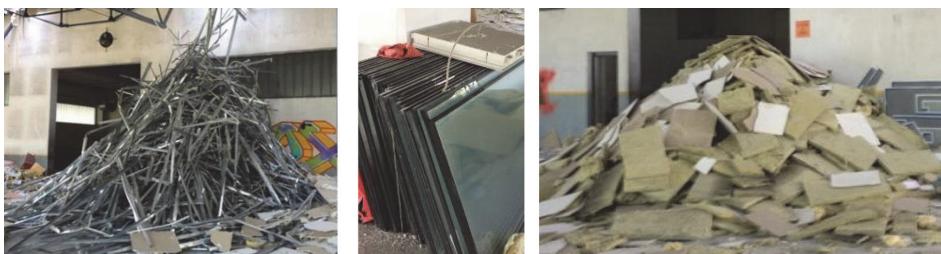
Proces nadzora postupka uklanjanja građevina i gospodarenja otpadom i materijalom nastalim uklanjanjem u Republici Hrvatskoj sada je reguliran institutom inspekcijskih nadzora i stručnog nadzora građenja.

Vezano za aktivnosti odvajanja na mjestu nastanka i skupljanja otpada, Protokol ključnim prepoznaće odvajanje na mjestu nastanka na način da se najprije ukloni i odvojeno prikupi opasni otpad, da se potom pristupi razgradnji građevine i odvajanju ostalih vrsta otpada te da se u konačnici izvodi mehaničko rušenje, odnosno rušenje konstrukcije građevine. Preporučuje se dati prednost postupcima obrade (pripremi za ponovnu uporabu i recikliranje) na lokaciji izvođenja radova uklanjanja, no odluke o takvoj obradi moraju se donositi posebno za svaki slučaj, ovisno o značajkama lokacije. Također, naglašava se potreba smanjenja količine ambalažnih materijala donesenih na gradilište.

Zakonodavstvo i praksa u Republici Hrvatskoj prati Protokolom predviđene smjernice vezano za aktivnosti odvajanja na mjestu nastanka i prikupljanja otpada [1, 5]. Primjer odvojeno skupljenog otpada s lokacije uklanjanja u Republici Hrvatskoj prikazan je na slikama 18. i 19.



Slika 18. Odvojeno skupljeni opasni otpad



Slika 19. Odvojeno skupljeni neopasni otpad

4.2.2 Logistika otpada

Pojam logistike otpada u Protokolu obuhvaća sve aktivnosti vezane za registriranje otpada, pravilno skladištenje otpada, prosljeđivanje/transport otpada na daljnje postupanje i praćenje slijeda otpada. Protokol naglašava važnost očuvanja transparentnosti tijekom svih faza gospodarenja otpadom te ukazuje na potrebu ojačanja mehanizama evidentiranja i sljedivosti otpada uspostavom elektroničkih registara u državama članicama Europske unije. Osim toga, bitno je osigurati integritet materijala, od trenutka demontaže do recikliranja, čemu značajno doprinosi pravilno skladištenje materijala/otpada na samoj lokaciji. Preporučuje se i primjena pretovarnih stanica za otpad kada god je to moguće kao i poštivanje načela blizine u odnosu na postrojenja za razvrstavanje i recikliranje otpada.

Praksa i zakonodavstvo u Republici Hrvatskoj načelno prate ove smjernice dane Protokolom. Tako Zakon o održivom gospodarenju otpadom [1] jasno ističe da se gospodarenje otpadom temelji na uvažavanju načela zaštite okoliša propisanih zakonom kojim se uređuje zaštita okoliša i pravnom stečevinom Europske unije, između ostalih na načelu blizine i načelu sljedivosti. Zakon također propisuje obvezu odvojenog skupljanja otpada, vođenje očevidnika o nastanku i slijedu otpada, evidentiranje svake pošiljke otpada u pratećem listu za otpad i sl. Značajno je istaknuti i da je upravo u fazi uspostava informacijskog sustava gospodarenja otpadom koji će omogućiti komunalnim društvima i gospodarskim subjektima koji posjeduju dozvolu za gospodarenje otpadom vođenje elektroničkog očevidnika nastanka i slijeda otpada (e-ONTO) putem mrežne aplikacije.

4.2.3 Postupanje s otpadom

Postupanje s otpadom kako je opisano u Protokolu podrazumijeva aktivnosti obrade otpada, pripreme za ponovnu uporabu, recikliranja i oporabe otpada. Pri provođenju ovih aktivnosti potrebno je uzeti u obzir hijerarhiju gospodarenja otpadom koja daje prednost ponovnoj uporabi materijala, potom recikliranju i oporabi (materijalnoj i energetskoj) otpada, a kao najmanje poželjno smatra se odlaganje otpada.

Protokol naglašava da je potrebno promicati pripremu za ponovnu uporabu jer se na taj način izbjegavaju dodatni utjecaji na okoliš koje sa sobom nosi obrada otpada, ali je istovremeno potrebno i uspostaviti tržiste za te materijale.

Vezano za recikliranje građevnog otpada u Protokolu se ističe važnost dobrog planiranja građevnih radova i povezanih postupaka gospodarenja otpadom na gradilištu kao preduvjet za visoke stope recikliranja i visoku kvalitetu recikliranih proizvoda. Protokol ne daje prednost određenoj lokaciji recikliranja, već samo navodi da se recikliranje može provoditi na lokaciji gradilišta ili izvan lokacije u reciklažnom postrojenju. U izrazito gusto naseljenim područjima posebno treba promicati recikliranje građevnog otpada i otpada od rušenja jer su ponuda i potražnja geografski blizu.

Pod oporabom otpada u Protokolu se definira materijalna i energetska oporaba otpada. Pri tome se kao jedan od primjera materijalne oporabe građevnog otpada i otpada od rušenja navodi nasipavanje. Ono može biti korisno u određenim slučajevima kada nije moguća ponovna uporaba ili recikliranje za kvalitetniju primjenu, no ističe se da je nasipavanje najmanje poželjan oblik oporabe otpada. Isto tako, naglašava se da prije nasipavanja treba provesti određenu obradu građevnog otpada kako bi se izbjegli nepoželjni utjecaji na okoliš. S druge strane, vezano za energetsku oporabu otpada, Protokol prepoznaje interes za upotrebu određenih tokova građevnog otpada i otpada od rušenja kao goriva iz otpada (tzv. RDF, što je pokrata za engl. *Refused Derived Fuel*). Radi se o onečišćenom drvu i drvnim proizvodima koji nisu prikladni za ponovnu uporabu i recikliranje, plastici, organskim izolacijskim materijalima te hidroizolacijskim membranama na bazi bitumena.

I za ovaj dio Protokola načelno se može reći da dobro prati postojeću praksu u Republici Hrvatskoj. Zakon o održivom gospodarenju otpadom [1] utvrđio je red prvenstva gospodarenja otpadom kako slijedi: sprječavanje nastanka otpada, priprema za ponovnu uporabu, recikliranje, drugi postupci oporabe (npr. energetska oporaba) i odlaganje otpada. Pravilnik koji uređuje gospodarenje građevnim otpadom [5] detaljno je razradio način obveznog postupanja vlasnika i posjednika građevnog otpada navodeći obvezu izdvajanja od otpada tvari, materijala i građevnih proizvoda koji se mogu ponovno koristiti za istu svrhu odnosno za namjeravanu uporabu za koju su proizvedeni i to bez postupka oporabe, što uključuje i postupak pripreme za ponovnu uporabu. Također je propisao da je posjednik neopasnog mineralnog građevnog otpada dužan s njime postupati na način da se osigura odgovarajuća oporaba takvoga otpada, sukladno Zakonu, te u mjeri u kojoj je to izvedivo omogući pripremu za ponovnu uporabu i ukidanje statusa otpada. Isto tako, uspostavljen je i zakonodavni okvir vezano za termičku obradu otpada [1, 25] kojim su propisani način i uvjeti rada, uvjeti za početak i prekid rada postrojenja za spaljivanje i suspaljivanje, način ulazne kontrole otpada, način zaštite zraka, tla i voda te način gospodarenja ostatnim otpadom u postrojenju za spaljivanje i suspaljivanje otpada i posebni uvjeti za ostale postupke termičke obrade

otpada. Međutim, iako postoje određene zakonske podloge za održivo gospodarenje građevnim otpadom, u praksi se pokazuje da se nedovoljno potiče upravo takvo gospodarenje otpadom. Ozbiljni i odgovorni izvođači radova uklanjanja u određenoj mjeri uspijevaju osigurati obradu i uporabu mineralnog građevnog otpada (slika 20), no teško osiguravaju primjenu takvog materijala u proizvodima više dodane vrijednosti. Stoga je, suprotno od preporuka iz Protokola, nasipavanje najčešći oblik materijalne uporabe mineralnog građevnog otpada u Republici Hrvatskoj (slika 20).

Vezano za energetsku uporabu građevnog otpada, prema službenim podacima Hrvatske agencije za zaštitu okoliša i prirode, samo jedan gospodarski subjekt u Republici Hrvatskoj posjeduje dozvolu za spaljivanje i suspaljivanje otpada iz kategorije građevnog otpada.



Slika 20. Mobilno postrojenje za recikliranje građevnog otpada (lijevo), reciklirani agregat (sredina) i primjena recikliranog agregata (desno)

4.2.4 Osiguranje kvalitete

Kako je već rečeno, Protokol EU-a za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja donesen je s ciljem povećanja povjerenja u procese gospodarenja građevnim otpadom i otpadom od rušenja. Stoga se kao bitan korak prema povećanju povjerenja u procese i u kvalitetu recikliranih materijala iz otpada u Protokolu ističe upravljanje kvalitetom te se promiče osiguranje kvalitete primarnih procesa (od lokacije rušenja do logistike i postupanja s otpadom) i pružanje pouzdanih i točnih informacija o svojstvima recikliranih ili ponovno upotrijebljenih proizvoda. Osiguranje kvalitete primarnih procesa sažeto je prikazano u tablici 5.

Tablica 5. Mjere upravljanja kvalitetom u različitim fazama procesa gospodarenja otpadom

Faza procesa	Mjere upravljanja kvalitetom
Identifikacija, odvajanje na mjestu nastanka i skupljanje otpada	<ul style="list-style-type: none"> Primijeniti ozbiljan pristup i provesti reviziju prije rušenja kako bi se identificirale sve vrste otpada, a posebno opasni otpad koji se treba pravilno ukloniti prije samog rušenja. Provesti selektivno rušenje odvajajući različite vrste otpada. Provesti identifikaciju i odvajanje opasnog otpada te osigurati pravilno skladištenje otpada.
Prijevoz otpada	<ul style="list-style-type: none"> Građevni otpad i otpad od rušenja prevoziti na zakonit i siguran način, bez nanošenja šteta okolišu ili izlaganja riziku zdravlja radnika. U slučaju prijevoza opasnog otpada voditi računa o posebnim odredbama koje uključuju izjavu o opasnom otpadu. Svaku pošiljku otpada treba pratiti obrazac za identifikaciju (prateći list za otpad) Osigurati da prijevoz obavlja registrirani i odobreni prijevoznik.
Postupanje s otpadom	<ul style="list-style-type: none"> Primijeniti pravilne procedure prilikom prihvata otpada (na lokaciji recikliranja/nasipavanja). Provoditi kontrolu svake pošiljke otpada na (provjera popratnih dokumenata i stvarno isporučenog otpada) Provoditi kontrolu tvorničke proizvodnje u skladu s propisima koji uređuju građevne proizvode. Pratiti zadovoljava li otpad kriterije prihvatljivosti. Propisati učestalost uzorkovanja i provoditi ga u skladu s propisanim. Koristiti institut ukidanja statusa otpada ako postoje propisani kriteriji u državi članici. Voditi evidenciju o mjestu primjene (proizvodu/ infrastrukturi) recikliranih agregata.

U lancu osiguranja kvalitete konačnog proizvoda Protokol važnim smatra i pružanje pouzdanih i točnih informacija o svojstvima recikliranih ili ponovno upotrijebljenih proizvoda. Stoga se u ovom dijelu naglasak stavlja na provjeravanje kvalitete recikliranih materijala. Načelno, ta provjera podrazumijeva postupke certifikacije, akreditacije, označavanja i obilježavanja sukladno usklađenim europskim normama.

Za reciklirane materijale iz građevnog otpada i otpada od rušenja primjenjuju se europske norme za građevne proizvode, ako su njima obuhvaćeni. Za građevne proizvode koji su obuhvaćeni usklađenim europskim normama (hEN-ovi) postoji obveza izdavanja izjave o svojstvima i označavanja oznakom CE te se Protokolom predlaže primjena ovih alata i za reciklirane materijale iz građevnog otpada kako bi se povećala transparentnost. U slučajevima kada nije moguće primijeniti europske norme za proizvode, predlaže se primjena europskih tehničkih ocjena ili drugih sustava osiguranja kvalitete.

Zakonodavstvo u Republici Hrvatskoj usklađeno je sa svime navedenim u ovom poglavlju Protokola te se poziva da se za reciklirane materijale iz građevnog otpada i otpada od rušenja primjenjuju europske norme za građevne proizvode ako su njima obuhvaćeni.

Međutim, ovdje je važno istaknuti da je cijeli sustav osiguranja kvalitete građevnog proizvoda orientiran na kvalitetu proizvoda u pogledu njegovih svojstava za buduću primjenu. S obzirom na to da su norme rađene za nove proizvode, proizvedene od prirodnih materijala,

nije potrebno sagledati njihov utjecaj na okoliš. Ipak, kada se radi o recikliranom materijalu, okolišni kriteriji (u smislu dokazivanja da materijal nije štetan za okoliš) postaju bitnim mjerilom kvalitete materijala. Protokol, ali i zakonodavstvo na razini cijele Europske unije, niti jednim propisom nisu jasno definirali okolišne kriterije za primjenu recikliranog materijala, odnosno za ukidanje statusa recikliranom materijalu. Stoga se otklanjanje ovog nedostatka smatra značajnim korakom prema osiguranju kvalitete recikliranog materijala.

Naposljetku, kako je i u uvodnom tekstu samog Protokola navedeno, Protokol EU-a za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja razvijen je u određenom razdoblju i potrebno ga je preispitivati uzimajući u obzir nove tehnološke i političke napretke i prakse.

5 Zaključak

Recikliranje materijala iz građevnog otpada i otpada od rušenja predstavlja područje s jednim od najvećih prirasta u gospodarenju krutim otpadom. Mnogi materijali iz građevnog otpada kao što su beton, opeka, crijeplji i metali prikladni su za recikliranje i ponovnu upotrebu. Pri tome je bitno odvajanje otpada na mjestu njegova nastanka čime se sprječava onečišćenje s drugim tvarima te mu se time povećava vrijednost. Izbor između drobljenja i sortiranja na gradilištu i izvan njega ipak ovisi o mnogim faktorima, a to su primjerice prostor i vrijeme raspoloživi na mjestu rušenja, dostupnost strojeva te udaljenost od gradilišta do centralnog pogona za reciklažu. Na razvijanje sustava gospodarenja građevnim otpadom veliki utjecaj imaju smanjenje raspoloživog prostora na odlagalištima i povećanje troškova upravljanja otpadom. Ispravno upravljanje građevnim otpadom pridonosi smanjenju nastalih količina otpada, a reciklirani materijal omogućuje građevnim tvrtkama smanjenje troškova samog građevnog materijala te troškova odlaganja, uz veliki doprinos očuvanju okoline. Prema tome, potrebno je potaknuti razvoj tržista recikliranih materijala, odnosno poticati proizvođače i korisnike da upotrebljavaju reciklirane materijale.

Literatura

- [1] Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 94/13 i 73/17
- [2] Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine br. 90/15
- [3] Okvirna direktiva o otpadu (Direktiva 2008/98/EZ), <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098&from=HR>
- [4] Construction and demolition waste management in United Kingdom, V2 - September 2015 (revised 27/1/16), http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW_UK_Factsheet_Final.pdf
- [5] Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest, Narodne novine br. 69/16
- [6] Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša, Narodne novine br. 87/15
- [7] Workshop “Improving management of construction and demolition waste” 25 May 2016, Background paper, <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/cdw/Improving%20management%20of%20CDW%20-%20Workshop%20-%20Background%20paper.pdf>
- [8] Annual Review 2015 - 2016, European Aggregates Association, <http://www.uepg.eu/publications/annual-reviews>

- [9] Projekt LIFE05 TCY/CRO/000114 Development of sustainable construction and demolition waste management system for Croatia, Benchmarking report, Sveučilište u Zagrebu Građevni fakultet, 2006 – 2008.
- [10] Građevinarstvo u 2015, Statistička izvješća, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb 2017.
- [11] Elaborat o posebnim kategorijama otpada, 2013
- [12] Štirmer, N., Baričević, A., Škreb, K.A.: Izvješće o provedbi analize izvora podataka i ocjeni praznina u podacima s preporukama - građevni otpad, projekt Poboljšanje toka i kvalitete podataka o građevnom otpadu i otpadu od istraživanja i eksploatacije mineralnih tvari u Republici Hrvatskoj, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu i Sveučilište u Zagrebu Građevni fakultet, 2016
- [13] Rudarsko geološka studija, Pregled mineralnih sirovina, Istarska županija, https://www.istra-istria.hr/fileadmin/dokumenti/gospodarstvo/2013/Rudarsko_geoloska_studija_IZ/POGLAVLJE_5_PREGLED_MINERALNIH_SIROVINA.pdf
- [14] Štirmer, N., Škreb, K.A.: Procjena količina građevnog otpada i potencijala za njegovo korištenje, projekt Poboljšanje toka i kvalitete podataka o građevnom otpadu i otpadu od istraživanja i eksploatacije mineralnih tvari u Republici Hrvatskoj, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu i Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, 2017
- [15] Štirmer, N., Škreb, K.A.: Izvješće o primjeni odabranih metoda - građevni otpad, projekt Poboljšanje toka i kvalitete podataka o građevnom otpadu i otpadu od istraživanja i eksploatacije mineralnih tvari u Republici Hrvatskoj, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu i Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, 2017
- [16] Odluka Komisije 2011/753/EU o utvrđivanju pravila i metoda izračuna za provjeru usklađenosti s ciljevima utvrđenim u članku 11. stavku 2. Direktive 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011D0753&from=HR>
- [17] EU Construction and Demolition Waste Protocol, European Commission, 2016, https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-_en
- [18] HRN EN 206:2016 Beton - Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206:2013+A1:2016)
- [19] HRN EN 12620:2008 Agregati za beton (EN 12620:2002+A1:2008)
- [20] HRN EN 933-11:2009 Ispitivanja geometrijskih svojstava agregata - 11. dio: Određivanje sastojaka krušnoga recikliranog agregata (EN 933-11:2009+AC:2009)
- [21] Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises, COM (2012) 443, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0433:FIN:EN:PDF>
- [22] Communication on Resource Efficiency Opportunities in the Building Sector, COM (2014) 445 final, <http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/SustainableBuildingsCommunication.pdf>
- [23] Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy, COM (2015) 614 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1453384154337&uri=CELEX:52015DC0614>
- [24] Zakon o gradnji, Narodne novine br. 153/13 i 20/17
- [25] Pravilnik o termičkoj obradi otpada, Narodne novine br. 75/2016



Građevni otpad i postupanje s njim tijekom gradnje

Autori:

Eddy Ropac¹

Dragan Blažević¹

Boris Vujašković²

Robert Rašetina²

¹ Društvo građevinskih inženjera
Milana Smokvine Tvrđog 2, Rijeka

² GRD d.o.o.
Mihačeva draga 41, Rijeka

Građevni otpad i postupanje s njim tijekom gradnje

Eddy Ropac, Dragan Blažević, Boris Vujašković, Robert Rašetina

Sažetak

Zakonska i podzakonska regulativa RH propisuje gospodarenje građevnim otpadom. Odrednice gospodarenja propisane su kroz više zakona i pozamašan broj pravilnika u formi koja je često nerazumljiva i nadasve komplikirana. Takav način provedbe pogoduje izbjegavanju planiranja investicijskih troškova za odlaganje otpada, projektiranju i operativnoj provedbi principa održivog gospodarenja građevnim otpadom i njegovim tretmanom od mjesta nastanka do konačnog postupanja na legalnim, licenciranim odlagalištima i reciklažnim dvorištima. Sve to, uz nedovoljnu edukaciju sudionika i nedostatnu kontrolu inspekcijskih službi i komunalnih redarstava, pridonosi stanju da građevni otpad završava na ilegalnim deponijima, štetnim za okoliš, sigurnost i ljudsko zdravlje. Prema osnovnim smjernicama rada na gradilištima, uz pozitivne i negativne primjere, DGI Rijeka i predstavnici reciklažnog dvorišta nastojat će uobičiti posebne uvjete i naputke namijenjene svim sudionicima u gradnji uz izdvojene upute projektantima glede problematike gospodarenja građevnim otpadom, kroz projektnu dokumentaciju i/ili troškovnik radova.

Ključne riječi: otpad, građevni otpad, gospodarenje otpadom, zakon o gradnji

Construction waste and its handling during construction

Abstract

The legal and subordinate regulations of the Republic of Croatia prescribe the management of building waste. Management regulations are prescribed through several laws and a large number of ordinances in a form that is often incomprehensible and overly complex. Such a method of implementation is conducive to avoiding planning of investment costs of waste disposal, design and operational implementation of sustainable waste management principles and its treatment from the point of emergence to final disposal on legal, licensed landfills and recycling yards. Along with the poor training of the participants and the inadequate control of the inspection services and communal offices, this contributes to the condition that construction waste ends up at illegal dumps, which are harmful to the environment, safety and human health. Through examples of basic work site guidelines, along with positive and negative examples, DGI Rijeka and representatives of the recycling yard will try to shape the special conditions and instructions for the treatment intended for all construction participants with separate instructions for designers regarding building waste management issues through project documentation and/or bill of quantities.

Key words: waste, construction waste, waste management, construction law

1 Uvod

Naša zakonska i podzakonska regulativa propisuje sustav, uvjete, ciljeve, obveze i postupke za provedbu gospodarenja građevnim otpadom. Zakonske odredbe su prilično raspršene i uglavnom implementirane u:

- Zakonu o održivom gospodarenju otpadom,
- Zakonu o gradnji,
- Zakonu o rудarstvu,

i pratećim podzakonskim aktima (pravilnicima).

Tematski materijali ističu problematiku postupanja s građevnim otpadom nastalim prilikom rušenja i gradnje. Stoga je Društvo građevinskih inženjera Rijeka u suradnji s predstavnicima reciklažnog dvorišta u Rijeci započelo s pripremama i izradom **Smjernica za postupanje svih sudionika u lancu gospodarenja otpadom** (u daljem tekstu: Smjernice). To se odnosi na investitora, projektanta, revidenta, izvođača i nadzornog inženjera kroz prijedlog opisa troškovničkih stavki za reguliranje nastanka, evidencije i odlaganja građevnog otpada. Time se stvaraju preduvjeti za izradu i donošenje posebnih tehničkih uvjeta za gospodarenje građevnim otpadom.

Komplicirana zakonska regulativa pogoduje izbjegavanju planiranja investicijskih troškova za odlaganje otpada, projektiranju i operativnoj provedbi principa održivog gospodarenja građevnim otpadom i njegovim tretmanom od mjesta nastanka do konačnog postupanja na legalnim, licenciranim odlagalištima i reciklažnim dvorištima. Takvo stanje pogoduje protuzakonitim djelovanjima i sivoj ekonomiji.

Nedovoljna edukacija sudionika u lancu gospodarenja građevnim otpadom te nedostatna kontrola nadležnih inspekcijskih službi i komunalnih redarstava, pridonosi stanju da građevni otpad završava na ilegalnim deponijima, štetnim za okoliš, sigurnost i ljudsko zdravlje.

Građevni otpad općenito treba podijeliti u dvije osnovne skupine: **neopasni i opasni**. Neopasni građevni otpad u načelu možemo podijeliti ovisno o vrsti i porijeklu materijala te načinu nastanka, također u dvije skupine: **proizvodni i tehnološki građevni otpad**.

Zatvaranjem javnih komunalnih odlagališta (krajnji rok zatvaranja 2018.), bit će dokinut do sada jedini legalni način postupanja s građevnim otpadom.

Na principu održivoga gospodarenja otpadom, sadašnji propisi određuju obvezu odvojenog skupljanja, razvrstavanja, obrade i uporabe, odnosno recikliranja. Te se aktivnosti događaju dijelom na gradilištu, a dijelom u prostoru tvrtke koja je ovlaštena za postupanje s neopasnim građevnim otpadom odnosno u reciklažnom dvorištu za građevni otpad.

Sadašnje stanje na terenu te razni nelegalni modeli postupanja s građevnim otpadom, što se nažalost i dalje provodi na ilegalnim, "divljim" odlagalištima, često se kroz stavke radova u troškovnicima radova definiraju "obvezom izvođača radova da materijal ili građevni otpad odlaže na: gradskom deponiju, javnom odlagalištu, deponiju izvođača, internom odlagalištu i sl." što zakonski nije dopušteno.

Nakon šire rasprave, nositelji izrade, DGI Rijeka i predstavnici reciklažnog dvorišta na razumljiv i pregledan bi način dali opće i posebne uvjete sa smjernicama gospodarenja građevnim otpadom i preporuke za primjenu. Osim samog prikaza pojedinačnih obveza i dužnosti svih sudionika u gradnji, Smjernice bi na jednom mjestu sadržavale i pravila postupanja s

građevnim otpadom na gradilištima, naputke projektantima kako pristupiti problemima nastanka, razvrstavanja, odvoza i odlaganja građevnog otpada, a sve kroz projektnu dokumentaciju odnosno preporuke za izradu opisa i troškovnika radova. Time bi se dobio dokument usklađen sa sadašnjom zakonskom i podzakonskom regulativom.

2 Osvrt na zakonsku regulativu vezanu za građevni otpad

2.1 Opća polazišta

- Direktiva 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o otpadu i ukidanju određenih direktiva propisuje ciljeve za ponovnu uporabu i recikliranje,
- Protokol EU-a za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja (rujan 2016.),

Plan gospodarenja otpadom RH za razdoblje 2017-2022. (siječanj 2017.).

2.2 Zakonska i podzakonska regulativa

Zakonska i podzakonska regulativa RH propisuje sustav, uvjete, ciljeve, obveze i postupke za provedbu modela gospodarenja neopasnim građevnim otpadom. Predmetna materija je propisana i opisana u više zakona i pravilnika na raznim zakonodavnim područjima, što je vidljivo kroz sljedeće zakonske i podzakonske propise, odnosno regulatorne odredbe:

- a) Zakon o održivom gospodarenju otpadom i Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o održivom gospodarenju otpadom i
 - Pravilnik o katalogu otpada
 - Pravilnik o gospodarenju otpadom
 - Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada
 - Pravilnik o građevinskom otpadu i otpadu koji sadrži azbest
 - Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada
 - Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina
- b) Zakon o gradnji i Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o gradnji i
 - Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina
- c) Zakon o rudarstvu i
 - Pravilnik o postupanju s viškom iskopa koji predstavlja mineralnu sirovину kod izvođenja građevinskih radova.

Za potrebe izrade ovog rada napravljene su i ovdje prikazane posebne tablice u kojima se pobliže navodi propis, odredba i opis odredbe koji se odnosi na građevni otpad i postupanje s njim kod gradnje, Tablica 1. do Tablica 5.

Tablica 1. Zakon o održivom gospodarenju otpadom

Zakon	Članak	Tekst članka, tumačenje
	čl. 6. st. 1. t. 1.	načela gospodarenja otpadom - primjenjuje se načelo onečišćivač plaća
	čl. 8. st. 1.	otpad se mora oporabiti
	čl. 11. st. 1., 3. i 6.	zabranjeno je odbacivanje otpada u okoliš, njegovo spaljivanje, otpad čija vrijedna svojstva se mogu iskoristiti mora se odvojeno prikupljati i skladištiti radi recikliranja i ponovnog korištenja
	čl. 15. st. 1. i 5.	odredba o ukidanju statusa otpada i upisu u očeviđnik Ministarstva
	čl. 44. st. 1., 3. i 4.	obveza posjednika otpada da predaje otpad tvrtki koja ima dozvolu gospodarenja otpadom, obveza predaje pratećeg lista, prestanak odgovornosti za predani otpad
	čl. 53. st. 1., 3. i 4.	građevni otpad kao posebna kategorija otpada: postupci, ciljevi i uvjeti gospodarenja, sustav upravljanja i iznos naknade
	čl. 54. st. 1.	odredba o obveznom odvojenom skupljanju posebne kategorije otpada
	čl. 55. st. 2.	odredba o obvezi pripreme za ponovnu uporabu, recikliranje i oporabu
	čl. 58. st. 1., 2. i 10.	odredba o naknadi za odlaganje otpada--obveza posjednika gospodarenja otpadom
	čl. 84.	djelatnost skupljanja, obrade i oporabe otpada
	čl. 84. st 1.	Pravna i fizička osoba-obrtnik moraju imati odgovarajuću dozvolu za skupljanje otpada, interventno skupljanje otpada te djelatnost oporabe, odlaganja ili druge obrade otpada
	čl. 84. st 2.	Pravna i fizička osoba-obrtnik može, nakon upisa u odgovarajući očeviđnik, obavljati djelatnost posredovanja otpadom, prijevoz otpada ili skupljanje otpada u reciklažno dvorište
	čl. 84. st 6.	Pravna i fizička osoba-obrtnik koja je ishodila dozvolu, odnosno upisala se u odgovarajući očeviđnik trgovaca otpadom, prijevoznika otpadom ili reciklažnih dvorišta, ovlaštena je preuzeti otpad u posjed
	čl. 84. st 7.	Djelatnost skupljanja, obrade i oporabe otpada smatra se komunalno-servisnom djelatnosti
	čl. 110. st. 1.	Pravna ili fizička osoba može obavljati djelatnost prijevoza otpada ako je upisana u očeviđnik prijevoznika otpada
	čl. 167. st. 1.	Novčanom kaznom kaznit će se pravna osoba u iznosu od 300.000 do 700.000 kn ako:
	čl. 167. st. 1. točka 2.	ne provodi čl. 11. st. 1. (odbacivanje otpada u okoliš)
	čl. 167. st. 1. točka 6.	ne provodi čl. 11. st. 6. (skupljanje, skladištenje te daljnje gospodarenje vrijednim sastojcima otpada)
	čl. 167. st. 2.	Za prekršaje iz čl. 167. st. 1. kaznit će se odgovorna osoba u pravnoj osobi u iznosu 50.000 do 100.000 kn, tj. kaznom zatvora od 60 dana
	čl. 167. st. 3.	Za radnje iz čl. 167. st. 1. kaznit će se i fizička osoba-obrtnik u iznosu od 100.000 do 250.000 kn.
	čl. 170. st. 1.	Novčanom kaznom od 150.000 do 400.000 kn kaznit će se pravna osoba koja:
	čl. 170. st. 1. točka 11.	kao posjednik otpada ne predaje ga osobi koja obavlja djelatnost gospodarenja otpadom, osim ako sama ne obavlja tu djelatnost (odnosi se na čl. 44. st. 1.);
	čl. 170. st. 1. točka 12.	proizvodi i/ili gospodari otpadom, a ne vodi očeviđnik o nastanku i tijeku otpada (ONTO list) (odnosi se na čl. 45. st. 1., 3. i 4.);
	čl. 170. st. 1. točka 13.	za posebne kategorije otpada ne odvaja ga na mjestu nastanka, ne skuplja ih i ne skladišti odvojeno (odnosi se na čl. 54. st. 1.);
	čl. 170. st. 1. točka 14.	započne obavljati ili obavlja djelatnost gospodarenja otpadom bez dozvole ili protivno dozvoli (čl. 84. st. 1. i čl. 86.);
	čl. 170. st. 1. točka 16.	bez upisa u očeviđnik prijevoznika otpada obavlja djelatnost prijevoza otpada (čl. 110. st. 1.).
	čl. 171. st. 1.	Novčanom kaznom od 100.000 do 300.000 kn kaznit će se pravna osoba koja je:
	čl. 171. st. 1. točka 11.	proizvođač i/ili posjednik otpada, a uz otpad osobi koja obavlja djelatnost gospodarenja otpadom ne preda Prateći list PL-O (odnosi se na čl. 44. st. 3.);
	čl. 171. st. 1. točka 19.	posjednik građevnog otpada koji nastaje tijekom gradnje ili uklanjanja građevine, odnosno tijekom izvođenja radova gradnje, rekonstrukcije ili održavanja, a tim otpadom ne gospodari na način propisan Pravilnikom iz čl. 53. st. 3. (odnosi se na čl. 58. st. 10.).
	čl. 172., st. 1., 2., 3., 4. i 5.	Propisane kazne za neispunjavanje obveza iz čl. 182. st. 1. i 2. te čl. 183. Zakona.

Podzakonskim aktima, odnosno pravilnicima, određuje se provedba Zakona, pa se tako određuju grupe, podgrupe i vrsta otpada prema listama građevinskog otpada (lista za ukidanje statusa otpada, lista za obvezno recikliranje otpada) određene Pravilnikom o katalogu otpada, dok se Pravilnikom o gospodarenju otpadom određuju obveze vođenja ONTO i PL-O, tablica 2.

Tablica 2. Zakon o održivom gospodarenju otpadom / Pravilnik o katalogu otpada

Zakon	Podzakonski akt	Grupe otpada	Tekst članka, tumačenje
Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) i Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 73/17)	Pravilnik o katalogu otpada (NN 90/15)	01 01	Otpad od iskopavanja nemetalnih mineralnih sirovina - s oznakama zapisa
		01 04	Otpad od obrade nemetalnih mineralnih sirovina - s oznakama zapisa
		17 01	Beton, cigla, crijeplje / pločice i keramika - s oznakama zapisa
		17 03	Mješavine bitumena - s oznakama zapisa
		17 04	Metali - s oznakama zapisa
		17 05	Zemlja i kamenje - s oznakama zapisa
		17 09	Ostali građevinski otpad i otpad od rušenja objekata - s oznakama zapisa
		19 12	Otpad od mehaničke obrade otpada - s oznakama zapisa
		20 02	Otpad iz vrtova i parkova, uključujući i otpad s groblja

Pravilnikom se propisuju grupe, podgrupe i vrste otpada. Ovdje su prikazane grupe i podgrupe otpada koje se tretiraju na listama građevinskog otpada (lista za ukidanje statusa otpada i lista za obavezno recikliranje otpada). Ključni broj vrste otpada je formiran na način da pojedini dijelovi broja čine:

- naziv grupe (dvije znamenke 01-20)
- naziv podgrupe (dvije znamenke 01-14)
- naziv otpada (dvije znamenke 01-99) i
- oznaku zapisa (O,N,V; opasni, neopasni, višestruki).

Tablica 3. Zakon o održivom gospodarenju otpadom / razni pravilnici

Zakon	Podzakonski akt	Članak	Tekst članka, tumačenje
Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 73/17)	Pravilnik o gospodarenju otpadom (NN 23/14, 51/14, 121/15, 132/15)	čl. 33. st. 3. Dodatak XII	(obveza vođenja Očevidnika o tijeku i nastanku otpada - ONTO za lokaciju gradilišta, reciklažnog dvorišta i sl.) obrazac ONTO
		čl. 33. a Dodatak XII	(obveza vođenja Pratećeg lista PL-O za svaku pošiljku otpada koja se upućuje u reciklažno dvorište obrazac PL-O
		čl. 3. st. 10.	<p>"Odlagalište otpada" je građevina namijenjena odlaganju otpada na površinu ili pod zemljom, uključujući:</p> <ul style="list-style-type: none"> - interno odlagalište otpada na kojem proizvođač otpada odlaže svoj otpad na samom mjestu nastanka, - mjesto skladištenja otpada prije odlaganja u razdoblju do godine dana, - stalno odlagalište otpada ili njegov dio koji se može koristiti za privremeno skladištenje otpada (npr. za razdoblje dulje od 1 godine), - iskorištene površinske kopove (eksploatacijska polja) koji su pogodni za odlaganje otpada sukladno ovom Pravilniku. <p>U odlagališta otpada se ne ubraja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - građevina ili skladište gdje se otpad istovaruje radi omogućavanja njegove pripreme za daljnji prijevoz do mjesta uporabe i/ili zbrinjavanja na drugim lokacijama, - mjesto skladištenja otpada prije uporabe i/ili zbrinjavanja istog u razdoblju do 3 godine ili - mjesto skladištenja otpada prije odlaganja u razdoblju do godine dana.
		čl. 4. st. 1.	Ovaj Pravilnik primjenjuje se na sva odlagališta, bez obzira na vrstu otpada koja se na njih odlaže.
		čl. 4. st. 2.	<p>Odredbe ovog Pravilnika ne primjenjuju se na sljedeće slučajeve odlaganja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - korištenje inertnog otpada na odlagalištima koji je pogodan za radove na obnovi / rekonstrukciji, za nasipanje terena ili za potrebe u graditeljstvu prema posebnom propisu koji regulira opterećenje tla - otpadnim materijalima, <ul style="list-style-type: none"> - odlaganje inertnih materijala i mineralne sirovine nastalih izvođenjem rudarskih radova.
		čl. 8. st. 1.	Odlaganje otpada na odlagalište dopušta se ako je prethodno provedena izrada osnovne karakterizacije otpada za odlaganje.
		čl. 8. st. 3.	Izradu osnovne karakterizacije otpada osigurava proizvođač i/ili posjednik otpada koji otpad predaje na odlaganje.
			Odobrenje za rad odlagališta
		čl. 16. st. 1.	Postupak odlaganja otpada na odlagalištima: odlagatelj smije odlagati ako posjeduje dozvolu prema Zakonu i uvjetima iz ovog Pravilnika. Odlagatelj smije odlagati isključivo vrste otpada obuhvaćene Dozvolom za odlaganje.

Tablica 3. Zakon o održivom gospodarenju otpadom / razni pravilnici (nastavak 1)

Zakon	Podzakonski akt	Članak	Tekst članka, tumačenje
Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) i zakon o izmjenama i dopunama Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 73/17)	Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15)	čl. 17.	Zahtjevu za izdavanje dozvole za obavljanje djelatnosti odlaganja otpada, uz dokumentaciju propisanu Zakonom, potrebno je priložiti sljedeće: <ul style="list-style-type: none"> - ukupni kapacitet odlagališta, - opis lokacije uključujući hidrogeološka i geološka svojstva, - mjere sprječavanja i smanjenja onečišćenja okoliša, - plan rada odlagališta, što uključuje i plan gospodarenja otpadom na odlagalištu, - izvedbu monitoringa i nadzora rada odlagališta, - plan zatvaranja odlagališta i mjere za sprječavanje štetnih utjecaja na okoliš nakon njegova zatvaranja, - finansijsko jamstvo kojega osigurava podnositelj zahtjeva potrebno je osigurati iz čl. 19. ovoga Pravilnika, uključujući obavljanje mjera zaštite okoliša nakon zatvaranja odlagališta.
		čl. 18. st. 1.	U dozvoli za obavljanje djelatnosti odlaganja otpada, uz propisano Zakonom, detaljno se određuje: <ul style="list-style-type: none"> - kategorija i podkategorija odlagališta, prema čl. 5. ovoga Pravilnika, - ukupne količine koje se mogu odložiti na odlagalište, - količina biološki razgradivih sastojaka otpada koji se mogu odložiti u pojedinoj kalendarskoj godini, - način preuzimanja otpada i provjere njegove sukladnosti te drugi uvjeti rada, - intervencijski planovi postupanja u slučaju prekoračenja graničnih vrijednosti iz točke 4. Priloga IV ovoga Pravilnika, - način redovnog pregleda tijela odlagališta i tehničkih objekata odlagališta, - dozvoljene promjene indikativnih parametara podzemne vode, - zahtjevi povezani s izvješćivanjem o vrstama i količinama odloženog otpada, - uvjeti pod kojima će se obavljati pripremni radovi i radovi na odlagalištu, - godišnja količina i prostor za odlaganje ostataka uporabe građevnog otpada i građevnog otpada koji sadrži čvrsto vezani azbest, ukoliko je podnositelj zahtjeva zatražio odlaganje.
			Troškovi odlaganja otpada
		čl. 19.	Troškovi odlaganja otpada, sukladno načelu "onečišćivač plaća", uključuju troškove: <ul style="list-style-type: none"> - projektiranja, izgradnje i sanacije odlagališta, - operativne troškove rada odlagališta, - posebne naknade na opterećivanje okoliša otpadom, - procjene troškova zatvaranja odlagališta, održavanja i nadzora nakon zatvaranja za period od najmanje 30 godina.
Pravilnik o građevinskom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16)		čl. 8.	Obvezuje je investitora da upozna izvođača radova, prije početka radova, o materijalima i tvarima koji su opasni otpad ili to mogu postati.
		čl. 9.	Mjere gospodarenja građevnim otpadom koje se određuju dokumentima projekta građenja, održavanja, rekonstrukcije, odnosno uklanjanja građevine moraju: <ol style="list-style-type: none"> 1. osigurati izdvajanje korisnih materijala i proizvoda iz otpada, 2. spriječiti ispuštanje azbestnih vlakana, 3. spriječiti miješanje opasnog i neopasnog otpada, 4. spriječiti miješanje razdvojenog otpada, 5. spriječiti raznošenje, razlijevanje, odnosno ispuštanje otpada izvan gradilišta u okoliš, 6. onemogućiti istjecanje oborinske vode, koja je bila u doticaju s opasnim otpadom, na tlo, u vode, podzemne vode, more, 7. onemogućiti istjecanje tekućeg otpada na tlo, u vode, podzemne vode, more, 8. predvidjeti odgovarajući prostor za skladištenje otpada na gradilištu, 9. odrediti način izvedbe radova kako bi količina miješanog građevnog otpada, koji nastaje izvedbom radova, bila što manja te kako bi se višak materijala uporabio na mjestu gdje je taj višak i nastao, a nastali otpad pripremio za ponovno korištenje ili drugi postupak uporabe.

Tablica 3. Zakon o održivom gospodarenju otpadom / razni pravilnici (nastavak 2)

Zakon	Podzakonski akt	Članak	Tekst članka, tumačenje
Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) i zakon o izmjenama i dopunama Zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 73/17)	Pravilnik o građevinskom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16)	čl. 10. st. 1.	Način obveznog postupanja vlasnika i posjednika građevnog otpada Vlasnik građevnog otpada koji je nastao na određenom gradilištu je: - vlasnik ili korisnik građevine, - investitor, - izvođač radova kad je na njega vlasnik ili korisnik građevine ili dijela građevine, koja se nalazi na tom gradilištu, odnosno investitor ugovorom prenio vlasništvo nad građevnim otpadom.
			čl. 10. st. 2. Izvođač radova smatra se posjednikom građevnog otpada koji je nastao na gradilištu na kojem se izvode radovi.
		čl. 10. st. 3.	Vlasnik građevnog otpada dužan je osigurati da je taj otpad predan ovlaštenoj osobi za gospodarenje otpadom.
		čl. 11. st. 1.	Zabranjeno je opasni građevni otpad: odbaciti u miješani komunalni otpad, - mijesati s drugom vrstom otpada ili materijalima koji nemaju status otpada.
		čl. 11. st. 2.	Posjednik građevnog otpada dužan je izdvojiti od drugog otpada i materijala koji nije otpad te odvojeno skladištiti: - točka 1. sve količine opasnog otpada, - točka 2. neopasan otpad koji čini najmanje 80% mase svog otpada nastalog na određenom gradilištu.
		čl. 11. st. 3.	Posjednik građevnog otpada nije dužan izdvojiti neopasan otpad ako obvezu izdvajanja tog otpada razvrstavanjem i drugim odgovarajućim tehnološkim procesima gospodarenja otpadom izvrši osoba koja posjeduje odgovarajuću dozvolu za gospodarenje otpadom temeljem ugovora s posjednikom ili vlasnikom građevnog otpada.
		čl. 11. st. 4.	Posjednik neopasnog mineralnog građevnog otpada iz Priloga IV ovog Pravilnika (lista otpada) dužan je s njime postupati na način da se osigura odgovarajuća uporaba takvog otpada, sukladno zakonu, te u mjeri u kojoj je to izvedivo omogući pripremu za ponovnu uporabu i ukidanje statusa otpada sukladno posebnom propisu koji uređuje ukidanje statusa otpada.
		čl. 12. st. 1.	Posjednik građevnog otpada koji skladišti građevni otpad na gradilištu dužan je osigurati odvojeni način skladištenja ovisno o svojstvu, vrsti i agregatnom stanju u za to primjerenim boksovima, bajama ili spremnicima.
		čl. 13.	Posjednik građevnog otpada dužan je: točka 1. izdvojiti od otpada tvari, materijale i građevne proizvode koji se mogu ponovno koristiti za istu svrhu za koju su i proizvedeni. - točka 2. proglašiti otpadom: - materijal iz iskopa koji je nastao prilikom građenja građevine i koji se sukladno dokumentima projekta građenja, izrađenim sukladno propisima koji uređuju gradnju, ne ugraduje u tu građevinu i koji ne predstavlja mineralnu sirovinu sukladno posebnim propisima koji uređuju ruderstvo, - materijal koji je nastao građenjem, održavanjem, rekonstrukcijom ili uklanjanjem građevine, osim materijala koji se koristi za građevinske svrhe na tom gradilištu, kad se isti izdvoji od građevine, odnosno kad prestane biti građevina koja se gradi, održava, rekonstruira, odnosno uklanja.
	Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14)	čl. 6. st. 1. Dodatak V. pod 6.	Vrste otpada koje ulaze u postupak uporabe za proizvodnju građevnih proizvoda.
	posebni kriteriji za ukidanje statusa otpada za građevne proizvode i vrste otpada grupe i podgrupe - koje ulaze u postupak uporabe; 01 01, 01 04, 17 01, 17 03, 17 04, 17 05, 17 09 i 19 12)		

Tablica 4. Zakon o građnji

Zakon	Podzakonski akt	Članak	Tekst članka, tumačenje
<i>Zakon o građnji i Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o građnji (NN 153/13, 20/17)</i>		čl. 54. st. 1.	točka 5. Izvođač je dužan gospodariti građevnim otpadom nastalim tijekom građenja na gradilištu sukladno propisima koji uređuju gospodarenje otpadom, - točka 6. Izvođač je dužan uporabiti i/ili zbrinuti građevni otpad nastao tijekom građenja na gradilištu sukladno propisima koji uređuju gospodarenje otpadom.
		čl. 76. st. 1.	Projekt uklanjanja građevine - između ostalog - propisuje mјere gospodarenja otpadom, uporabe i/ili odlaganje otpada iz građevine i otpada nastalog uklanjanjem građevine sukladno propisima koji uređuju gospodarenje otpadom te odvoz i zbrinjavanje građevinskog materijala nastalog uklanjanjem građevine.
		čl. 76. st. 2.	točka 2. Projekt uklanjanja građevine ili njezina dijela sadrži tehnički opis uklanjanja građevine ili njezina dijela i način gospodarenja građevnim materijalom i otpadom nastalim uklanjanjem građevine i uređenja građevne čestice, odnosno obuhvata zahvata u prostoru nakon uklanjanja građevine ili njezinog dijela.
		čl. 133. st. 5.	Uređenje gradilišta: propisuje uklanjanje privremenih građevina, opreme gradilišta, neutrošenog materijala i otpada koji se moraju ukloniti s gradilišta prije izdavanja uporabne dozvole.
		čl. 135. st. 1.	točka 11. Izvođač na gradilištu, ovisno o vrsti građevine, odnosno radova, mora imati propisanu dokumentaciju o gospodarenju otpadom sukladno posebnim propisima koji uređuju gospodarenje otpadom
		čl. 155. st. 1.	Uklanjanje građevina: građevnim otpadom se mora postupati sukladno odredbama ovog Zakona i posebnog zakona kojim se uređuje gospodarenje otpadom.
		čl. 162. st. 2.	točka 10. Propisana je novčana kazna pravnoj osobi u svojstvu investitora od 25.000 do 50.000 kn vezano na odredbe čl. 133. st. 5., kazna se umanjuje 50% za slučaj građevina III. skupine.
		čl. 167. st. 5.	Propisana je novčana kazna pravnoj osobi u svojstvu izvođača od 25.000 do 50.000 kn (s 15.000 do 30.000 za fizičku osobu u svojstvu izvođača) za slučajeve: - točka 10. neizvršavanje odredbi iz čl. 133. st. 5. - točka 13. neizvršavanje odredbi iz čl. 135. st. 1.
		čl. 167. st. 7.	Uz novčanu kaznu iz čl. 167. st. 5. t. 10. i 13. može se pravnoj i fizičkoj osobi u svojstvu izvođača radova izreći zaštitna mјera zabranjivanja djelatnosti u trajanju 3 do 6 mjeseci, a za ponovljeni prekršaj 6 do 12 mjeseci.
		čl. 167. st. 8.	Novčanom kaznom 15.000 do 30.000 kn kaznit će se za prekršaje iz čl. 167. st. 5. t. 10. i 13. glavni inženjer gradilišta, inženjer gradilišta, odnosno voditelj radova.

Tablica 5. Zakon o gradnji i Zakon o rудarstvu

Zakon	Podzakonski akt	Članak	Tekst članka, tumačenje
Zakon o gradnji i Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17)	Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 64/14, 41/15, 105/15, 61/16, 20/17)	čl. 17. st. 2.	<p>Tekstualni dio glavnog projekta</p> <p>Svi podaci o građevini, odnosno njezinom dijelu, te proračuni i rješenja, ovisno o zadaćama struka u skladu s posebnim zakonom, sadržani su u odgovarajućim projektima pojedinih struka, i to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - toč. 5. Posebnim tehničkim uvjetima građenja, posebnim tehničkim uvjetima za gospodarenje građevnim otpadom koji nastaje tijekom građenja i pri uklanjanju građevine ili njezinog dijela i posebnim tehničkim uvjetima za gospodarenje opasnim otpadom, ako se tijekom građenja, odnosno pri uklanjanju građevine pojavljuje opasni otpad.
			Posebni tehnički uvjeti gradnje i gospodarenje otpadom
		čl. 25. st. 2.	Posebni tehnički uvjeti gospodarenja građevnim otpadom moraju sadržavati opis postupaka u skladu s posebnim propisima o gospodarenju građevnim otpadom.
		čl. 25. st. 3.	Posebni tehnički uvjeti gospodarenja opasnim otpadom moraju sadržavati opis postupaka u skladu s posebnim propisima o gospodarenju opasnim otpadom.
			Tipski projekt
		čl. 36. st. 2.	U tehničkom opisu, dokazima o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva, programu kontrole i osiguranju kvalitete, posebnim tehničkim uvjetima građenja, isaku procijenjenih troškova građenja, posebnim tehničkim uvjetima gospodarenja otpadom i grafičkim prikazima posebno moraju biti obrađeni oni aspekti izvođenja dijela građevine koji su bitni za tipizaciju građevine ili njezinog dijela na koji se tipski projekt odnosi.
Zakon o rудarstvu (NN 56/13, 14/14)	Pravilnik o postupanju s viškom iskopom koji predstavlja mineralnu sirovinu kod izvođenja građevinskih radova (NN 79/14)	čl. 144. st. 1., 2., 3., 4., 5., 6.	Propisuje dužnosti, odgovornosti i postupanje s mineralnim sirovinama kod izvođenja građevinskih radova.
		čl. 160. st. 1.	točka 11. Novčanom kaznom u iznosu 100.000 do 500.000 kn kaznit će se fizička, odnosno pravna osoba ukoliko višak mineralne sirovine u obuhvatu ne stavi na raspolaganje Republiци Hrvatskoj te isto ne iskaže u izvedbenom projektu.
		čl. 160. st. 2.	Za prekršaje iz čl. 160. st. 1. kaznit će se odgovorna osoba u pravnoj osobi sa 10.000 do 50.000 kn.
			Pojmovi i definicije:
		čl. 2.	Višak iskopa je materijal iz iskopa nastao prilikom građenja građevina sukladno propisima o gradnji, koji se prema projektnoj dokumentaciji ne ugrađuje u obuhvat te građevine, a koji je sukladno odredbama čl. 144. Zakona o rudarstvu predstavlja mineralnu sirovinu.
		čl. 3. st. 1.	Investitor građevina za koje je propisima o gradnji određena obvezna kontrola glavnog projekta gledje mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcija i temeljnog tla dužni su u roku od 8 dana prije početka radova obavijestiti nadležno tijelo, rudarsku inspekciiju, jedinicu područne (regionalne) samouprave, jedinicu lokalne samouprave o višku iskopa koji sadrži mineralnu sirovinu koji će preostati prilikom gradnje, a sukladno glavnom projektu građenja i troškovniku.
		čl. 3. st. 2.	Obvezu iz st. 1. ovog članka nema investitor građevine za koju propisima o gradnji nije određena obveza prijave kontrole projekta.

2.3 Najznačajnije odredbe zakonske regulative u pogledu obveza sudionika

Iz prethodno navedenih odredbi zakonske regulative, a vezane na provedbu i implementaciju principa održivog gospodarenja neopasnim građevnim otpadom, u praksi značajne su i presudne sljedeće obveze sudionika koje pojedinačno obvezuju:

Vlasnika građevine, odnosno investitora koji je time vlasnik građevnog otpada nastalog pri izvođenju radova, da vlasništvo nad otpadom Ugovorom prenese na izvođača radova koji time postaje posjednik otpada ili da te poslove mora sam izvoditi, radi operativnog provođenja gospodarenja otpadom (čl. 10. st. 1. Pravilnika o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest).

Posjednika građevnog otpada (izvođača radova) da na gradilištu iz otpada izdvaja opasni otpad, korisne sekundarne sirovine i proizvode te selektira i uporabi (reciklira) neopasni građevni otpad, ili te radove povjeri registriranoj tvrtki za gospodarenje otpadom, koja posjeduje legalni i licencirani pogon za te poslove (čl. 11. st. 1., 2., 3. i 4. Pravilnika o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest).

Posjednika građevnog otpada (izvođača radova) da najkasnije do odvoza otpada s gradilišta: a) izdvoji iz otpada materijale i proizvode radi ponovnog korištenja, osim materijala za nasip, b) proglaši otpadom materijal nastao izvođenjem radova koji napušta gradilište radi daljnog postupka uporabe ili odlaganja, a nije mineralna sirovina sukladno Zakonu o rudarstvu (čl. 13. st. 1. i 2. Pravilnika o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest).

Izvođača radova da na gradilištu vodi propisanu dokumentaciju o gospodarenju otpadom, sukladno propisima koji uređuju gospodarenje otpadom (Prateći list PL-O, Očevidnik o tijeku i nastanku otpada ONTO i Evidenciju o proglašenju građevnim otpadom materijala nastalih izvođenjem radova, a koji se ne koriste pri izgradnji i nisu mineralna sirovina u smislu Zakona o rudarstvu), sukladno čl. 135. st. 1. t. 11. Zakona o gradnji.

Projektanta da u tekstuallnom dijelu Glavnog projekta kroz zaseban separat obradi Posebne tehničke uvjete za gospodarenje građevnim otpadom koji nastaje tijekom građenja i pri uklanjanju građevine ili njezinog dijela, što se odnosi i na opasni otpad, ako se tada pojavljuje. Takav separat sadrži opis podataka u skladu s posebnim propisima o gospodarenju građevnim otpadom. Analogno navedenom, u preambuli troškovnika radova se navode ujednačeni modeli gospodarenja građevnim otpadom, dok se u troškovničkim stavkama radova, koje prikazuju generiranje otpada, navodi samo vrsta i ključni broj (kb) otpada te postupak i način uporabe ili odlaganja (čl. 17. st. 2., čl. 25. st. 2. i 3. Pravilnika o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina).

3 Osnovni ciljevi u gospodarenju građevnim otpadom

Osnovni ciljevi u gospodarenju građevnim otpadom sadržani su u Planu gospodarenja otpadom RH za razdoblje 2017.-2022., a obuhvaća i sve obveze RH koje proizlaze iz EU zakonodavstva i propisa te naše važeće zakonske i podzakonske regulative.

Uvođenje principa održivog gospodarenja neopasnim građevnim otpadom podrazumijeva kružno gospodarenje, odnosno sva postupanja s otpadom od planiranja i projektiranja njenog nastajanja, prikupljanja, razvrstavanja, obrade i recikliranja do ponovne upotrebe u graditeljstvu, krajobraznoj arhitekturi i komunalnoj infrastrukturi.

3.1 Visoki potencijal za recikliranje

Visoki potencijal za recikliranje koji ima građevni otpad treba se operativno iskorištavati, pri čemu se ostvaruje:

- 3.1.1. zaštitu prirodnog okoliša i njegovog nekontaminiranja uz smanjenje potrebe za iskorištavanjem prirodnih nalazišta mineralnih sirovina,
- 3.1.2. bitno smanjenje potrebe odlaganja otpada u prirodni okoliš,
- 3.1.3. smanjenje ili eliminiranje postojećih ili nastajanje novih "divljih", ilegalnih deponija i neusklađenih odlagališta te potreba za njihovom sanacijom,
- 3.1.4. mogući razvoj i otvaranje novih radnih mjeseta u toj novoj djelatnosti, uz ostvarivanje značajnih poslovnih učinaka i koristi, kako za poslovne subjekte, tako i za jedinice lokalne samouprave,
- 3.1.5. djelotvorni okvir postupanja za suzbijanje sive ekonomije i protuzakonitog djelovanja u sferi gospodarenja otpadom.

3.2 Proklamirani planski i zakonodavni ciljevi

Proklamirani planski i zakonodavni ciljevi u provođenju principa održivog gospodarenja neopasnim građevnim otpadom na nivou RH, involuirani u planske dokumente i odluke jedinica područne i lokalne samouprave, preuzeti su kao obveza RH iz EU zakonodavstva i mogu se sažeti kroz sljedeća osnovna načela:

- 3.2.1. do 2018. g. provesti zabranu odlaganja otpada na neusklađena odlagališta,
- 3.2.2. do 2020. g. dostići stupanj od 70% recikliranja--materijalne oporabe generiranog neopasnog građevnog otpada,
- 3.2.3. do 2022. g. unaprijediti sustav gospodarenja građevnim otpadom te dostići stupanj odvojenog prikupljanja generiranog građevnog otpada od 75% mase u odnosu na 2015. godinu,
- 3.2.4. provoditi raspodjelu odgovornosti između privatnih i javnih subjekata koji se bave gospodarenjem otpadom (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, jedinice područne (regionalne) i lokalne samouprave, trgovачka društva u privatnom vlasništvu te u javnom vlasništvu JPS i JLS, Službe za komunalni red JLS),
- 3.2.5. za planski period do 2020. g. provoditi mjere za unaprjeđenje sustava gospodarenja posebnim kategorijama otpada, što podrazumijeva izgradnju i opremanje mreže novih reciklažnih dvorišta za građevni otpad, povećanje kapaciteta i unaprjeđenje tehnologije postojećih reciklažnih dvorišta.

4 Nastajanje i vrste građevnog otpada te način postupanja

4.1 Opasni građevni otpad

Opasni otpad prikuplja se na mjestu nastanka te se o njemu brine ovlašteno, licencirano trgovačko društvo, sukladno zakonskoj regulativi.

4.2 Neopasni građevni otpad

Neopasni građevni otpad koji nastaje na gradilištima, radilištima ili proizvodnim pogonima možemo, u ovisno o vrsti i porijeklu materijala te tehničko-tehnološkom načinu nastanka, svrstati u dvije osnovne grupe.

Proizvodni građevni otpad čine viškovi prirodnih materijala koji ne potpadaju, kao mineralne sirovine, pod odredbe Zakona o rудarstvu te drugi građevni materijali nastali izvođenjem radova, a koji se ne mogu utrošiti u obuhvatu građevine, zatim ostali selektirani i miješani građevni otpadi od uklanjanja dijelova i čitavih građevina i objekata predviđenih projektnom dokumentacijom i troškovnikom radova. Projektom čiji je sastavni dio Plan revizije gospodarenja otpadom (revizija prije rušenja) i troškovnik radova treba građevni otpad biti kategoriziran po vrsti i ključnom broju (kb) te kvantificiran volumno ili težinski uz predviđene postupke gospodarenja otpadom na samom mjestu nastanka (selektiranje, ugradnja u obuhvatu građevine) i predaja otpada koji napušta gradilište legalnim i licenciranim reciklažnim dvorištima ili odlagalištima.

Lista neopasnog građevnog otpada usklađena je s listama Priloga IV Pravilnika o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest i Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada sukladno Pravilniku o katalogu otpada, tablica 6. Neopasni građevni otpad naveden na listi predstavlja vrste otpada koje se mogu reciklirati i ponovno upotrijebiti pri izvođenju radova u graditeljstvu, krajobraznoj arhitekturi i komunalnoj infrastrukturi.

Tablica 6. Lista neopasnog građevnog otpada

Br	Ključni broj (k.b.)	Naziv	Skraćeni naziv
1.	01 01 02	otpad od iskopavanja nemetalnih mineralnih sirovina	kameni materijali
2.	01 04 08	otpadni šljunak i drobljeni kamen koji nisu navedeni pod 01 04 07*	šljunak i drobljenici
3.	01 04 09	otpadni pijesak i gline	pijesak i gline
4.	01 04 13	otpad od rezanja i piljenja kamena koji nije naveden pod 01 04 07*	arhitektonski kamen
5.	17 01 01	beton	beton
6.	17 01 02	cigle	cigle
7.	17 01 03	crijep/pločice i keramika	crijep i keramika
8.	17 01 07	mješavine betona, cigle, crijepe/pločica i keramike koje nisu navedene pod 17 01 06*	beton, cigla i keramika
9.	17 03 02	mješavine bitumena koje nisu navedene pod 17 03 01*	asfalti
10.	17 04 05	željezo i čelik	željezo i čelik
11.	17 04 07	miješani metali	miješani metali
12.	17 05 04	zemlja i kamenje koji nisu navedeni pod 17 05 03*	zemlja i kamenje
13.	17 05 06	otpad od jaružanja koji nije naveden pod 17 05 05*	otpad od bagerovanja
14.	17 05 08	kamen tučenac za nasipavanje pruge koji nije naveden pod 17 05 07*	tucanik
15.	17 09 04	miješani građevni otpad i otpad od rušenja objekata koji nije naveden pod 17 09 01*, 17 09 02* i 17 09 03*	šuta ili otpad od rušenja
16.	19 12 09	minerali (npr. pijesak, kamenje ako je nastalo obradom građevnog otpada)	pijesak ili kamenje
17.	19 12 12	ostali otpad (uključujući mješavine materijala) od mehaničke obrade otpada koji nije naveden pod 19 12 11*	otpad iz obrade
18.	20 02 02	zemlja i kamenje	zemlja i kamenje

Tehnološki građevni otpad koji potječe od ambalaža raznih građevnih proizvoda i materijala, otpadaka i ostataka neupotrijebljenih proizvoda, materijala, mješavina i sl. pri svojem prikupljanju, razvrstavanju i odlaganju stvaraju određene finansijske izdatke koje izvođači radova predviđaju u kalkulaciji jediničnih cijena pojedinih građevinskih radova u stavkama troškovnika. U tom se slučaju izvođač radova smatra posjednikom tehnološkog otpada (sukladno čl. 10. st. 2. Pravilnika o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest, NN 69/16) te je stoga, sukladno zakonskoj regulativi, direktno i jedini odgovoran za njegovo odvojeno skupljanje, skladištenje te predaju tvrtki koja je registrirana za gospodarenje tom vrstom otpada, bez prava na obračun posebnih i dodatnih finansijskih naknada prema investitoru. Sve odredbe navedene u prethodnom tekstu propisuju za vlasnike, odnosno posjednike otpada obvezno postupanje s neopasnim građevnim otpadom prema Listi otpada iz Priloga IV. Pravilnika o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16) i prema Dodatku V.6. Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14).

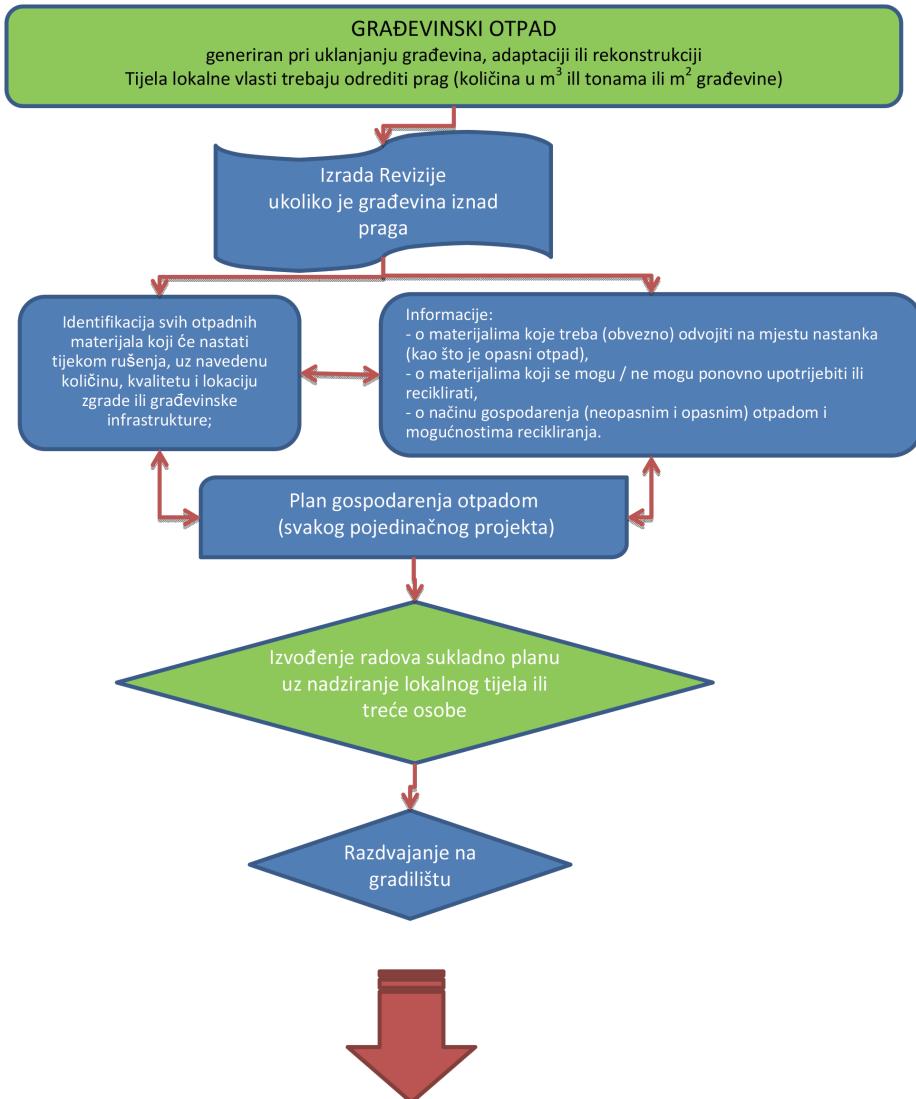
Temeljni kriteriji pri gospodarenju neopasnim građevnim otpadom mogu se sažeti kroz sljedeće odrednice:

- 1. Zabranjeno je građevni otpad odbacivati u prirodni okoliš**, na nelegalna odlagališta i sve vrste deponija, u centre i odlagališta miješanog komunalnog otpada te građevni otpad miješati s drugim vrstama otpada. Na području Primorsko-goranske županije ne postoje legalna i registrirana javna odlagališta ili deponiji građevnog otpada koji posjeduju građevinsku i uporabnu dozvolu te dozvolu za gospodarenje otpadom, osim reciklažnih dvorišta za prihvat i recikliranje otpada dvaju gospodarskih subjekata.
- 2. Ukida se odlaganje građevnog otpada na legalnim komunalnim odlagalištima**, a građevinska odlagališta, skladišta ili deponiji egzistiraju uglavnom kao ilegalni pogoni.
- 3. Građevni otpad, kao posebna kategorija otpada, mora se odvajati na mjestu nastanka**, odvojeno skupljati i skladištitи te potom obraditi, oporabiti, odnosno reciklirati radi ponovne upotrebe, uz provođenje postupka ukidanja statusa otpada.
- 4. U slučajevima kada se na gradilištu ne mogu izdvajati korisni materijali, proizvodi i sirovine, odvojeno skupljati i skladištitи te reciklirati građevni otpad**, jer se ne raspolaže prostornim površinama, ili su takvi postupci neekonomični, ili bi znatno usporili dinamiku izvođenja radova, tada se nastali miješani građevni otpad mora, uz propisani Prateći list, predati ovlaštenoj tvrtki, odnosno reciklažnom dvorištu za gospodarenje neopasnim građevnim otpadom, pri čemu se plaća naknada za prihvat i preuzimanje otpada. Time prestaje zakonska obveza vlasnika, odnosno posjednika otpada o brzi za njegovo odlaganje. Tu obvezu preuzima tvrtka koja gospodari neopasnim građevnim otpadom, a koja je otpad prethodno preuzela.

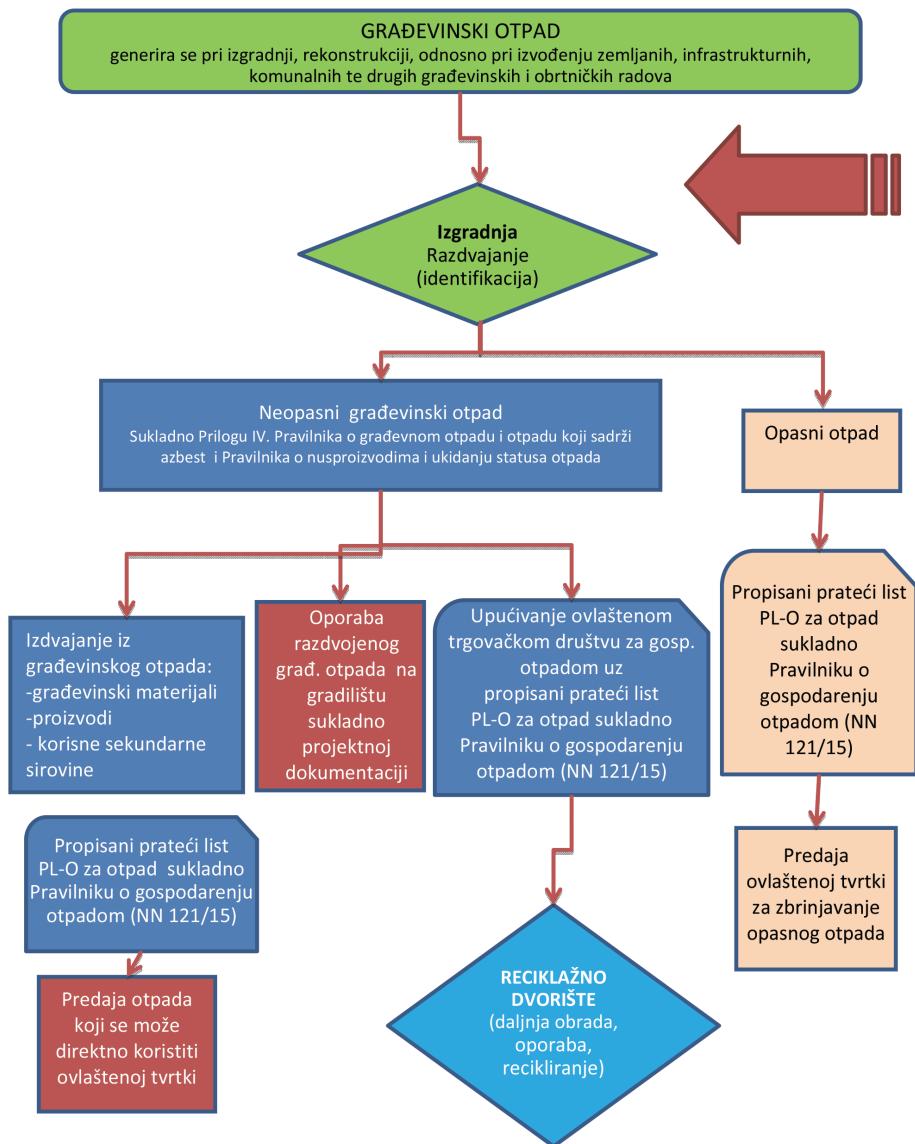
4.3 Dijagrami slijeda postupaka u gospodarenju građevnim otpadom i njegovom prihvatu u reciklažno dvorište

Ovdje se prikazuju tri dijagrama: prvi sa shematskim prikazom slijeda postupanja u gospodarenju građevnim otpadom generiranim pri uklanjanju građevina, adaptaciji ili rekonstrukciji, gdje tijela lokalne vlasti trebaju odrediti prag (količina u m^3 ili tonama ili m^2 građevine), slika 1. Drugi dijagram prikazuje postupke s građevnim otpadom koji se generira pri izgradnji, rekonstrukciji, odnosno pri izvođenju zemljanih, infrastrukturnih, komunalnih te drugih građevinskih i obrtničkih radova, slika 2.

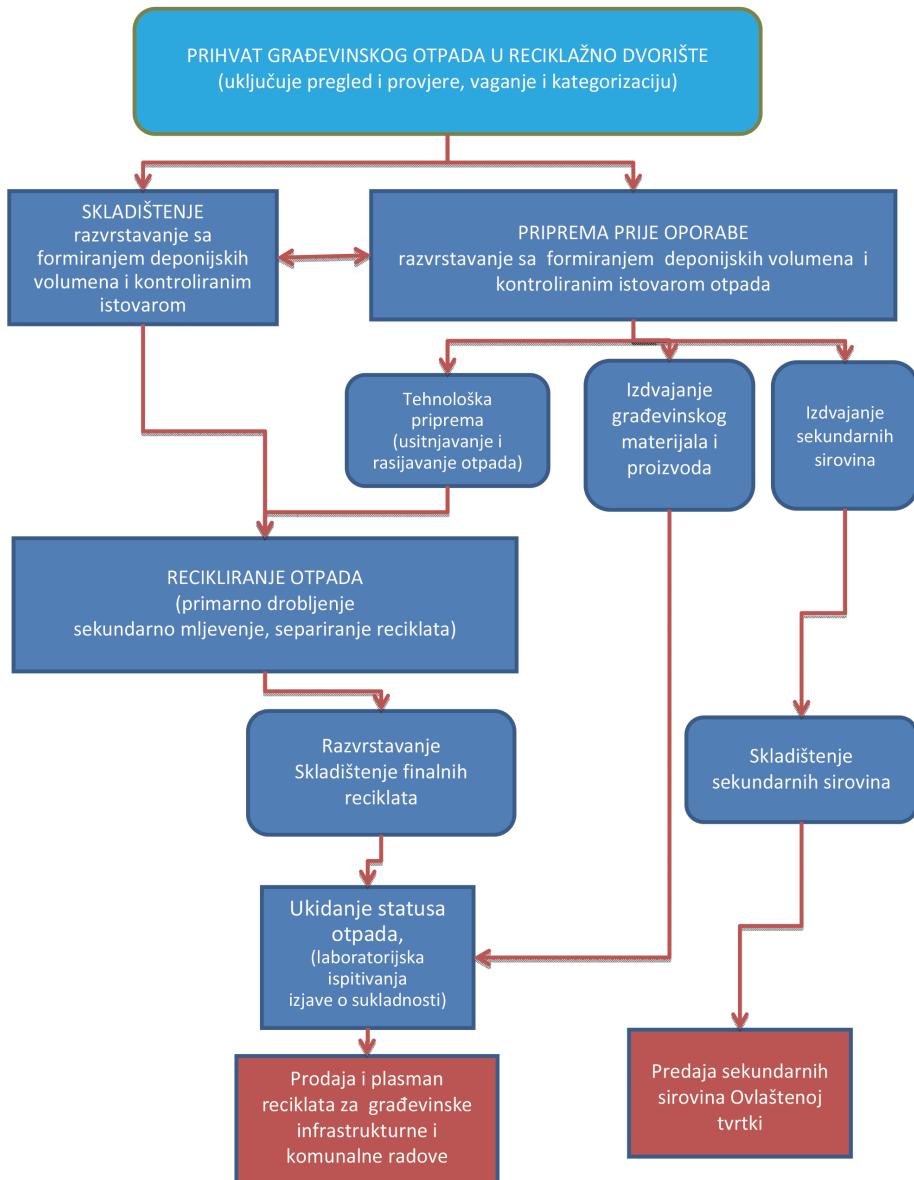
Treći dijagram prikazuje postupanje prilikom prihvata građevnim otpadom u reciklažno dvorište što uključuje pregled i provjere, vaganje, kategorizaciju i krajnje gospodarenje otpadom, slika 3.



Slika 1. Shematski prikaz slijeda postupaka u gospodarenju građevnim otpadom



Slika 2. Shematski prikaz slijeda postupaka u gospodarenju građevnim otpadom



Slika 3. Shematski prikaz slijeda postupaka u gospodarenju građevnim otpadom

5 Ocjena aktualnog stanja u praksi

Održivo gospodarenje neopasnim građevnim otpadom koji je nastao pri izgradnji, rekonstrukciji, adaptaciji, održavanju i uklanjanju građevina predstavlja zakonsku obvezu i dužnost svih sudionika u pripremi, financiranju i realizaciji planiranog zahvata, počevši od investitora, pa potom projektanta, revidenta, izvođača radova, nadzornog inženjera, pa do tvrtki registriranih i licenciranih za obavljanje djelatnosti gospodarenja građevnim otpadom, jasno, u skladu sa svojim poslovnim statusom i interesom. Ta materija normativno je definirana kroz tri zakona i sedam provedbenih pravilnika, što znači nepovezana zakonska regulativa, teško primjenjiva u praksi, pa ne pridonosi brzini primjene proklamiranih ciljeva. Ocjena sadašnjeg stanja u segmentu planiranja, projektiranja zahvata, generiranja otpada pri izvođenju radova te gospodarenja građevnim otpadom može se dati ako se analiziraju zakonskom regulativom zacrtani ciljevi i njihova provedba te pojavnii oblici koji se pritom javljaju, a što u osnovi karakterizira:

- 1. Nedovoljna izgrađenost i postojanje legalnih reciklažnih dvorišta za gospodarenje građevnim otpadom i/ili odlagališta takvog otpada dovodi u pitanje provođenje, na državnoj razini, proklamiranih ciljeva o održivom gospodarenju građevnim otpadom. Takvo stanje pogoduje nastajanju ilegalnih deponija, odlagališta, stovarišta, neusklađenih odlagališta i sl. u prirodnom okolišu, odnosno protuzakonitom djelovanju sudionika u gradnji čija je posljedica procvat sive ekonomije.**
- 2. Nedovoljna usklađenost s europskim Direktivama i Protokolom o gospodarenju građevnim otpadom i otpadom od rušenja odgađa provođenje obveza koje nisu definirane hrvatskim propisima. To se prije svega odnosi na potrebu donošenja kriterija i propisanih postupaka za izradu i donošenje projektnih revizija prije rušenja ili reviziju gospodarenja otpadom te planova gospodarenja otpadom za svaki pojedinačni zahvat ili gradnju. Tome treba dodati propisivanje regulatornih i kontrolnih obveza tijela područne vlasti u uspostavljanju integrirane strategije gospodarenja otpadom te provedbi ograničenja odlaganja otpada.**
- 3. Nedovoljna educiranost i stručna sposobljenost sudionika u lancu planiranja, financiranja, izvedbe i nadzora nad radovima u provedbi principa održivog gospodarenja neopasnim građevnim otpadom, kako u segmentu nastanka, tako i njegovog recikliranja te ponovnoj upotrebi. Takvo stanje utječe na umanjivanje važnosti održivog gospodarenja građevnim otpadom, što za posljedicu ima neodgovorno i protuzakonito ponašanje u praksi.**
- 4. Nedovoljni angažman nadležnih inspekcijskih službi i komunalnih redarstava** koji odredbe zakonskih regulativa ne provode u preventivnim i kontrolnim postupanjima, već se njihov rad svodi na postupanja uvjetovana pojedinačnim prijavama ili reakcijama na protuzakonite slučajeve koji se objave u javnim medijima. Takav je rad vjerojatno uvjetovan nedostatnom kadrovskom ekipiranošću i tehničkom opremljenosti službi, raspoloživim proračunskim sredstvima te stupnjem opće društvene i političke podrške. Jasne potvrde navedenog rada i stanja ogledaju se u sljedećim, nasumice odabranim primjerima:
 - Građevinska ili inspekcija zaštite okoliša do sada nije redovito ili ciljano kontrolirala vođenje propisane dokumentacije o gospodarenju otpadom na gradilištima, sukladno članku 135. stavku 1. točki 11. Zakona o građenju (NN 153/13 i 20/17). Taj zakon pro-

pisuje vođenje i ovjeru Pratećih listova (PL-O) i Očeviđnika o nastanku i tijeku otpada (ONTO) za svaku vrstu i pošiljku otpada koji napušta gradilište. Ta dokumentacija je očit dokaz u postupku gospodarenja otpadom jer daje relevantne odgovore o vrsti (kb) i količini, vlasniku ili posjedniku i prijevozniku otpada, te trgovačkom društву registriranom i licenciranom za gospodarenje otpadom koje je preuzeo otpad u legalno reciklažno dvorište ili javno odlagalište otpada. Kontrola navedene dokumentacije može se provoditi tijekom ili nakon izvršenih radnji, odnosno cijelo vrijeme trajanja gradnje s obzirom na to da se mora voditi ažurno i pravodobno pa ju nije moguće falsificirati i naknadno izraditi jer je moguća provjera i kontrola i kod drugih sudionika (vlasnik ili posjednik otpada, izvođač radova, prijevoznik i tvrtka za gospodarenje koja je preuzela građevni otpad).

- Cestovna i carinska inspekcija te prometna policija uglavnom ne kontroliraju, u slučajevima kad zaustavljaju vozila koja prevoze građevni otpad, jesu li ti prijevoznici i njihovo vozilo upisani u Registar prijevoznika otpada koji se vodi pri Ministarstvu zaštite okoliša i energetike, odnosno jesu li legalni prijevoznici otpada.

5. Neprovođenje sustavnog planiranja troškova te osiguranja finansijskih sredstava za provođenje principa održivog gospodarenja neopasnim građevnim otpadom, koji bi preostao nakon izgradnje i izvedbe pojedinih radova od strane investitora (naručitelja gradnje), vidljivo je manje-više u svakom Projektnom zadatku, Troškovniku radova, Ugovoru s izvođačem radova ili stvarnom stanju na terenu. Time investitor (naručitelj gradnje) pretpostavlja svoj partikularni interes o jeftinijoj izgradnji uz rizik penalizacije zbog kršenja zakonske regulative, koji ionako prebacuje na izvođača radova širem društvenom interesu i pozitivnim učincima koji se ogledaju u:

- očuvanju životne i prirodne okoline te provođenju zakonske regulative,
- iskorištavanju korisnih svojstava građevnog otpada, odnosno njegovim prikupljanjem i oporabom omogućuje ponovna upotreba pri izvođenju novih radova, čime se smanjuje potreba za eksploracijom prirodnih materijala,
- razvoju inovativnih tehnologija, novih materijala i proizvoda pri recikliranju i korištenju građevnog otpada, što omogućuje osnivanje novih trgovačkih društava i otvaranje novih radnih mesta,
- bitnom smanjenju ili eliminiranju protuzakonitog i nekontroliranog odbacivanja otpada u okoliš te nastajanju ilegalnih (divljih) odlagališta i deponija,
- dokidanju ili bitnom smanjenju potrebe da se javna sredstva troše na sanaciju ilegalnih deponija i odlagališta,
- dokidanju ili bitnom smanjenju "sive ekonomije" koja buja u situacijama i djelatnostima gdje se ne provodi zakonska regulativa i to na svim razinama, počev od naručitelja građevinskih zahvata i izvođača radova do kontrolnih institucija.

6. Nedostatna, nejasna i površna obrada postupanja s generiranim građevnim otpadom, odnosno u održivom gospodarenju neopasnim građevnim otpadom u projektnim dokumentacijama, a posebno u troškovnicima radova, nije u skladu s Pravilnikom o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina niti Pravilnikom o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest.

Takvom stanju i kvaliteti projektnih rješenja pridonosi:

- izostanak kriterija (praga) kada se i za koje građevine i radove pristupa izradi revizije prije rušenja te posebnih tehničkih uvjeta za gospodarenje građevnim otpadom koji nastaje tijekom izvođenja radova,
- nepostojanje ujednačenog načina izrade i opisa posebnih tehničkih uvjeta za gospodarenje građevnim otpadom,
- nepostojanje modela sadržaja i opisa preambule troškovnika radova te samih troškovničkih stavki radova koje tretiraju nastanak građevnog otpada i potrebu njegove oprobne.

Sve su to razlozi zašto tehnički opisi u glavnim projektima i preambule u troškovnicima radova ne sadrže razrađene posebne tehničke uvjete za gospodarenje građevnim otpadom, a opisi radova u pojedinim troškovničkim stavkama ne daju relevantne podatke o generiranom građevnom otpadu, što se ponajprije odnosi na:

- vrstu i ključni broj (kb) otpada,
- način gospodarenja otpadom (na gradilištu ili predaja ovlaštenom t.d. za gospodarenje otpadom),
- neprovjeravanju od strane projektanta postojanja legalnih i licenciranih reciklažnih dvorišta za gospodarenje građevnim otpadom i/ili javnih odlagališta za zbrinjavanje otpada na određenom području gdje se izvode radovi,
- mjere i postupci ako se gospodarenje otpadom, u cjelini ili dijelom provode na gradilištu (prikljupljanje, razvrstavanje, skladištenje, izdvajanje korisnih sekundarnih sirovina, građevnih materijala i proizvoda, eventualno recikliranje) izostaju,
- prebacivanje određenih postupaka gospodarenja otpadom na izvođača radova (iznalaženje i prijevoz na "deponij", troškovi odlaganja i sl.) bez plaćanja takvih postupaka, kao da gospodarenje otpadom nije sastavni dio troškova gradnje koju treba snositi naručitelj gradnje, već se smatra "sponzoriranjem" izvođača radova, predstavlja diskrecjsko pravo projektanta i investitora.

7. Nepridržavanje izvođača radova te toleriranje takvog ponašanja od strane investitora, odnosno nadzornog inženjera, inspekcijskih službi i komunalnih redarstava o zakonskoj obvezi postupanja i vođenja propisane dokumentacije o gospodarenju građevnim otpadom na gradilištu. Spomenuta dokumentacija prati svaku pošiljku (kamion) građevnog otpada i iskopanog materijala, koji nije mineralna sirovina sukladno Zakonu o rudarstvu, a napušta gradilište, odnosno nije korištena u obuhvatu građevine. Tu dokumentaciju čine:

- Prateći list (PL-O) svake pošiljke iz kojeg je vidljiva vrsta, količina i mjesto nastanka otpada, a ovjeren je od strane vlasnika (posjednika) i prijevoznika otpada te licenciranog t.d. za gospodarenje otpadom koje je i preuzeo otpad na daljnju obradu,
- Očeviđnik o tijeku i nastanku otpada (ONTO),
- Evidencije o proglašenju otpadom građevnih materijala i iskopnih materijala koji ne podliježu Zakonu o rudarstvu, nastalog izvođenjem radova koji se šalje s gradilišta na daljnju obradu ili odlaganje.



Slika 4. Fotografije "divljih" odlagališta građevnog otpada

Rezimirajući izneseno, možemo aktualno stanje i praksu u području održivog gospodarenja neopasnim građevnim otpadom ocijeniti lošim i neodrživim, bez obzira na pojedinačne napore i dobre primjere. Čekanje da se novelira sadašnja zakonska regulativa, izgradi i opremi dostatan broj reciklažnih dvorišta i eventualno novih odlagališta za gospodarenje građevnim otpadom, educiraju nužni kadrovi, postrože sankcije i intenzivira rad nadležnih inspekcija i komunalnih redarstava, pa da se potom počnu provoditi zakonske odredbe, predstavljalo

bi neodgovorno odugovlačenje i zloupotrebu zbog nekih parcijalnih i pragmatičnih interesa koji se mogu kvalificirati kao opstrukcija i protuzakonito postupanje. Stoga bi u djelatnost gdje se generira i gospodari građevnim otpadom trebalo hitno uesti reda striktnim provođenjem i primjenom postojećih zakonskih normi, svatko u svom djelokrugu rada i odgovornosti, jer je to za početak dovoljno da se stanje počne mijenjati. Svoj doprinos promjeni stanja trebaju dati i ovlašteni projektanti jer treba težiti smanjenju količine generiranog otpada pri izvođenju radova primjenom inovativnih projektnih rješenja te korištenjem dijela samog otpada, kao i recikliranog otpada u obuhvatu same građevine. Time bi se princip održivog gospodarenja građevnim otpadom učinio prihvatljivim troškom za investitore u sumi ukupnih troškova građenja.

6 Prijedlozi poboljšanja u projektnoj i tehničkoj dokumentaciji

S obzirom na postojeće stanje u gospodarenju građevnim otpadom kao i na stanje postojeće regulative, nužno se dolazi do zaključka da je potrebno poboljšati regulativu u projektnom i tehničkom dijelu dokumentacije, poglavito u opisu troškovničkih stavki, koja je sastavni dio glavnog projekta i to na način da se izrade obvezujući Posebni tehnički uvjeti za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja.

Troškovničke stavke opisuju potpuno uskladene s terminima i načinom gospodarenja građevnim otpadom na gradilištima, odnosno mjestima izvođenja adaptacija i uređenja te rušenja.

6.1 Posebni tehnički uvjeti za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja

Doprinos da se pristup održivom gospodarenju neopasnim građevnim otpadom koji se generira izvođenjem radova i aktualno stanje počne mijenjati bilo bi hitno donošenje posebnih tehničkih uvjeta za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja.

Zbog disperzije odrednica zakonske regulative nakon uvođenja i usklađivanja s europskim direktivama, zbog nepripremljenosti subjekata te ustaljene negativne prakse postupanja s građevnim otpadom nužno je prepoznati potrebu uvođenja posebnih uvjeta u samom početku gradnje objekata u širem smislu.

Naime postupanje s građevnim otpadom nastalim prilikom građenja ili rušenja objekata nužno je vezano za pozamašne troškove. Ustaljenom negativnom praksom, iz različitih razloga, projektant je troškovnikom odnosno stavkama vezanim za radove koji u sebi sadržavaju mogući nastanak otpada, uvijek izostavio, nedovoljno obradio ili preopćenito opisao način postupanja s nastalim otpadom.

Posebnim uvjetima koji bi se odnosili na ovu problematiku, prije svega bi se ciljalo na to da se projektantske tvrtke uputi na potrebu da adekvatnim i točnim opisima uvrštenim u projektnu dokumentaciju, u stilu prethodnih napomena i/ili navođenjem točnih podataka i opisa u troškovničke stavke, izvođaču/ponuditelju daju precizne naputke kako postupati s građevnim otpadom uzimajući u obzir posebno svaku stavku prema grupama radova uz obrazloženje načinom obračuna.

Potreba postojanja posebnih tehničkih uvjeta za gospodarenje građevnim otpadom već je normirana u članku 17. stavku 2. točki 5. Pravilnika o obveznom sadržaju o opremanju projekata građevina, gdje se propisuje da svaki glavni projekt građevine mora sadržavati odgovarajuće projekte za projektirana rješenja, sukladno posebnom zakonu.

Posebni tehnički uvjeti za gospodarenje građevnim otpadom i otpadom od rušenja kao dokument bi objedinio normativne uvjete i kriterije propisane zakonskim odredbama, definiralo postupanja i nosioce izvršenja određenih zadaća glede sadržaja projekata i troškovnika radova, upravne i provedbene dokumentacije (npr. uvjetovanja kroz lokacijsku, građevinsku i uporabnu dozvolu), ujednačio metode i načine tehničkog prikazivanja kvantifikacije i kategorizacije građevnog otpada, čime bi čitava materija postala jasnija i razumljivija.

Iniciranje takvih Posebnih tehničkih uvjeta, na regionalnom nivou, preuzele je Društvo građevinskih inženjera Rijeka uz suradnju sa srodnim strukovnim udrugama i tvrtkama. Mišljenja smo da bi Posebni tehnički uvjeti za gospodarenje građevnim otpadom trebali obuhvatiti:

a) Reviziju prije rušenja ili reviziju gospodarenja otpadom

Ovo poglavlje daje odgovore o identifikaciji i količini otpada, tehnološkim postupcima izvođenja radova te načinu odlaganja ili recikliranja otpada, odnosno ponovne uporabljivosti. Provođenjem takvih postupaka doprinosi se sigurnoj izvedbi radova, planskom iskorištenju korisnih svojstava otpada te kvaliteti projektne dokumentacije i troškovnika radova. Kako bi se izbjegla izrada opširnih separata, ovi podaci mogu biti obrađeni kroz ujednačene tablice po modelu anketnih pitanja. Kriterij, odnosno prag koji se može propisati za pristupanje izradi revizija mogu biti sljedeće granične vrijednosti:

- 100 tona generiranog građevnog otpada za infrastrukturne građevine i/ili
- 2.400 m³ volumen građevine u visokogradnji (referentni objekt P+1 tlocrtne površine 400 m²); slični kriteriji postoje u Austriji,
- opći podaci o građevini, zahvatu ili objektu i primijenjenoj tehnologiji gradnje,
- predradnjama prije početka izvođenja radova i/ili uklanjanja građevina i objekata,
- postupcima gospodarenja otpadom (na gradilištu ili licenciranim t.d. za uporabu i odlaganje otpada),
- identifikaciji otpada u zahvatu gradnje i postupci gospodarenja,
- podacima o otpadu nastalom izvođenjem građevinskih radova,
- kategorizaciji otpada po vrsti i ključnom broju (kb) koju će obuhvatiti troškovnik radova,
- volumna ili težinska kvantifikacija po vrstama otpada,
- kriteriji donošenja odluke o mjestu provedbe uporabe otpada (gradilište ili reciklažno dvorište, odlaganje).

b) Sadržaj prikaza gospodarenja otpadom u projektnoj dokumentaciji i troškovniku radova

Odgovorni projektant mora u glavnom projektu i/ili troškovniku radova obraditi posebne tehničke uvjete za gospodarenje građevnim otpadom koji nastaje tijekom građenja i pri uklanjanju građevine ili njezinog dijela u skladu s propisima.

Posebni tehnički uvjeti morali bi biti tekstualno obrađeni kroz zasebni separat Glavnog projekta za veće radove, odnosno kroz preambulu troškovnika za manje radove i zahvate.

U oba slučaja troškovničke stavke koje prikazuju nastajanje otpada dovoljno je da sadrže opis, vrste i ključni broj (kb) otpada, namjenu i mjesto recikliranja ili odlaganja otpada.

c) Operativnu provedbu

Ovo poglavlje moralo bi dati odgovore i propisivati:

- kriterije i tehnička postupanja,
- tehničke uvjete provedbe i priprema građevnog otpada za postupak recikliranja,
- tehničke normative za ocjenu kvalitete proizvedenih reciklata i
- obračun izvedenih radova u postupku gospodarenja građevnim otpadom.

6.2 Primjeri opisa troškovničkih stavki radova s korekcijama i komentarima za njihovo poboljšanje

Za ilustraciju se navode neki primjeri postojećeg opisa troškovničkih stavki radova, a autori su bili dostupni ili su im dostavljeni u raznim postupcima nadmetanja. Prikazano je kako nisu usklađeni sa zakonskom regulativom i stvarnim stanjem u praksi. Paralelno su dani ogledni primjeri troškovničkih stavki koji su usklađeni sa zakonskom regulativom i tehničkim postupcima koji će se provoditi na gradilištu (tablica 7.).

Tablica 7. Prikaz troškovničkih stavki

Br. 1. Postojeće stavke iz troškovnika rekonstrukcije poslovne zgrade		Prijedlog stavke troškovnika sukladno zakonskoj regulativi o gospodarenju građevinskim otpadom	
Opis	Količina	Opis	Količina
Pažljivo rušenje postojećeg poda prizemlja koji se sastoji od parketa i keramičkih pločica, betonskog estriha, hidroizolacije i AB ploče debljine oko 15 cm i dijela nasipa ukupne debljine oko 51 cm, s odvozom materijala na deponij.	102,21	Pažljivo rušenje postojećeg poda prizemlja koji se sastoji od parketa i keramičkih pločica, betonskog estriha, hidroizolacije i AB ploče debljine oko 15 cm i dijela nasipa ukupne debljine oko 51 cm. Nastali otpad se deklariра kao miješani građevni otpad i otpad od rušenja sa kb 17 09 04. Revizijom gospodarenja otpadom prije rušenja i projektnom dokumentacijom nije predviđen za korištenje u obuhvatu građevine. Nakon izdvajanja korisnih sekundarnih sirovina (metal, plastika, drvo, staklo, guma i eventualno opasnih otpada), neopasan otpad se odvozi na daljnju obradu u licenciranom reciklažnom dvorištu uz propisanu dokumentaciju (Prateći list PL-O), za svaki kamion zasebno. Jedinična cijena uz radove rušenja obuhvaća utovar i prijevoz otpada do reciklažnog dvorišta, izradu prateće dokumentacije, kao i plaćanje naknade za preuzimanje i prihvatanje otpada u reciklažno dvorište. Težinska kvantifikacija obavlja se na kolskoj vagi u reciklažnom dvorištu. Obračun po m ³ .	102,21

Tablica 7. Prikaz troškovničkih stavki (nastavak 1)

Br. 2. Postojeće stavke iz troškovnika sanacije vijadukta		Prijedlog stavke troškovnika sukladno zakonskoj regulativi o gospodarenju građevnim otpadom	
Opis	Količina	Opis	Količina
<p>“Uklanjanje sloja sitnozrnatog betona za izravnjanje na kolničkoj ploči mosta. Mehaničkim postupkom–frezanjem treba ukloniti sloj za izravnavanje kolnika s utovarom i odvozom materijala na javni gradski deponij ili deponij izvoditelja po nalogu nadzornog inženjera. Debljina sloja je 5-10cm (do nosivog betona). Obračun po m² uklonjenog i odloženog recikliranog sloja.</p>	2.288 m ²	<p>Uklanjanje sloja sitnozrnatog betona za izravnjanje na kolničkoj ploči mosta. Mehaničkim postupkom—frezanjem treba ukloniti sloj za izravnavanje kolnika. Nastali otpad se deklarira kao betonski otpad kb 17 01 01 te projektnom dokumentacijom i revizijom prije rušenja nije predviđen za korištenje u obuhvatu gradnje. Nakon izdvajanja eventualnog opasnog otpada, betonski se otpad odvozi u legalno i licencirano reciklažno dvorište za gospodarenje neopasnim građevnim otpadom. Za svaku pošiljku (kamion) betonskog otpada treba biti izrađen, ovjeren i priložen Prateći list (PL-O). Jedinična cijena uz građevne radove obuhvaća i troškove utovara i prijevoza otpada na 10 km udaljenosti te plaćanje naknade za prihvat i preuzimanje otpada u reciklažnom dvorištu. Debljina sloja je 5-10cm (do nosivog betona). Obračun po m² uklonjenog i predanog betona.</p>	2.288 m ²

Tablica 7. Prikaz troškovničkih stavki (nastavak 2)

Br. 3. Postojeće stavke iz troškovnika komunalnih radova		Prijedlog stavke troškovnika sukladno zakonskoj regulativi o gospodarenju građevnim otpadom	
Opis	Količina	Opis	Količina
<p>Utovar i odvoz cjelokupnog materijala iz iskopa rova mješovitog kolektora na privremeni deponij gradilišta. Ovisno o organizaciji gradilišta izvođača radova, privremenih deponija može biti i trajni. Odvoz bez obzira na udaljenost deponija, tj. izvođač pri nuđenju radova mora uzeti u obzir daljinu prijevoza. Ako na toj udaljenosti nije trajni deponij, jediničnom cijenom obuhvaćeno je konačno postupanje sa svim materijalom iz privremenog na trajni deponij sa svim potrebnim radnjama. Cijenom je uključeno: utovar, prijevoz, probiranje materijala te odvoz s istovarom. Troškove iznalaženja privremenog i trajnog deponija, odštete, pristup i uređenje deponija snosi izvođač radova. Izvođač je dužan u potpunosti osigurati prijevoz na samom gradilištu, kao i na javnim prometnim površinama. Za obračun radova uzima se presjek kao u stawkama iskopa. Povećanje utovara i odvoza uslijed proširenog presjeka zbog neravnomjernosti iskopa treba uključiti u jediničnu cijenu radova. Obračun po 1 m³ odvezene materijala u sraslom stanju. Obračun po m³.</p>	285	<p>Troškovnička stavka treba biti sastavljena tako da se vidi:</p> <p>a) koja će količina iskopanog materijala biti korištena u obuhvatu gradnje. Ta količina se, uz utovar i gradilišni prijevoz, razvozi i deponira na internom odlagalištu, tj. u krugu gradilišta. Budući da takav materijal ne predstavlja građevni otpad, niti radove, njegovo odalganje ili recikliranje, tada se ti radovi u troškovniku radova mogu prikazati kao posebna stavka ili podstavka u zajedničkoj stavci. Za ovaj rad se kvantificira opseg i opis radova te formira posebna jedinična cijena radova;</p> <p>b) Za preostali, višak iskopanog materijala, koji ne predstavlja mineralnu sirovину po Zakonu o rудarstvu, a koji se na temelju revizije prije rušenja i projektne dokumentacije proglašava građevnim otpadom deklariranim po vrsti kao zemlja i kamenje kb 17 05 04, treba biti predan legalnom, licenciranom reciklažnom dvorištu za gospodarenje građevnim otpadom. Za ovaj rad se kvantificira opseg i opis radova te formira posebna jedinična cijena radova. Jedinična cijena, uz građevne radove, obuhvaća i troškove utovara i prijevoza na udaljenosti od 2 km, te plaćanje naknade za prihvat i preuzimanje otpada u reciklažnom dvorištu.</p> <p>Obračun po m³.</p>	285

Tablica 7. Prikaz troškovničkih stavki (nastavak 3)

Br. 4. Postojeće stavke iz troškovnika izgradnje visokoškolske ustanove	Prijedlog stavke troškovnika sukladno zakonskoj regulativi o gospodarenju građevnim otpadom		
Opis	Količina	Opis	Količina
Široki iskop materijala u terenu B kategorije. Stavka obuhvaća odvoz materijala na deponiju koji odredi investitor. Obračun po m³ iskopanog i deponiranog materijala.	22.929,42	Iz opisa stavke dalo bi se zaključiti da se radi o iskopu koji nije mineralna sirovina po Zakonu o rudarstvu, već se radi o otpadu, odnosno trajnom odlaganju materijala u okoliš (deponiji), za što na riječkom području ne postoji legalno odlagalište. Opcija da se taj materijal odveze izvan Primorsko-goranske županije na neko odlagalište koje još legalno funkcioniра, nema, zbog udaljenosti, nikakvog ekonomskog opravdanja. Jedina realna, tehnički lako izvediva i zakonski utemeljena opcija je da se taj materijal, deklariran po vrsti kao zemlja i kamenje, kb 17 05 04, te kao građevni otpad preda u reciklažno dvorište za gospodarenje građevnim otpadom, koje se nalazi na udaljenosti do 7 km. Jedinična cijena, uz građevne radove, obuhvaća i troškove utovara i prijevoza na udaljenosti 7 km te plaćanje naknade za preuzimanje otpada u reciklažno dvorište za gospodarenje neopasnim građevnim otpadom. Obračun po m ³ .	22.929,42

Iz svega navedenoga vidljivo je da se u postojećim troškovnicima upotrebljava termin "deponij", koji nova regulativa poznaje pod pojmom "odlagalište", tj. legalnu građevinu za prihvat i trajno odlaganje građevnog otpada, što se kao model gospodarenja otpadom napušta od 2018. godine.

6.3 Diskusija

Donošenje osnovnih smjernicama s tipološki obrađenim troškovničkim stavkama u skladu s zakonskom regulativom bio bi prvi korak u izradi detaljnijih Posebnih tehničkih uvjeta za gospodarenje neopasnim građevnim otpadom. Smjernice, a u konačnici posebni tehnički uvjeti za takvo postupanje, znatno bi unaprijedili i olakšali izradu projektne dokumentacije i troškovnika radova jer bi bili ujednačeni sadržaji i način izrade te modeli, standardi i kriteriji provedbe pri operativnom postupanju u praksi.

Izradu smjernica i opisa osnovnih stavki moglo bi preuzeti Društvo građevinskih inženjera Rijeka kao inicijator, a i u konačnici Hrvatski savez građevinskih inženjera uz suradnju sa srodnim strukovnim udrugama na razini Republike Hrvatske, te na kraju nadležna ministarstva.

7 Zaključak

U ovom je radu istaknuta problematika o postupanju s građevnim otpadom koji nastaje prilikom rušenja i gradnje, s posebnim osvrtom na poboljšanje stanja osobito u dijelu projektne i troškovničke dokumentacije.

Osnovni ciljevi o gospodarenju građevnim otpadom sadržani su u Planu gospodarenja otpadom RH za razdoblje 2017.-2022. koji obuhvaća i sve obveze RH koje proizlaze iz EU zakonodavstva i propisa te naše zakonske i podzakonske regulative. Uvođenje principa održivog gospodarenja neopasnim građevnim otpadom podrazumijeva kružno gospodarenje, odnosno sva postupanja s otpadom, od planiranja i projektiranja, njegovog nastajanja, prikupljanja, razvrstavanja, obrade i recikliranja, do ponovne upotrebe u graditeljstvu, krajobraznoj arhitekturi i komunalnoj infrastrukturi.

Komplicirana zakonska regulativa pogoduje izbjegavanju planiranja investicijskih troškova za odlaganje otpada, nesveobuhvatnom projektiranju i operativnoj provedbi principa održivog gospodarenja građevnim otpadom te njegovim tretmanom od mjesta nastanka do konačnog postupanja na legalnim, licenciranim reciklažnim dvorištima i eventualno odlagalištima. Takvo stanje pogoduje protuzakonitim djelovanjima i sivoj ekonomiji. Nedovoljna edukacija sudionika u lancu gospodarenja građevnim otpadom te nedostatna kontrola nadležnih inspekcijskih službi i komunalnih redarstava, pridonosi stanju da građevni otpad završava na ilegalnim deponijama, štetnim za okoliš, sigurnost i ljudsko zdravlje. Iz zakonske regulative izuzetno je važno definirati pojedine pojmove koji su bitni za gospodarenje građevnim otpadom kako je to navedeno:

- Odlagalište otpada je građevina namijenjena odlaganju otpada na površini ili podzemljom.
- Vlasnik građevnog otpada koji je nastao na određenom gradilištu jest vlasnik ili korisnik građevine, investitor ili izvođač radova kad je na njega vlasnik ili korisnik građevine ili dijela građevine, koja se nalazi na tom gradilištu, odnosno investitor ugovorom prenio vlasništvo nad građevnim otpadom.
- Vlasnik građevnog otpada dužan je osigurati da je taj otpad predan ovlaštenoj osobi za gospodarenje otpadom.
- Izvođač je dužan gospodariti građevnim otpadom nastalim tijekom građenja na gradilištu sukladno propisima koji uređuju gospodarenje otpadom te je dužan oporabiti i/ili odložiti građevni otpad nastao tijekom građenja na gradilištu. U slučaju nepridržavanja navedenih obveza i vlasnik i izvođač plaćaju izuzetno visoke kazne.

Razmatranjem postojećeg stanja u gospodarenju građevnim otpadom, kao i stanja postojeće regulative, može se zaključiti da je potrebno poboljšati regulativu u tehničkom dijelu projektne dokumentacije koja je sastavni dio glavnog projekta i to na način da se izrade obvezujući posebni tehnički uvjeti gospodarenja opasnim otpadom koji moraju sadržavati opis postupaka u skladu s posebnim propisima o gospodarenju opasnim otpadom.

Posebno je obrađen primjer postojećih, još uvijek prisutnih opisa troškovničkih stavki u raznim projektima, kao i prijedlog novih opisa, koji su u potpunosti usklađeni s terminologijom i načinom gospodarenja građevinskim otpadom na gradilištima, odnosno mjestima izvođenja radova adaptacija i uređenja te rušenja sa zakonskom regulativom.

U radu se navode dijagrami sa shematskim prikazima slijeda postupaka u gospodarenju građevnim otpadom koji je nastao pri uklanjanju građevina, adaptaciji ili izgradnji, rekonstrukciji, odnosno pri izvođenju zemljanih, infrastrukturnih, komunalnih te drugih građevinskih i obrtničkih radova. Zaključno se navodi dijagram toka postupanja s građevnim otpadom prilikom prihvata u reciklažno dvorište, što uključuje pregled i provjeru, kategorizaciju i vanjanje otpada te njegovu krajnju uporabu.

Zaključuje se da bi donošenje osnovnih smjernica s tipološki obrađenim troškovničkim stavkama, sukladno zakonskoj regulativi, značilo prvi korak u izradi detaljnih Posebnih tehničkih uvjeta za gospodarenje neopasnim građevnim otpadom. Smjernice, a u konačnici posebni tehnički uvjeti za takvo postupanje, znatno bi unaprijedili i olakšali izradu projektne dokumentacije i troškovnika radova jer bi bili ujednačeni sadržaji i način izrade te modeli, standardi i kriteriji provedbe pri operativnom postupanju u praksi.

Izradu smjernica i opisa osnovnih stavki inicirat će Društvo građevinskih inženjera Rijeka i u konačnici Hrvatski savez građevinskih inženjera, uz suradnju sa srodnim strukovnim udrugama na nivou RH ili regionalnih jedinica, te na kraju nadležna ministarstva. Time bi se u znatnoj mjeri popravila situacija u gospodarenju građevnim otpadom.

Literatura

- [1] Direktiva 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva(19.11.2008.) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>
- [2] Plan gospodarenja otpadom 2017-2022 (NN 3/2017)
- [3] Protokol EU-a za gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja (rujan 2016.), <https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0>
- [4] Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13)
- [5] Zakon o izmjenama i dopunama zakona o održivom gospodarenju otpadom (NN 73/17)
- [6] Pravilnik o katalogu otpada (NN 90/15)
- [7] Pravilnik o gospodarenju otpadom (NN 23/14, 51/14, 121/15, 132/15)
- [8] Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15)
- [9] Pravilnik o građevinskom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16)
- [10] Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14)
- [11] Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 64/14, 41/15, 105/15, 61/16, 20/17)
- [12] Zakon o gradnji i Zakon o izmjenama i dopunama zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17)
- [13] Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 64/14, 41/15, 105/15, 61/16, 20/17)
- [14] Zakon o rudarstvu (NN 56/13, 14/14)
- [15] Pravilnik o postupanju s viškom iskopa koji predstavlja mineralnu sirovину kod izvođenja građevinskih radova (NN 79/14)



Troškovno optimalne analize i rješenja za gotovo nulte energetske zgrade i primjeri iz prakse

Autor:
Željka Hrs Borković

SAEPTUM d.o.o.
Amruševa 14, Zagreb

HUEC - Hrvatska udruga za energetske certifikatore
Berislavićeva 6, Zagreb

Troškovno optimalne analize i rješenja za gotovo nulte energetske zgrade i primjeri iz prakse

Željka Hrs Borković

Sažetak

Koncept zgrade gotovo nulte energije više nije koncept daleke budućnosti, već realno rješenje za doprinos arhitekture smanjenju CO₂ emisija, potrošnje energije i ukupnih troškova tijekom uporabljivosti zgrade. Projektiranje i gradnja novih, kao i energetska obnova postojećih zgrada na gotovo nulte energetske standard, zakonska je obveza od 2018. za javni sektor, a od 2020. godine za sve novogradnje i rekonstrukcije. Najpovoljniji energetski koncept uključuje visoku razinu toplinske izolacije te dobro izbalansiranu, a ne predimenzioniranu tehničku opremu tj. sustave, uz obaveznu primjenu OIE. Energetski koncept predstavlja integralno i troškovno optimalno rješenje, koje dugoročno ostvaruje niske troškove pri korištenju i održavanju zgrade, te produžava uporabljivost zgrade uz smanjenje ekološkog otiska. U radu je opisan kratki prikaz problematike zgrada gotovo nulte energije, zakonodavnog okruženja, troškovno optimalnih analiza i primjera iz prakse.

Ključne riječi: *gotovo nulte energetske zgrade, troškovno optimalne analize, energetski koncept*

Cost optimal analysis and solutions for nearly zero energy buildings and best practice examples

Abstract

The concept of nearly zero energy building is no longer being mentioned as a concept of distant future, but as a real solution for architecture to contribute reducing the CO₂ emissions, energy consumption and overall costs through the lifespan of building. Designing and building new, as well as energy renovation of existing buildings to nearly zero energy standard is a legally binding obligation from 2018 for the public sector and from 2020 for all new buildings and reconstructions. A quality-optimized energy concept involves a high level of thermal insulation and well-balanced and not over-dimensioned technical equipment, i.e. systems, with mandatory application of RES. The energy concept represents an integral and cost-optimal solution, which achieves long term low costs of using and maintaining the building, and extends the lifespan of the building while reducing ecological printing. This paper gives a brief overview of nearly zero energy buildings, legislative framework, cost-optimal analysis and practice examples.

Key words: *nearly zero energy buildings, cost-optimal analysis, energy concept*

1 Uvod

Suvremena arhitektura danas, uz kreativni doprinos i doprinos kvaliteti života, mora uključiti u promišljanje i cijeli niz mjera za povećanje energetske učinkovitosti, mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije, daljinskog grijanja i hlađenja, kogeneracije, smanjenja korištenja fosilnih goriva i zagađenja okoliša u kojem živimo.

Projektiranje i gradnja novih, kao i energetska obnova postojećih zgrada na gotovo nulti energetski standard zakonska je obveza od 2018. za javni sektor, a od 2020. godine za sve novogradnje i rekonstrukcije. Razmatranje energetskog koncepta gotovo nulte energetske zgrade potrebno je uključiti u početnoj fazi projektiranja kako bi se u proces projektiranja uspješno integrirali principi održive, energetske i ekološki svjesne arhitekture. Najpovoljniji energetski koncept uključuje visoku razinu toplinske izolacije te dobro izbalansiranu, a ne i predimenzioniranu tehničku opremu tj. sustave, uz obveznu primjenu obnovljivih izvora energije (OIE). Energetski koncept tada predstavlja integralno i troškovno optimalno rješenje, koje dugoročno ostvaruje niske troškove pri korištenju i održavanju zgrade te produžava uporabljivost zgrade uz smanjenje ekološkog otiska, [6].

2 Zakonodavno okruženje, planovi i programi

DIREKTIVA 2010/31/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 19. svibnja 2010. o energetskoj učinkovitosti zgrada/energetskom svojstvu zgrada/Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (EPBD II) [1] uvodi pojam *zgrade gotovo nulte energije*, te traži da od 31. prosinca 2020. sve nove zgrade moraju biti *zgrade gotovo nulte energije*, a nakon 31. prosinca 2018. to se odnosi na nove zgrade kojima se koriste tijela javne vlasti, odnosno koje su u vlasništvu tijela javne vlasti. Javni sektor treba stimulirati na energetsku obnovu u standardu gotovo nultih energetskih zgrada. Krajem 2016. godine Europska komisija predložila je u sklopu cijelog paketa mjera i izmjene i dopune EPBD II kako bi se postrožile i ubrzale promjene u zgradarstvu s ciljem 30 % ušteda do 2030. godine.

Kriteriji *zgrade gotovo nulte energije* definirani su u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [3] prema namjeni zgrade. *Zgrada gotovo nulta energije* jest zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva. Ta gotovo nulta odnosno vrlo niska količina energije podmiruje se iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini. *Zgrade gotovo nulte energije* ispunjavaju zahtjeve u pogledu primjene obnovljivih izvora energije ako je najmanje 30 % godišnje primarne energije podmireno iz obnovljivih izvora energije.

Od država članica EU se traži izrada nacionalnih akcijskih planova za povećanje broja *zgrada gotovo nulte energije*, uzimajući pritom u obzir nacionalne, regionalne i lokalne uvjete. Nacionalni planovi moraju implementirati suvremenii koncept *zgrade gotovo nulte energije* kroz praktične i primjenjive troškovno optimalne mjere koje će utjecati na povećanje broja *zgrada gotovo nulte energije*.

Zgrada gotovo nulta energije definirana je potrošnjom primarne energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu, te minimalnim udjelom obnovljivih izvora energije u zadovoljavanju energetskih potreba zgrade.

Tehnički zahtjev za racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu zgrade [3] utvrđuje se najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²·a)], najvećom dopuštenom godišnjom isporučenom energijom po jedinici ploštine korisne površine zgrade E_{del} [kWh/(m²·a)] te najvećom dopuštenom godišnjom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine zgrade E_{prim} [kWh/(m²·a)] na temelju troškovno optimalnih razina za različite namjene zgrada, tablica 1. Glavni projekt zgrade koju kao vlasnici koriste tijela javne vlasti, a prilaže zahtjevu za izdavanje građevinske dozvole, mora biti izrađen u skladu sa standardom zgrade gotovo nulte energije ako je zahtjev za izdavanje građevinske dozvole podnesen nakon 31. prosinca 2017. godine.

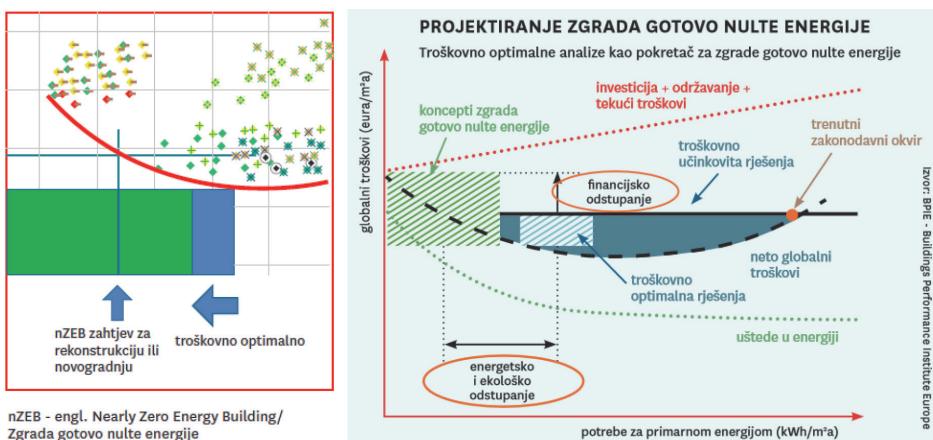
Tablica 1. Vrijednosti dopuštene potrošnje energije za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije [3]

Zahtjevi za nove zgrade i GoEZ	$Q''_{H,ad}$ [kWh/(m ² a)]						E_{prim} [kWh/(m ² a)]				E_{del} [kWh/(m ² a)]	
	NOVA ZGRADA I GoEZ						NOVA		GoEZ		NOVA	
Kategorija zgrade	kontinent, $\theta_{mm} \leq 3^\circ C$			primorje, $\theta_{mm} > 3^\circ C$			kont θ_{mm}	prim θ_{mm}	kont θ_{mm}	prim θ_{mm}	kont θ_{mm}	prim θ_{mm}
	$f_0 < 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$\leq 3^\circ C$	$> 3^\circ C$	$\leq 3^\circ C$	$> 3^\circ C$	$\leq 3^\circ C$	$> 3^\circ C$
Višestambena	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	120	90	80	50	80	60
Obiteljska kuća	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$17,16 + 24,89 \cdot f_0$	57,50	112	70	45	35	80	50
Uredsko	16,94	$8,82 + 40,58 \cdot f_0$	51,43	16,19	$11,21 + 24,89 \cdot f_0$	37,34	70	70	35	25	40	40
Obrazovna	11,98	$3,86 + 40,58 \cdot f_0$	46,48	9,95	$4,97 + 24,89 \cdot f_0$	31,13	65	60	55	55	60	60
Bolnica	18,72	$1061 + 40,58 \cdot f_0$	53,21	46,44	$41,46 + 24,89 \cdot f_0$	67,60	300	300	250	250	220	220
Hotel i restoran	35,48	$27,37 + 40,58 \cdot f_0$	69,98	11,50	$6,52 + 24,89 \cdot f_0$	32,65	130	80	90	70	90	50
Sportska dvorana	96,39	$88,28 + 40,58 \cdot f_0$	130,89	37,64	$32,66 + 24,89 \cdot f_0$	58,82	400	170	210	150	290	110
Trgovina	48,91	$40,79 + 40,58 \cdot f_0$	83,40	1390	$8,92 + 24,89 \cdot f_0$	35,08	450	280	170	150	290	170
Ostale nestambene	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	150	100	-	-	80	60

Dodatno, Zakonom o gradnji [2] propisano je obavezno energetsko certificiranje zgrada kao i izrada troškovno optimalnih analiza i elaborata alternativnih sustava opskrbe energijom. Projektant je dužan prije izrade glavnog projekta zgrade koja mora ispunjavati zahtjeve energetske učinkovitosti izraditi elaborat alternativnih sustava opskrbe energijom i predati ga investitoru. Alternativni sustavi definirani su kao:

1. decentralizirani sustav opskrbe energijom na temelju energije iz obnovljivih izvora
2. kogeneracija
3. daljinsko grijanje ili hlađenje, posebice ako se u cijelosti ili djelomično temelji na energiji iz obnovljivih izvora
4. dizalice topoline.

Troškovno optimalna razina je razina energetske učinkovitosti koja rezultira najmanjim troškom tijekom procijenjenoga gospodarskog vijeka trajanja, pri čemu se najmanji trošak određuje uzimajući u obzir troškove ulaganja povezanih s energijom, troškove održavanja i operativne troškove (uključujući troškove i uštede energije, kategoriju dotične zgrade, zarađu od proizvedene energije), gdje je primjenjivo, kao i troškove zbrinjavanja, gdje je primjenjivo, a procijenjeni gospodarski vijek trajanja određuje svaka država članica, slika 1. Na ovaj način uvodi se obveza razmatranja energetskih troškova zgrade tijekom uporabljivosti zgrade, bilo kod gradnje novih ili energetske obnove postojećih zgrada, kao i obveza korištenja obnovljivih izvora energije.



Slika 1. Troškovno optimalna razina u odnosu za razinu gotovo nulte energetske zgrade [6], [9]

Krajem 2014. godine Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja objavilo je Plan za povećanje broja zgrada gotovo nulte energije do 2020. godine [5]. U izradi je i Program poticanja gradnje novih i obnavljanja postojećih zgrada do standarda gotovo nulte energije. U okviru Prioritetne osi 4. "Promicanje energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije", Specifičnog cilja 4c1 "Smanjenje potrošnje energije u zgradama javnog sektora" OPKK predviđena su sredstva u ukupnom iznosu 211.810.805 €. Dio tih sredstava planira se alocirati na sufinciranje gradnje novih zgrada javne namjene gotovo nulte energije, u sklopu pilot projekta poticanja takve gradnje. Svrha pokretanja pilot programa je sufinciranje pilot projekata gradnje novih zgrada gotovo nulte energije u javnom sektoru, koji bi kao primjeri dobre prakse potvrdili ispravnost definirane stope sufinciranja takve izgradnje, pomogli u razvoju modela poticanja te potaknuli ostale sektore na gradnju novih zgrada gotovo nulte energije do trenutka zakonske obveze za sve nove zgrade krajem 2020. godine. Pilot projekti bi ujedno pokazali realne troškove gradnje zgrada gotovo nulte energije, te spremnost tržišta za sudjelovanje u izgradnji takvih zgrada.

Nedavno usvojeni Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju [4] koji je stupio na snagu 1. listopada 2017. donosi obvezu energetskog certificiranja zgrada prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje za referentne klimatske podatke i algoritmom propisan režim korištenja prostora i režim rada tehničkih sustava,

te prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji za referentne klimatske podatke i algoritmom propisan režim korištenja prostora i režim rada tehničkih sustava. Ta obveza kod stambenih zgrada obuhvaća energiju za grijanje, pripremu potrošne tople vode i ventilaciju/klimatizaciju (ventilacija/klimatizacija se uzima u obzir ako postoji, i to samo kroz grijanje), a kod nestambenih zgrada obuhvaća energiju za rasvjetu i energije onih termotehničkih sustava.

U novom izgledu certifikata posebno je naglašeno i svojstvo zgrade gotovo nulte energije (nZEB), ako je projektno zadovoljeno i u praksi realizirano, slika 2.

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE																							
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN)																							
 Naslov zgrade: Naslov samostalne upravne cjeline zgrade Ulica i kućišni broj Postanski broj Mjesto																							
PODACI O ZGRADI <table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/> nova</td> <td><input type="checkbox"/> postojeća</td> <td><input type="checkbox"/> rekonstrukcija</td> </tr> <tr> <td colspan="3">odaberite vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika</td> </tr> <tr> <td colspan="3">odaberite iz padajućeg izbornika</td> </tr> <tr> <td>Vlasnik / investitor:</td> <td>k.č. br.</td> <td>k.o.</td> </tr> <tr> <td>Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k</td> <td colspan="2">Godina izgradnje / rekonstrukcije</td> </tr> <tr> <td>Gradičinska (bruto) površina zgrade [m^2]</td> <td colspan="2">Mjelodavna meteorološka postaja</td> </tr> <tr> <td>Faktor oblike f_0 [m^{-1}]</td> <td colspan="2">Referentna klima</td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/> nova	<input type="checkbox"/> postojeća	<input type="checkbox"/> rekonstrukcija	odaberite vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika			odaberite iz padajućeg izbornika			Vlasnik / investitor:	k.č. br.	k.o.	Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k	Godina izgradnje / rekonstrukcije		Gradičinska (bruto) površina zgrade [m^2]	Mjelodavna meteorološka postaja		Faktor oblike f_0 [m^{-1}]	Referentna klima	
<input type="checkbox"/> nova	<input type="checkbox"/> postojeća	<input type="checkbox"/> rekonstrukcija																					
odaberite vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika																							
odaberite iz padajućeg izbornika																							
Vlasnik / investitor:	k.č. br.	k.o.																					
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k	Godina izgradnje / rekonstrukcije																						
Gradičinska (bruto) površina zgrade [m^2]	Mjelodavna meteorološka postaja																						
Faktor oblike f_0 [m^{-1}]	Referentna klima																						
ENERGETSKI RAZRED ZGRADE <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{\text{H,d}}$ [kWh/(m²a)]</td> <td>Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m²a)]</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m²a)]</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Specifična godišnja emisija CO₂ [kg/(m²a)]</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{del}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ</td> </tr> <tr> <td colspan="3">nZEB</td> </tr> </table>				Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{\text{H,d}}$ [kWh/(m ² a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]	C		B	Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)]			Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]			Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{del}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ			nZEB					
	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{\text{H,d}}$ [kWh/(m ² a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]																					
C		B																					
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)]																							
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]																							
Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{del}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ																							
nZEB																							
ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT <table border="1"> <tr> <td>Oznaka energetskog certifikata</td> <td>Datum izdavanja</td> <td>Datum važenja</td> </tr> <tr> <td>Naziv ovlaštene pravne osobe</td> <td colspan="2">Registarski broj</td> </tr> <tr> <td>Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vlastoručni potpis</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>			Oznaka energetskog certifikata	Datum izdavanja	Datum važenja	Naziv ovlaštene pravne osobe	Registarski broj		Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vlastoručni potpis														
Oznaka energetskog certifikata	Datum izdavanja	Datum važenja																					
Naziv ovlaštene pravne osobe	Registarski broj																						
Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vlastoručni potpis																							
PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVATE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA <table border="1"> <tr> <td>Dio zgrade</td> <td>Ime i prezime ovlaštene osobe</td> <td>Naziv pravne osobe</td> <td>Registarski broj</td> <td>Vlastoručni potpis</td> </tr> <tr> <td>Gradičinski</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Strojarski</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Elektrotehnički</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Dio zgrade	Ime i prezime ovlaštene osobe	Naziv pravne osobe	Registarski broj	Vlastoručni potpis	Gradičinski					Strojarski					Elektrotehnički					
Dio zgrade	Ime i prezime ovlaštene osobe	Naziv pravne osobe	Registarski broj	Vlastoručni potpis																			
Gradičinski																							
Strojarski																							
Elektrotehnički																							

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE str. 1/4

Slika 2. Novi izgled energetskog certifikata zgrade, na snazi od 1. listopada 2017. [4]

3 Troškovno optimalne analize i rješenja za gotovo nulte energetske zgrade

Gotovo nulta energetska zgrada je dobro izbalansiran energetski koncept koji uključuje kvalitetnu toplinsku izolaciju, ali i dobro izbalansiranu a ne i predimenzioniranu tehničku opremu tj. sustave, uz obveznu primjenu obnovljivih izvora energije. Kvalitetan energetski koncept gotovo nulte energetske zgrade može se ostvariti jedino integralnim projektantskim pristupom kojim se osigurava povoljan sklad svih elemenata, [6].

Kako bi se postigao optimum uštede energije i investicijskih troškova, radi se troškovno optimalna analiza koja razmatra dodatnu investiciju u mjeru energetske učinkovitosti, troškove energije, održavanje zgrade i ostale troškove, uzimajući u obzir cijelokupno trajanje zgrade. Kombinacija mjera koje daju troškovno optimalnu cjelinu jest vještina koja zahtijeva integralni pristup i rano uključivanje svih sudionika u projektiranju u osmišljavanje energetskog koncepta već u idejnoj fazi projekta. Osnovni je princip suvremenog rješenja energetskog koncepta u sljedećem:

- smanjiti potrošnju energije i energetske potrebe zgrade povećanjem razine toplinske zaštite zgrada – gotovo nulti energetski standard gradnje
- smanjiti emisije štetnih plinova u okoliš smanjenjem ekološkog otiska zgrade
- upotrijebiti obnovljive i alternativne energetske sustave na lokaciji zgrade
- upotrijebiti razgradive materijale te racionalno upravljati potrošnjom vode.

U glavnom projektu potrebno je riješiti konstrukcijski sustav i visoku razinu toplinske izolacije na način da se utjecaj toplinskih mostova i zrakopropusnost svedu na minimum, uz obavezno predviđanje sustava mehaničke ventilacije s rekuperacijom. Zbog velikog utjecaja toplinskih mostova kod gotovo nultih energetskih zgrada, posebnu pažnju treba obratiti na rješavanje detalja toplinskih mostova i kritičnih spojeva toplinskih izolacija. Prozore je potrebno ugraditi u razinu toplinske izolacije, s odgovarajućim koeficijentima prolaska topline i dobrim brtvljenjem.

Sustav grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije treba centralizirati i dati prijedlog rješenja koje će u konačnosti rezultirati najmanjom energetskom potrošnjom uz prihvatljive financijske pokazatelje ulaganja. Potrebno je razmotriti mogućnost povećane proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije na lokaciji. Kako bi se maksimalno iskoristili prirodni resursi, preporučuje se integracija elemenata za korištenje obnovljivih izvora energije, prije svega Sunčeve energije u arhitektonsko rješenje. Budući da potrebe za toplinskom i rashladnom energijom u zgradama u najvećoj mjeri ovise o karakteristikama vanjske ovojnica i sustavima grijanja, hlađenja i ventilacije, pri razradi projekta treba obratiti pažnju na:

- analizu lokacije, orijentacije i faktora oblika zgrade
- visoku razinu toplinske zaštite cijele vanjske ovojnica
- toplinsku zaštitu prema negrijanim prostorima
- rješavanje detalja potencijalnih toplinskih mostova
- provjetravanje prostora, uz korištenje mehaničke ventilacije s visokim stupnjem rekuperacije
- iskorištavanje toplinskog dobitka od Sunca i zaštita od pretjeranog osunčanja

- korištenje energetski učinkovitih sustava klimatizacije, grijanja, hlađenja i ventilacije, te suvremenih alternativnih sustava za opskrbu zgrade energijom
- korištenje energije iz obnovljivih izvora energije
- kontrolu toplinskog Sunčevog zračenja kako bi se smanjile potrebe za rashladnom energijom
- omogućavanje maksimalnog ulaska dnevnog osvjetljenja kako bi se smanjila potreba za električnom energijom
- korištenje prirodnog zasjenjenja gdje je to moguće.

Projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite proračunski mora dokazati da vrijednosti U koeficijenata, $Q_{H,nd} / E_{prim}$ zadovoljavaju kriterije zgrade gotovo nulte energije, uz obavezan proračun toplinskih mostova. Zgrade gotovo nulte energije ispunjavaju zahtjeve u pogledu primjene obnovljivih izvora energije ako je najmanje 30 % godišnje primarne energije podmireno iz obnovljivih izvora energije. Dodatno, u projektu treba analizirati i troškovnu učinkovitost, prema normi HRN EN 15459:2008 Energetske značajke zgrada – Postupak ekonomske ocjene energetskih sustava u zgradama, kako bi se odabralo troškovno optimalno rješenje složenog termotehničkog sustava zgrade. Ovdje će se prikazati troškovno optimalne analize izrađene u sklopu projektiranja poslovног kompleksa u kontinentalnoj klimatskoj zoni i hotela u primorskoj klimatskoj zoni.

4 Primjeri iz prakse

Poslovna građevina "Tehnološki park Varaždin"

Za projektni tim Studio Nexar (slika 3.) izrađeno je suvremeno rješenje energetskog koncepta u sklopu Elaborata alternativnih sustava opskrbe energijom s troškovno optimalnom analizom i Projekta racionalne uporabe energije i toplinske zaštite, [7]. Zahvaljujući ranom uključivanju u projekt, odabranje rješenje nije utjecalo na povećanje investicije, a osiguralo je značajne uštede tijekom uporabljivosti zgrade. U analizama su kombinirana različita rješenja ugrađenih sustava s odabranom razinom toplinske zaštite.

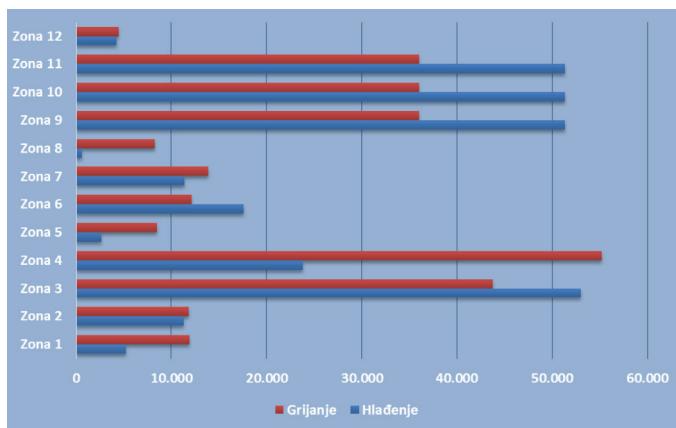


Slika 3. Vizualizacija projektnog rješenja – Tehnološki park Varaždin, Studio Nexar [7]

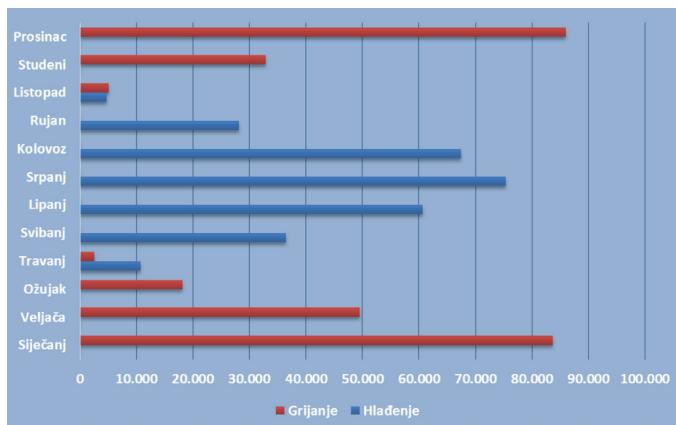
Odabрано je troškovno optimalno rješenje s razinom primarne energije od 17 kWh/m², a udio obnovljivih izvora energije iznosi 72 %.

Projekt je analiziran u svrhu poboljšanja energetske učinkovitosti i postizanja gotovo nultog energetskog standarda gradnje, s ciljem dugoročnog smanjenja troškova korištenja i održavanja, te mogućnosti prijave na EU fondove za zgrade gotovo nulte energije.

Kako bi poslovna zgrada bila "zgrada gotovo nulte energije", sukladno Tehničkom propisu, [3] razina primarne energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu topalu vodi i rasvjetu mora biti ispod 35 kWh/m². U Elaboratu je, [7] uz energetsku učinkovitost analizirana i troškovna učinkovitost, tj. napravljen je proračun globalnog troška prema normi HRN EN 15459:2008 Energetske značajke zgrada – Postupak ekonomske ocjene energetskih sustava u zgradama, kako bi se odabralo troškovno optimalno rješenje složenog termotehničkog sustava zgrade. Na kraju su dane smjernice za projektiranje koje je potrebno usvojiti prilikom izrade glavnog projekta, kako bi odabranu rješenje postiglo energetske karakteristike sukladno provedenoj analizi.



Slika 4. Potrebna godišnja toplinska energija za grijanje i hlađenje po zonama



Slika 5. Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje za cijelu zgradu po mjesecima

Pregled analiziranih varijanti ugrađenih termotehničkih sustava dan je u tablici 2.

Tablica 2. Pregled analiziranih varijanti rješenja termotehničkih sustava zgrade

Varijanta	Podsustav emisije	Energet	Emisija topline	Primarna energija [kWh/m ² a]	Zadovoljava	Udio OIE [%]
I	Kotao na prirodni plin i dizalica topline voda - voda	Prirodni plin i električna energija	Površinsko grijanje i hlađenje	40,86	NE	51
II	Kotao na pelete i dizalica topline voda - voda	Peleti i električna energija	Površinsko grijanje i hlađenje	16,34	DA	78
III	Kotao na pelete i dizalica topline zrak - voda	Peleti i električna energija	Ventilokonvektori	15,00	DA	78
IV	Dizalica topline zrak - voda	Električna energija	Ventilokonvektori	18,40	DA	67
V	Dizalica topline voda - voda	Električna energija	Ventilokonvektori	20,59	DA	67
VI	Dizalica topline voda - voda	Električna energija	Površinsko grijanje i hlađenje	17,06	DA	72
VII	Dizalica topline voda - voda	Električna energija	Rashladne grede	16,78	DA	72

Troškovno optimalna analiza provedena je prema globalnom trošku investicije za proračunski period od 20 godina. Usporedba varijanti rješenja obavljena je na razini potrebne energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju i pripremu potrošne tople vode te rasvjetu. Globalni trošak investicije uključuje investicije za predložene varijante podsustava proizvodnje toplinske i rashladne energije, podsustava distribucije te podsustava emisije topline u prostor. Ulazne vrijednosti proračuna globalnog troška i u troškovno optimalnu analizu prikazane su u tablicama 3. i 4. Sve cijene korištene u troškovno optimalnoj analizi ne sadrže PDV.

Tablica 3. Ulazne vrijednosti proračuna globalnog troška

Proračunski period	Godina	20
Cijena električne energije	kn/kWh	0,78
Cijena peleta	kn/kWh	0,32
Cijena prirodnog plina	kn/kWh	0,4

Tablica 4. Ulazne vrijednosti troškovno optimalne analize

Ulazne vrijednosti	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
Stopa inflacije	R_i	%	3,0
Stopa rasta troškova za energiju	R_e	%	2,8
Diskontna stopa		%	7,0
Trošak CO_2 emisija		kn/t	150

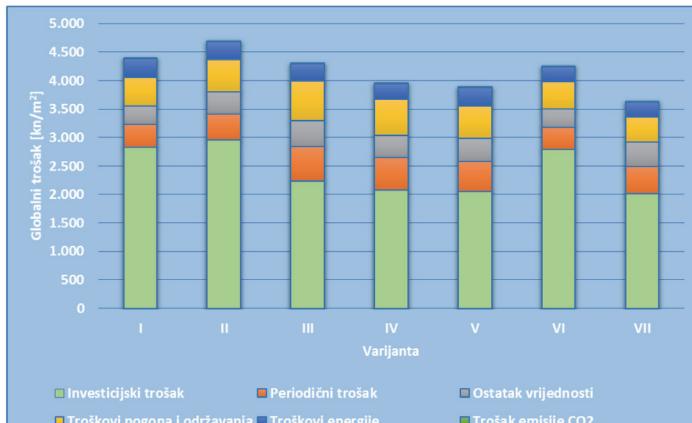
Uz navedene podatke korišteni su podaci o trajnosti komponenti sustava iz norme HRN EN 15459:2008, te iskustvene vrijednosti za građevne dijelove i komponente koje nisu predviđena normom (npr. rasvjeta). Uz stopu inflacije od 3 % primjenjena je i stopa rasta troškova za energiju od 2,8 % iznad stope inflacije. Diskontna stopa od 7 % korištena je prema službenim podacima HNB (NN 73/15). U kalkulaciju je uključen i trošak CO_2 emisija od 150 kn/t.

Nakon provedene troškovno optimalne analize, izračunan je globalni trošak termotehničkih sustava zgrade. Provedenom makroekonomskom analizom varijanti rješenja termotehničkih sustava zgrade, osim energetske učinkovitosti, vrednovana je i troškovna učinkovitost. Proračun globalnog troška napravljen je po komponentama sustava složenog termotehničkog sustava zgrade, za svaku od analiziranih varijanti.

Globalni trošak predstavlja sumu sadašnjih vrijednosti početnih investicijskih troškova, troškova pogona i troškova zamjene komponenti, slika 6. Također, uključen je i dodatni trošak emisije ugljičnog dioksida. U troškove pogona uključeni su troškovi održavanja, operativni troškovi i troškovi energije.

Na slici 7. prikazane su varijante rješenja od najniže razine primarne energije do najviše razine primarne energije, te troškovno optimalna varijanta.

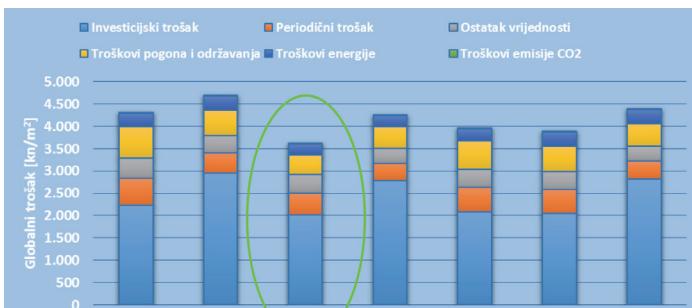
Na slici 8. prikazana je također razina primarne energije, od najniže do najviše, uz podjelu globalnog troška na sve sastavne troškove.



Slika 6. Prikaz svih vrsta troškova u globalnom trošku analiziranih varijanti



Slika 7. Prikaz troškovno optimalne varijante analiziranih rješenja



Slika 8. Prikaz troškovno optimalne varijante sa sastavnim troškovima

Iz prikazanoga je očito da troškovno optimalna varijanta, tj. varijanta koja kroz proračunski period ima najmanji globalni trošak, je varijanta VII.

U varijanti VII se za sustav grijanja i hlađenja upotrebljava dizalica topline koja kao toplinski izvor/ponor koristi podzemne vode. Također, u navedenoj varijanti djelomično se koristi otpadna toplina za zagrijavanje potrošne tople vode. Podsustav emisije topline u prostor su rashladne grede koje služe za niskotemperaturno grijanje i pasivno hlađenje. Za dobavu svježeg zraka predviđena je mehanička ventilacija s visokim stupnjem rekuperacije topline. Za pokrivanje vlastite potrošnje električne energije predviđena je instalacija fotonaponskog sustava. Za rasvjetu se uglavnom koristi LED rasvjeta. Upravljanje svim sustavima u zgradama predviđeno je preko centralnog nadzorno-upravljačkog sustava (CNUS), tj. predviđa se najviša razina automatske regulacije.

Primarna energija iznosi 17 kWh/m^2 . Udio obnovljivih izvora energije u ukupno isporučenoj energiji za pokrivanje energetskih potreba zgrade iznosi 72 %. Po završetku gradnje, zgrada bi trebala biti energetski certificirana u energetskom razredu A+.

Boutique hotel 4* Novi Vinodolski

Za projektni tim MR 2 arhitektonski studio izrađeno je suvremeno rješenje energetskog koncepta u sklopu Elaborata alternativnih sustava opskrbe energijom s troškovno optimalnom analizom i Projekta racionalne uporabe energije i toplinske zaštite. Zahvaljujući ranom uključivanju u projekt, odabran rješenje nije utjecalo na povećanje investicije, a osiguralo je milijunske uštede tijekom uporabljivosti zgrade. U analizama su kombinirana različita rješenja ugrađenih sustava s odabranom razinom toplinske zaštite, slika 9. Odabran je troškovno optimalno rješenje s razinom primarne energije od 35 kWh/m^2 , a udio obnovljivih izvora energije iznosi 70 %.



Slika 9. Vizualizacija projektnog rješenja – BOUTIQUE HOTEL 4* Novi Vinodolski, MR 2 arhitektonski studio [8]

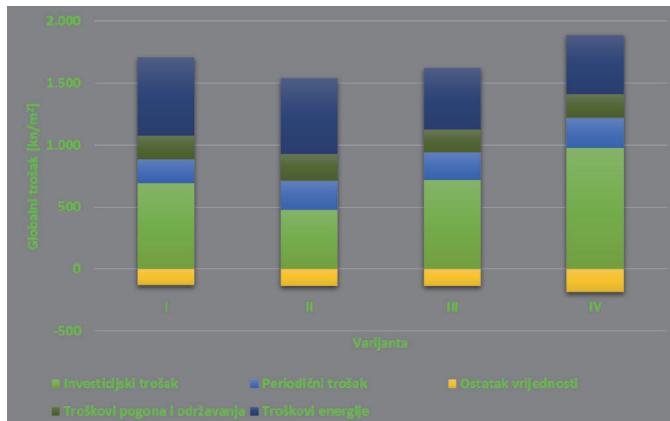
Projekt je analiziran u svrhu poboljšanja energetske učinkovitosti i postizanja gotovo nultog energetskog standarda gradnje, s ciljem dugoročnog smanjenja troškova korištenja i održavanja te mogućnosti prijave na EU fondove za zgrade gotovo nulte energije.

Kako bi zgrada hotelske namjene bila "zgrada gotovo nulte energije", sukladno Tehničkom propisu, [3] razina primarne energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu toplu vodu i rasvjetu mora biti ispod 70 kWh/m². U Elaboratu je, [8] uz energetsku učinkovitost analizirana i troškovna učinkovitost, tj. napravljen je proračun globalnog troška prema normi HRN EN 15459:2008 Energetske značajke zgrada – Postupak ekonomske ocjene energetskih sustava u zgradama, kako bi se odabralo troškovno optimalno rješenje složenog termotehničkog sustava zgrade. Na kraju su dane smjernice za projektiranje koje je potrebno usvojiti prilikom izrade glavnog projekta, kako bi odabранo rješenje postiglo energetske karakteristike sukladno provedenoj analizi.

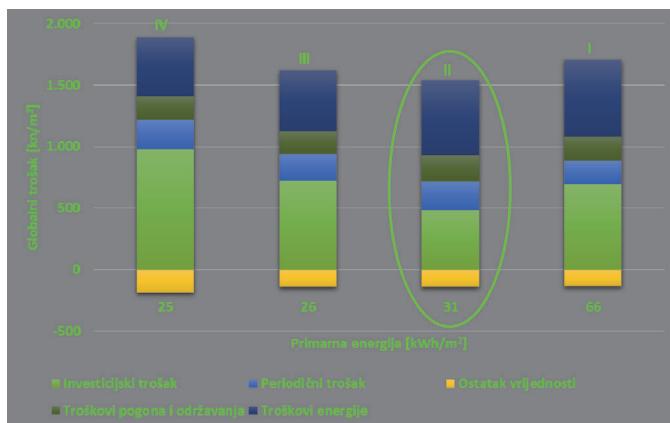
Tablica 5. Pregled analiziranih varijanti rješenja termotehničkih sustava zgrade

Varijante	Rješenje	Energent	Emisija topline	Isporučena energija [kWh/m ² a]	Primarna energija [kWh/m ² a]	OIE [%]	nZEB	EN. RAZRED - NOVO
I	Plinski kondenzacijski kotao za grijanje i PTV, dizalica topline zrak – voda za hlađenje	Prirodni plin i električna energija	Podno grijanje, ventilokonvektori za hlađenje	60	66	28	NE	A+
II	Dizalica topline zrak – voda za grijanje i hlađenje i PTV	Električna energija	Ventilokonvektori za grijanje i hlađenje	39	31	43	DA	A+
III	DT zrak – zrak za grijanje i hlađenje (VRV)	Električna energija	Podno grijanje, unutarnje jedinice VRV-a za hlađenje	32	26	53	DA	A+
IV	DT voda – zrak za grijanje i hlađenje (vodeni VRV)	Električna energija	Podno grijanje, unutarnje jedinice VRV-a za hlađenje	31	25	55	DA	A+

Nakon provedene troškovno optimalne analize, u potpunosti prema normi HRN EN 15459:2008, izračunan je globalni trošak termotehničkih sustava zgrade. Provedenom makroekonomskom analizom varijanti rješenja termotehničkih sustava zgrade, osim energetske učinkovitosti, vrednovana je i troškovna učinkovitost, slika 10. i 11.



Slika 10. Prikaz svih vrsta troškova u globalnom trošku analiziranih varijanti



Slika 11. Prikaz troškovno optimalne varijante sa sastavnim troškovima

Prema rezultatima složene troškovno optimalne analize, iz prethodne tablice i slike vidljivo je da je **troškovno optimalna varijanta II**, jer ima najniži globalni trošak u procijenjenom vijeku trajanja. To znači da kada se zbroji početna investicija u termotehnički sustav i troškovi (održavanja, energije, zamjene komponenti) tijekom dvadeset godina, ta varijanta ima najniži trošak.

Tehničko ekonomskom analizom termotehničkih sustava dobili smo rješenje koje je troškovno optimalno. Ipak, troškovno optimalna varijanta za emisiju topline u prostor koristi ventilokonvektore koji u režimu grijanja mogu stvarati neugodan osjećaj strujanja toplog zraka. Dakle, gledano s aspekta ugodnosti boravka u prostoru, bolje je odabrati varijantu koja u gospodarskom vijeku trajanja ima samo malo veći trošak a rezultira većom ugodnosti boravka u prostoru (varijanta III).

Također je dobro spomenuti da varijante II, III i IV imaju i velik udio obnovljivih izvora energije i zadovoljavajuću razinu isporučene energije. Sve analizirane opcije, osim varijante I, mogu biti definirane kao "zgrade gotovo nulte energije" i klasificirane u energetski razred A+.

S obzirom na to da varijanta III zadovoljava sve tražene kriterije i sadašnje propise te rezultira visokom razinom ugodnosti boravka u prostoru, preporuka je odabrati tu varijantu. Ona obuhvaća dizalicu topline zrak – zrak (VRV sustav) koji se upotrebljava za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode. Za emisiju topline u prostor primjenjuje se podno grijanje a u režimu hlađenja unutarnje jedinice VRV sustava, što rezultira visokom razinom ugodnosti boravka u prostoru.

Primarna energija iznosi 35 kWh/m². Udio obnovljivih izvora energije u ukupno isporučenoj energiji za pokrivanje energetskih potreba zgrade iznosi 70 %. Po završetku gradnje, zgrada bi trebala biti energetski certificirana u energetskom razredu A+.

5 Zaključak

Projektiranje i izgradnja zgrade gotovo nulte energije zahtjevan je zadatak koji uključuje ozbiljan pristup analizi energetskog koncepta, kako projektirano rješenje ne bi značajno odstupilo od planirane investicije. Iz tog razloga je kod projektiranja zgrada gotovo nulta energije iznimno važna detaljna analiza energetskog koncepta te izrada troškovno optimalne analize koja prethodi glavnom projektu, kako bi se odabralo najbolje projektno rješenje. Ovdje opisane troškovno optimalne analize na dva kompleksna projekta pokazuju da gotovo nulta energetska zgrada ne mora biti skuplje rješenje od standardno projektirane zgrade, ako je dobro dobro izbalansiran energetski koncept koji uključuje kvalitetnu toplinsku izolaciju, ali i izbalansiranu a ne i predimenzioniranu tehničku opremu tj. sustave, uz obaveznu primjenu obnovljivih izvora energije. Ovakav pristup projektiranju zahtjeva dobru suradnju svih sudionika na projektu od prve ideje do realizacije. Zbog kompleksnog pristupa i novih načina proračuna, dodatna edukacija u području projektiranja i gradnje gotovo nultih energetskih zgrada za sve sudionike u gradnji je izuzetno važna i nezaobilazna.

Literatura

- [1] DIREKTIVA 2010/31/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 19. svibnja 2010. o energetskoj učinkovitosti zgrada/Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (EPBD II)
- [2] Zakon o gradnji, NN 153/13, 20/17
- [3] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, NN 128/15
- [4] Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju, NN 88/17
- [5] Plan za povećanje broja zgrada gotovo nulte energije do 2020. godine, www.mgipu.hr
- [6] Hrs Borković, Ž. i dr.: Projektiranje zgrada gotovo nulte energije, Udruženje hrvatskih arhitekata, Trg bana Josipa Jelačića 3/1, 2015, Zagreb
- [7] Elaborat alternativnih sustava opskrbe energijom, Poslovna građevina Tehnološki park Varaždin, Plantaris d.o.o., 2015-2016.
- [8] Elaborat alternativnih sustava opskrbe energijom s troškovno optimalnom analizom energetskog koncepta, BOUTIQUE HOTEL 4* NOVI VINODOLSKI, Saeptum d.o.o., 2017.
- [9] <http://bpie.eu/>



Razvoj koncepata gotovo nultih energetskih zgrada

Autor:

Dr. sc. Miha Praznik

Udruga za promicanje održivih zgrada gotovo nulte energije
SunZEB, Zagreb, info@sunzeb.org

Gradbeni inštitut ZRMK, Ljubljana, Slovenija

Razvoj koncepata gotovo nultih energetskih zgrada

Miha Praznik

Sažetak

Zgrade gotovo nulte energije (nearly Zero Energy Buildings = nZEB) u praksi su definirane kroz zahtjeve za povećanom energetskom učinkovitošću i smanjenim ekološkim opterećenjima, koja proizlaze iz faze korištenja zgrade. Konkretne definicije i granične performanse za gotovo nula energetske zgrade različite su u pojedinim državama EU jer proizlaze iz nacionalnih specifičnosti, dodatno uzevši u obzir vrstu zgrade, mikroklimu, itd. Kvalitetni projekti zgrada gotovo nulte energije poslijedno su različiti te ih ne možemo prepoznati kroz tipizaciju korištenih rješenja. Racionalni i učinkoviti projekti traže individualne prilagodbe na razini energetskog koncepta koji utječe na arhitekton-ska rješenja, na mjeru povećane energetske i ekološke učinkovitosti na ovojnici zgrade, na sustave za kondicioniranje i sustave za generaciju svih potrebnih oblika energije, itd. Interdisciplinarnost i praćenje međusobnog utjecanja od ključne su važnosti u procesu projektiranja, koji traži pravovremene prilagodbe pa često i nove oblike inženjerske suradnje.

Ključne riječi: gotovo nulte energetske zgrade, ekomska održivost, cjelovita energetska sanacija, napredno energetsko modeliranje, optimiziranje energetskog koncepta

Association for the promotion of sustainable nearly-zero

Abstract

Nearly zero energy buildings (nZEB) are defined by demands for increased energy efficiency and reduced ecological burdens resulting from the use of the building. Concrete definitions and limits of performance for nearly zero energy buildings are different in individual EU countries as they derive from national specifications, taking into account the type of building, microclimate, etc. The quality projects of nearly zero energy buildings are consequently different and can not be identified by using typical solutions. Rational and efficient projects require individual adaptation of energy concept, which affects architectural solutions, increased energy and ecological efficiency of measures on building envelopes, conditioning systems, and systems for generation of all required energy forms, etc. Interdisciplinary and monitoring of the interaction between the key solutions are important in the design process, requiring timely adaptations and often new forms of engineering co-operation.

Key words: nearly zero energy buildings, economic sustainability, deep energy renovation, advanced energy modelling, energy concept optimisation

1 Uvod

Termin gotovo nulte energetske zgrade te pripadajuće projektne performanse u medijima i dobroj građevinskoj praksi najčešće se odnosi na suvremene javne ili mnogobrojne stambene novogradnje. Izazov suvremenih rješenja i kvalitetnih realizacija može se odnositi i na projekte cijelovite sanacije postojećih zgrada, kod kojih su ograničenja a time i inženjerski izazovi još značajniji.

U konceptualnom smislu na takvim projektima integralno usklađujemo, arhitektonska rješenja s tehničkim i tehnološkim mjerama, koje su potrebne za osiguravanje očekivane visoke energetske učinkovitosti i udobnosti za korisnike, uz minimizirane ekološke utjecaje, npr. smanjene potrošnje primarne energije, generiranih emisija CO_2 i povećanog udjela korištenih obnovljivih izvora energije.

Projektima su zajednički i povećani zahtjevi investiranja, pa je u projektiranju nužno traženje interdisciplinarno prilagođenih energetskih koncepata i optimiziranje projektnih rješenja, koja će i u ekonomskom smislu utjecati na uporabljivost zgrade u idućim desetljećima. Pri tome zahtjevi za malim dodatnim ulaganjima u početnoj fazi neće obeshrabriti investitora u odluci za kvalitetniji projekt.

Projektni koncepti zgrada gotovo nulte energije moraju biti pravovremeno i adekvatno usklađeni, što podrazumijeva i dodatnu primjenu suvremenih metoda za sinergijsko optimiziranje. Održivi koncepti za zgrade gotovo nulte energije moraju biti atraktivni i u ekonomskom smislu. To u praksi znači reduciranje dodatnog investiranja u besprijekorno realiziranim projektima, a ne samo fokusiranje u reduciranje troškova korištenja zgrade. Atraktivnost minimiziranog cjelokupnog troška tijekom uporabljivosti zgrade i racionalizacije projektnih rješenja svakako su dokaz i dodatna vrijednost u projektima. Takve projekte investitori i izvođači prepoznaju i cijene te su ih spremni adekvatno i nagraditi u fazi projektiranja. Zadaća je inženjera i projektanta dakle usredotočiti se na znanje, dobra iskustva i pružanje usluga suvremene kvalitete, što je nužno za postizanje šire atraktivnosti pa i povećane ekonomske održivosti visoko učinkovitih zgrada gotovo nulte energije.

2 Pravovremeno osiguravanje traženih razina učinkovitosti

Zgrade gotovo nulte energije moraju ispunjavati ne samo zahtjeve za visokim energetskim i ekološkim performansama nego i zahtjeve za ekonomskom učinkovitošću te zdravom finansijskom logikom, koju u procesu odlučivanja najčešće koristi javni ili privatni investitor. Jasno je da su pravovremene definicije projektnog sadržaja u tom pogledu najvažnije.

2.1 Pravovremenost odluka i prilagodbe suradnji u procesu projektiranja

Već u projektnom zadatku potrebno je definirati sve ključne zahtjeve – ne samo u smislu osiguravanja funkcionalnosti nego i traženih 3E performansi (energija, ekologija, ekonomija), kvalitete definiranih rješenja i nivoa razrađenih sadržaja, uz specificirane zahtjeve za kvalitetu procesa tj. korištenih metoda rada, itd. Interdisciplinarni rad projektanata svih uključenih struka mora obuhvaćati i pravovremene procjene utjecaja pojedinačnih inženjerskih rješenja na razini rezultata čitavog projekta. Takvo očekivanje je logično s obzirom

na osiguravanje tražene kvalitete ali se nažalost najčešće ne prakticira. Praksa pokazuje da se tipični oblici kontinuirane suradnje projektanata vrlo rijetko mijenjanju – a nikako sami od sebe – pa je u tom smislu najčešće potrebna procesna intervencija sa strane arhitekta ili investitora, koji u fazi projektiranja angažira iskusnog konzultanta. Njegova projektna uloga zasniva se na širokom znanju i praktičnim iskustvima uz pomoć kojih aktivno moderira oblikovanje pojedinačnih tehničkih i tehnoloških rješenja koja proizlaze iz adekvatno prilagođenog energetskog koncepta nove zgrade. Cilj konzultanta je interdisciplinarno povezivanje struka na projektu, što se obično osigurava usmjeravanjem i balansiranjem pojedinačnih rješenja. U procesu rada konzultanta bitne su pravovremene procjene oblikovanih ideja te optimizacije i racionalizacije projektnih rješenja. Postignuti rezultati rada konzultanta ovise o obostranoj razmjeni informacija s projektantima i investitorom, te naravno o mogućnosti realizacije aktualnih prilagodbi. U tom smislu ključne riječi su pravovremenost i paralelni rad struka, što je zapravo najčešće daleko od prakse u kojoj kvalitetu i cijelovitost projektnih rješenja – u negativnom smislu – definira loše planiranje i posljedični nedostatak vremena te zbog toga fazni ili sekvencijalni rad struka.

Pravovremene prilagodbe - već u fazi pripreme projekata za zgrade gotovo nulte energije - osiguravaju traženu racionalnost i učinkovitost projekta. Takav oblik suradnji možemo okarakterizirati u smislu preventivnog rada kako bismo unaprijed izbjegavali nepoželjne energetske, ekonomski i ostale rezultate projekta, jer projektna rješenja definiramo s manjim brojem ograničavajućih elemenata.

2.2 Pozitivne promjene kroz intervencije i izazove na već definiranim projektima

U praksi se nažalost previše često pojavljuje i druga opcija suradnji, u kojoj konzultant s investitorom i projektantima djeluje kurativno. Riječ je o kasnim prilagodbama rješenja za projekte novogradnji ili sanacija zgrada, koje su već u fazi realizacije. Zbog već definiranih i ograničavajućih elemenata u takvim projektima konceptualne promjene naravno nisu više moguće, u smislu eventualne prilagodbe energetskog koncepta, konstrukcijskih rješenja, itd. U tom slučaju je zbog definicija u projektnoj dokumentaciji i zbog nedostatka vremena najčešće moguća samo optimizacija na razini već dogovorenih tehničkih rješenja.

Takve su prilagodbe zasigurno mnogo bolje tj. učinkovitije od provođenja projekta koji nije najpovoljniji, samo što je potencijal racionalizacije bitno snižen u odnosu na varijantu preventivnog djelovanja. Ponekad izazovi rezultiraju i u povećanoj razini projektnih intervencija, npr. kod većih projekata, u mogućnostima dobivanja finansijskih poticaja za održiviju i učinkovitiju gradnju zgrada gotovo nulte energije te u slučaju dobre te intenzivne suradnje i povećanog angažiranja projektanata i investitora. Takve prilike potrebno je uvijek iskoristiti jer je konačni rezultat novogradnja ili sanirana zgrada koja ima bitno poboljšane 3E performanse uz neusporedive prednosti za korisnike zgrade, te je primjer dobre prakse i motivator za buduće projekte. To je ujedno dobra reklama ili referencija za uključenu struku i investitora koji su uz konsenzus za pozitivne promjene odabrali manje jednostavan te naporniji put i izazove.

3 Racionalnost i troškovna učinkovitost zgrade gotovo nulte energije

Zgrade gotovo nulte energije zbog brojnih su prednosti aktualno rješenje i jedina prava odluka. S tim se u potpunosti slažu korisnici zgrada, koji uživaju u prednostima superiorene boravišne udobnosti i u povećanoj učinkovitosti stanovanja. To je prava odluka i u aspektima šire zajednice te države, jer takve učinkovite zgrade minimalno opterećuju okoliš i ne iscrpljuju prirodne resurse te dugoročno smanjuju finansijska opterećenja u fazi korištenja zgrade.

3.1 Ekonomika projekata uz odgovorno finansijsko poticanje dobre prakse

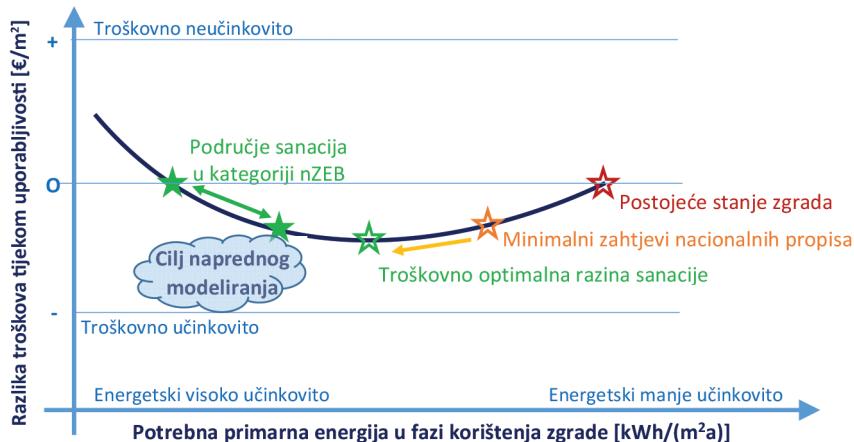
Trebalo bi se zapravo upitati o uzroku nedovoljno intenzivne gradnje zgrada gotovo nulte energije, kad se zna da je takav standard projektne implementacije obvezan u javnim projektima već od 2018. godine, a od 2020. godine za sve novogradnje i rekonstrukcije. Unatoč očiglednim prednostima, novi standardi gradnje i promjene postojećih procesa te načina razmišljanja traže svoje vrijeme. Dobru praksu potrebno je izgraditi i reklamirati na pravim primjerima. Neznanje i kriva uvjerenja treba zamijeniti novim i pozitivnim spoznajama. Jedan od banalnih, ali zapravo najvažnijih aspekata koji mogu utjecati na bolje i šire prihvatanje novih standarda gradnje jest osiguravanje troškovne učinkovitosti novih projekata. To se može u projektantskom smislu postići uz pomoć primjene znanja, iskustva i novih metoda rada – to je dakle domet inženjerskog utjecanja. Dodatna pomoć u osiguravanju ekonomske privlačnosti projekata nastupa u državama EU kroz oblike finansijskih poticaja (eko subvencije i krediti). U tom smislu programi poticaja države ili banaka snose veliku odgovornost jer dodjeljivanje finansijskih poticaja investitorima direktno formira i sliki o tome što su "pravilna" rješenja i što je dobra praksa, kako se treba odlučivati i što tražiti na tržištu. Progresivni zahtjevi za učinkovitošću i kvalitetom – uz progresivne finansijske poticaje – tako neposredno omogućavaju razmišljanje o boljim rješenjima, potražnju za kvalitetnijim uslugama inženjera i ponudom proizvoda te materijala za gradnju. Pravilno definirani zahtjevi za dodjeljivanje finansijskih pomoći ne utječu samo na kvalitetu realiziranih projekata za nove ili sanirane zgrade, nego brzo djeluju i na gospodarstvo te širenje kompetencija i time konkurentnosti svih uključenih.

3.2 Nove metode inženjerskog rada za nove razine ekonomske atraktivnosti projekata

Projekti za novogradnje i cjelovitu sanaciju postojećih zgrada slijede istu ekonomsku logiku projektnih prilagodbi i poboljšanja. Za vrijeme interveniranja na energetski izuzetno lošim tehničkim rješenjima za zgrade 3E performanse uglavnom se uvijek popravljaju. Primjerice smanjuje se potrebna energija u fazi korištenja zgrade i smanjuju se emisije, a investicijske su intervencije bitno manje od očekivanih dugoročnih troškovnih koristi (slika 1.).

U smislu tih spoznaja, države postepeno mijenjaju i minimalne zahtjeve nacionalnih propisa te ih približavaju razini identificirane troškovne učinkovitosti. To je dobra vijest s obzirom na reguliranje najlošije građevinske prakse, koja je itekako udaljena od razina energetske i

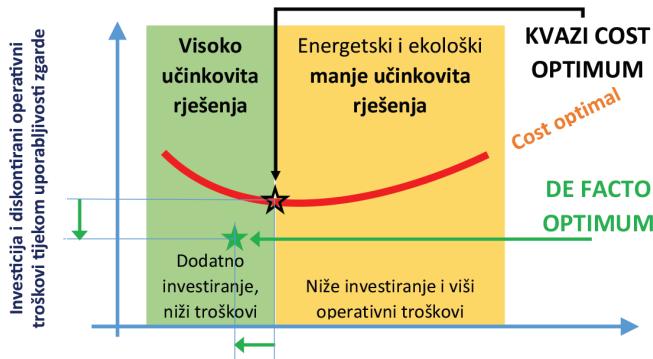
ekološke učinkovitosti, kakvu prepoznajemo na primjerima dobre prakse u novogradnjama i kvalitetnim cijelovitim sanacijama postojećih zgrada.



Slika 1. Shema principa troškovne učinkovitosti i utjecaja prilagodbi projektnih rješenja na primjeru scenarija energetske sanacije postojećih zgrada

Troškovna učinkovitost projekata za zgrade uvijek je individualno identificirana, te je sa statističko identificiranim nacionalnim razinama zapravo povezana isključivo slučajno. Na 3E performanse zgrada utječe iznimno velik broj potpuno različitih parametara koji imaju drukčiji utjecaj na različitim projektima. To su primjerice: utjecaji mikroklima i režima korištenja zgrada, arhitektonska rješenja, sve mјere za povećanje energetske i ekološke učinkovitosti na ovojnici zgrade i instalacijskim sustavima, ekomske karakteristike komponenti i materijala za gradnju, troškovi usluga, troškovi financiranja projekta, cijene i tarife korištenih energenata, itd. Svi oni imaju na pojedinačnim zgradama vlastite i s tim neponovljive utjecaje. Iz tog razloga se u praksi sve više i intenzivnije primjenjuju napredne metode energetskog modeliranja i optimiziranja, koje na kompleksnim modelima obuhvaćaju sve navedene utjecaje te njihovim cijelovitim vrednovanjem utječu na kompetentno i argumentirano modeliranje pojedinačnih tehničko-tehnoloških rješenja za projekte.

Uključivanje naprednog energetskog modeliranja u postupke projektiranja novih zgrada ili sanacije postojećih zgrada omogućuje postizanje šire optimizacije i novih razina racionalnosti u projektnim konceptima. To rezultira energetski visoko učinkovitim projektima, u kojima je zbog racionalizacije cjelokupni ekonomski rezultat bitno poboljšan. To se odnosi na optimizirano investiranje te niže troškove korištenja zgrade. Razmišljanje o utjecaju inženjerske inventivnosti i racionalizacije na razini koncepta za zgradu izostaje u najčešćim tumačenjima (slika 2.), u kojem se prepostavlja da su energetski visokoučinkovite zgrade uvijek i bitno skuplje s obzirom na troškove investiranja, pa zbog toga nemaju konkurentni cjelokupni ekonomski rezultat.



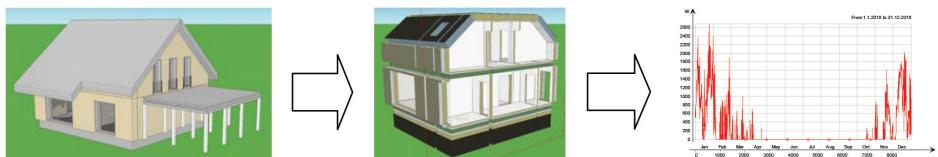
Slika 2. Shema prikaza mogućnosti utjecanja na energetske rezultate, ostvarive uz pravovremenu primjenu suvremenih metoda modeliranja i optimiziranja na energetskim konceptima zgrada

4 Razvoj koncepata na primjerima zgrada te prateći utjecaji prilagodbi projekata

Pozitivan utjecaj prilagodbi u projektnom energetskom konceptu najbolje je prikazati na primjerima iz prakse novogradnji. Modificiranjem polaznih rješenja i traženjem optimalnog puta do traženih konačnih performansi ne pratimo samo energetska poboljšanja nego i ekonomski rezultat.

4.1 Troškovno učinkovita optimizacija na projektu za izvedbu visoko učinkovite obiteljske kuće

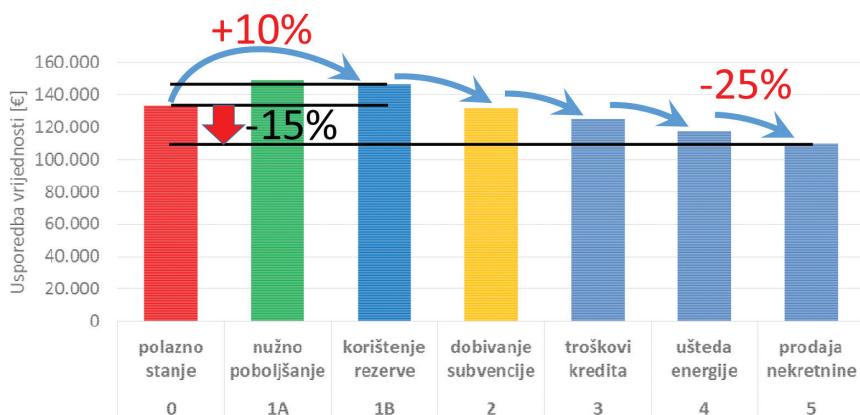
Prvi primjer je obiteljska kuća sa 155 m^2 grijane površine u prizemlju i mansardi, locirana u umjerenoj kontinentalnoj mikroklimi u Sloveniji. Cilj unapređenja su poboljšanja na tehničkim rješenjima za toplinsku ovojnici te posljedične moguće prilagodbe i racionalizacije energetskih instalacija, kojima se potrebna toplinska energija za grijanje zgrade smanjuje iz polaznih $Q_{NH}/A_u = 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ na $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Polazno stanje je zapravo energetski granično prihvatljivo (najlošija dopuštena rješenja u odnosu na rezultat bilance), sa obzirom na zaoštrenje zahtjeve zakonodavstva. Unapređenja projekta dovode do konačnog stanja, koje je znatno bolje od informativnih graničnih zahtjeva za nZEB, konkretno $Q_{NH}/A_u = 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.



Slika 3. Arhitektonski model pretvara se u detaljni fizikalni, koji omogućava dobivanje kompetentnih rezultata o dinamičkim karakteristikama i performansama

Usporedba tehničkih parametara (tablica 1.) obiju varijanti pokazuje da polazni koncept zaštite toplinske ovojnica nije "tako loš" tj. zapravo već koristi prepoznata rješenja za toplinsku zaštitu i vanjsku stolariju nisko energetskih zgrada. Unatoč tome ta konfiguracija dovodi performanse zgrade do jedva dopuštenih graničnih vrijednosti rezultata energetske bilance Q_{NH}/A_u . Poboljšanja rezultata bilance za postizanje minimalnih zahtjeva za standard nZEB potrebna su u razredu faktora 2, a za pasivni standard za faktor 3. U odnosu na prethodno navedeno postaje jasno, da je potrebno poboljšanja definirati pažljivo i na način kako bi ispravci tehničkih mjera energetske učinkovitosti donosili maksimalne doprinose uz minimalna specifična finansijska ulaganja, npr. u eurima na jedinicu uštedjene energije.

Na račun optimiziranih i racionaliziranih tehničkih poboljšanja, za reduciranje rezultata bilance za faktor 3, dodatna investicija u novogradnju povećava se za 10 %, konkretno od 860 na 950 €/m². Najveći pojedinačni doprinos u smislu energetskog poboljšanja, podizanja investicije (48 % ukupnog dodatka) i s bitnim utjecanjem na udobnost stanovanja predstavlja uvođenje centralnog prozračivanja za vraćanjem toplinske energije (93 %). Ciljno poboljšani sustavi toplinske zaštite traže dodatna ulaganja u opsegu 28 %, adekvatna vanjska stolarija 18 % i osiguravanje bolje zrakonepropusnosti 5 %. Dodatna ulaganja u opsegu 14 % potrebna su i za kvalitetnije nacrte za izvedbu radova i sudjelovanje konzultanta te završno provjeravanje kvalitete izvedbe radova na toplinskoj ovojnici *blower-door* testom. Navedena dodatna finansijska ulaganja u sljedećem koraku reduciramo na račun prilagodbe instalacija, koja u učinkovitijoj zgradiji nisu više potrebna tj. predimenzionirana su za novo stanje. Potrebna toplinska moć dizalice topline dvostruko je niža, što ukupni investicijski dodatak smanjuje za 11 %. Zbog minimiziranih potreba prostorija za dovedenom energijom, može se ukinuti aktivni sustav podnog grijanja te se njegova funkcija temperiranja prostorija integrira u sustav ventilacije, a takvo ukidanje redundancije opet utječe na smanjenje ukupnog dodatka investicije za 5 %.



Slika 4. Usporedba polaznog dodatnog investiranja i budućih finansijskih koristi upućuje na nedvojbenе prednosti optimiziranih energetski visoko učinkovitih zgrada

Tablica 1. Usporedba ključnih parametara za dvije varijante energetskog koncepta novogradnje: najlošija dopuštena rješenja te poboljšanja preko granica nZEB do razine standarda pasivne kuće

Parametri	45 kWh/m ² a	10 kWh/m ² a	I*
zrakonepropusnost	1,3 h-1	0,5 h-1	5 %
rekuperacija	0 %	93%	48 %
pod	0,21 W/m ² K	1,12 W/m ² K	11 %
zid	0,15 W/m ² K	0,12 W/m ² K	9 %
kosi krov	0,15 W/m ² K	0,10 W/m ² K	5 %
strop	0,15 W/m ² K	0,09 W/m ² K	3 %
terasa	0,17 W/m ² K	1,12 W/m ² K	0,2 %
vrata	1,3 W/m ² K	0,9 W/m ² K	3 %
prozori	0,7/1,2 W/m ² K 50 %	0,6/0,9 W/m ² K 60 %	18 %
nacrti za izvedbu	bez detalja	svi detalji	6 %
savjetovanje	ne	da	4 %
bd test	ne	da	4 %
toplinska dizalica	6 kW	3 kW	-11 %
podno grijanje	100 %	35%	-5 %
€/m ²	860	950	
€	133,300	147,250	10 %

Ekonomski karakteristike polaznog i poboljšanog koncepta možemo nadgraditi i cijelovitim usporedbom, primjerice u razdoblju korištenja zgrade od 15 godina (slika 4.). Polazno stanje investiranja (0) investicijskim smo dodatkom u poboljšanja (1A) te korištenjem instalacijskih racionalizacija (1B) podigli za 10 %. Zbog poboljšanja performansi zgrade, investitor dobiva nepovratnu finansijsku potporu države u iznosu koji je jednak ili veći od dodatnih ulaganja (2). Komercijalne i državne banke nude za jednako kvalitetne projekte i bitno povoljnije stambene kredite, koji omogućavaju bitno smanjenje troška financiranja projekta (3). Tek sada spominjemo uštedu na troškovima grijanja učinkovitije zgrade (4). Ne smijemo zanemariti ni povoljnije uvjete za potencijalnu prodaju takve nekretnine (5). Svakako bi se prepoznalo da se prodaje učinkovita zgrada provjerene kvalitete a ne obiteljska kuća, koja je bila građena u smislu jedva dopuštenih karakteristika i kvalitete.

Možemo zaključiti da su dodatna početna finansijska ulaganja u visini od 10 % pomogla u dobivanju finansijskih koristi u opsegu od najmanje 25 %. To dokazuje da je finansijski najpovoljnija zapravo novogradnja najviše učinkovitosti, uz preduvjet optimiziranja i racionalizacija. Treba napomenuti kako u ovom prikazu korisnosti do sada još nije bio vrednovan nadstandardna udovnost stanovanja, smanjena ekološka opterećenja i ostale prednosti zbog kojih se odlučujemo za projekte nZEB.

4.2 Intervencija za povećanu troškovnu učinkovitost na već započetom projektu javne novogradnje

Drugi primjer sličnim pristupom dokazuje potencijale energetskih poboljšanja na već započetom projektu novog vrtića, slika 5. Novogradnja je projektirana za približno 200 zaposlenih i djece, te ima u dvije etaže oko 1500 m^2 površine. Polazna rješenja za gradnju i u tom su primjeru relativno poznata: zgrada građena opekom, sustavi toplinske zaštite sa U vrijednostima ispod granica maksimalno dopuštenih, vanjska stolarija s dvojnim ostakljenjem i "klasičnom" ugradnjom, zahtjevi za zrakonepropusnost ovojnica nisu definirani i provjeravanje nije predviđeno. Sustavi za prozračivanje sa 70 % učinkovitosti vraćanja toplinske energije pokrivanju 50-postotni udio svih prostorija, predviđeno je podno grijanje prostorija preko plinske kotlovnice i stropni ventilatorski konvektori za hlađenje i razvlaživanje zraka u ljetnom razdoblju.



Slika 5. Nacrt novog vrtića za vrijeme projektiranja te fotografija novogradnje na početku korištenja ove jeseni

Preliminarno energetsko vrednovanje pokazalo je da su performanse u razredu $Q_{\text{NH}}/A_u = 65 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, odnosno $Q_{\text{NH}}/V = 20 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$ i da ih treba na najpovoljniji način – zbog dobivanja subvencija i ekoloških kredita za provedbu nZEB zgrade – sniziti na $Q_{\text{NH}}/A_u = 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ odnosno $Q_{\text{NH}}/V = 6 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$, to jest za faktor veći od 3! I u tom slučaju tehnička poboljšanja moraju biti vrednovana i oblikovana na način da su uložena finansijska sredstva minimizirana u odnosu na ušteđenu energiju (tablica 2.).

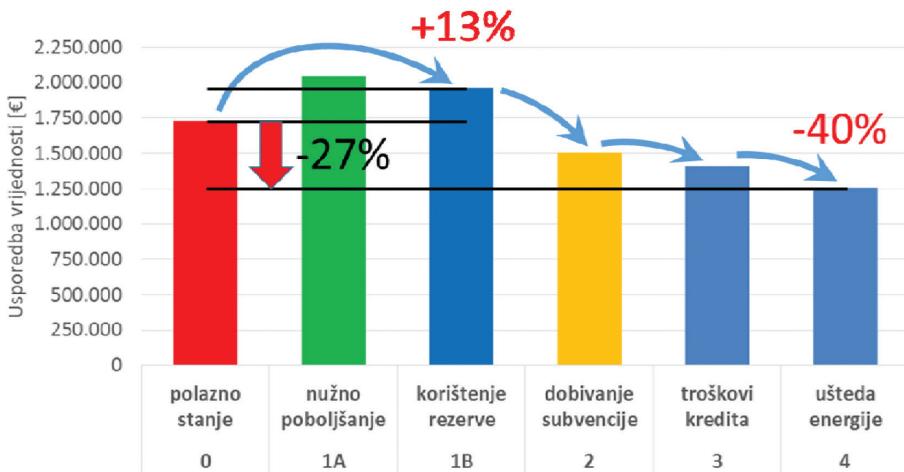
S obzirom na sufinanciranje projekta, trebalo je modificirati i sustave toplinske zaštite, u kojima su morali dominirati materijali mineralnog izvora, primjerice osim kamene vune u ulozi fasadne izolacije i izolacije ravног krova, i izolacija u terenu pjenjenjim stakлом. Vanjska stolarija zbog manjih toplinskih gubitaka i povećanih solarnih dotoka zamjenjuje se boljim profilima, trostrukim *solar+* ostakljenjem i posljedičnom $U \leq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Novi zahtjevi za zrakonepropusnost toplinske ovojnice na razini su standarda za pasivne zgrade sa $n_{50} \leq 0,60 \text{ h}^{-1}$. Osim savjetovanja u svrhu ostvarivanja poboljšanja, razrade se posljedično i izvedbeni

detalji. Sustavi prozračivanja u modificiranom konceptu prošireni su na čitavu zgradu, te se učinkovitost vraćanja toplinske energije povećava na 85 %. Zbog lokanih zahtjeva, zgrada se priključuje na energetski učinkovit sustav gradske toplane a podni sustav grijanja zamjenjuje niskotemperaturni radijatorski. U sustavu grijanja i hlađenja ventilatorskim konvektorima koriste se toplinske dizalice s višim COP faktorom. Zbog navedenih poboljšanja, ukupna bi se investicija mogla povećati sa 1.150 €/m² na 1.360 €/m², tj. za 18 %. Dobivena subvencija viša je od navedenog iznosa, što je zapravo jedan od ciljeva optimiziranja javnih investicija, koje tipično moraju ostati u okvirima polazne finansijske konstrukcije. Dodatno investiranje u tom slučaju moglo bi se smanjiti uz korištenje toplinskih izolacija polistirenског izvora, što bi ostvarilo i bitno sniženo subvencioniranje projekta. Veće investicijske uštede mogle bi biti postignute u slučaju mogućnosti utjecanja tj. racionalizacije instalacija. Npr. odluka za jedan sustav grijanja, za jedan zajednički generator toplinske energije i energije za hlađenje, smanjeni kapaciteti tih sustava, itd. Sve navedeno moglo bi utjecati na smanjenje ukupnog investicijskog dodatka za približno 5 %, tj. umjesto 18 na 13 %.

Tablica 2. Usporedba ključnih parametara za obije varijanti energetskog koncepta vrtića: polazna rješenja te poboljšanja preko granica nZEB za faktor 3

Parametri	65 kWh/m ² a, 20 kWh/m ³ a	20 kWh/m ² a, <6 kWh/m ³ a	I*
zrakonepropusnost	1,5 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	
rekuperacija	70 % (50 % površina)	85 % (100 % površina)	*
pod	0,24 W/m ² K	0,14 W/m ² K	
zid	0,18 W/m ² K	0,14 W/m ² K	
krov	0,17 W/m ² K	0,11 W/m ² K	
vrata	1,5 W/m ² K	1,0 W/m ² K	
prozori	1,1/1,3 W/m ² K 60 %	0,6/1,1 W/m ² K 60 %	
nacrti za izvedbu	standardno stanje	prilagodbe i detalji	
savjetovanje	ne	da	
bd test	ne	da	
toplinska dizalica	2 sistema	2 sistema	*
hlađenje	konvektori	konvektori	
generacija topline	plin	toplana	*
grijanje	podno	radijatori	*
€/m ²	1150	1360	
€	1,730,000	2,045,000	+18 % -5 %

Usporedba obiju varijanti (slika 6.) – polaznog rješenja i interventnih poboljšanja – u istim uvjetima kao i u prethodnom primjeru stambene novogradnje, upućuje na finansijske koristi nZEB koncepta, čak u razredu do 1/4 polazno predviđenog investiranja!



Slika 6. Usporedba polaznog dodatnog investiranja i budućih finansijskih koristi upućuje na očigledne prednosti poboljšanih koncepta za javne zgrade i u slučaju kasnih intervenciјa

5 Zaključak

Osnovni je cilj ovog rada izložiti mogućnosti i motivacije za ostvarivanje kvalitetnih projekata stambenih i javnih zgrada, duboko ispod razine graničnih vrijednosti za zgrade gotovo nulte energije. Takvi projekti deklariraju se višom energetskom učinkovitošću, smanjenim utjecajima na okoliš i ciljno korištenim resursima te naravno bitno poboljšanom kvalitetom i udobnošću tijekom uporabe zgrada. Prvi korak u inženjerskim izazovima jest osiguravanje kvalitetnih arhitektonskih i tehničkih rješenja. Ona moraju biti definirana na način da s najmanje uloženih resursa i finansijskih sredstava osiguravamo izuzetne konačne performanse. Projekti zgrada gotovo nulte energije moraju biti održivi i u ekonomskom smislu, što podrazumijeva integralno balansiranje investicijskih intervencija s dobivenim finansijskim koristima. Takva vrednovanja nisu jednostavna i primjenjuju napredne tehnike energetskog modeliranja, uz metode optimiziranja, koje traže interdisciplinarna znanja i iskustva. Praksa pokazuje da se velika poboljšanja na razini projektnog koncepta mogu ostvariti u slučaju ranog uključivanja konzultanta, za vrijeme pripreme projekta za zgradu. Ako je do ideje za poboljšanjima došlo tek u fazi početka provedbe radova, domet poboljšanja fokusira se na optimiziranje tehničkih mjera, pa i tako bitno utječe na zgradu u energetskom, ekološkom i ekonomskom aspektu.



Utjecaj zrakopropusnosti na energetsku učinkovitost zgrada

Autori:

Doc. dr. sc. Hrvoje Krstić¹

Ivan Lukić²

Mihaela Teni¹

Doc. dr. sc. Irena Ištoka Otković¹

Izv. prof. dr. sc. Željko Koški¹

Prof. dr. sc. Vlastimir Radonjanin²

Prof. dr. sc. Mirjana Malešev²

¹Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku
Građevinski fakultet

²Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka

Utjecaj zrakopropusnosti na energetsku učinkovitost zgrada

Hrvoje Krstić, Ivan Lukić, Mihaela Teni, Irena Ištoka Otković, Željko Koški, Vlastimir Radonjanin, Mirjana Malešev

Sažetak

U radu je detaljno prikazana BlowerDoor metoda koja se koristi za terensko ispitivanje zrakopropusnosti. Prikazana su dosadašnja istraživanja provedena na Građevinskom fakultetu Osijek vezana uz utjecaj zrakopropusnosti na energetska učinkovitost zgrada kao i razvijeni model predviđanja zrakopropusnosti. Osnovna prednost definiranja modela predviđanja zrakopropusnosti zgrada jest mogućnost brzog definiranja razine zrakopropusnosti bez potrebe za provedbom terenskih mjerjenja. Modeli koji su do sada razvijeni imaju dva osnovna nedostatka, a to su mala veličina baze podataka mjerjenja na kojoj su temeljeni i/ili samo lokalna primjenjivost.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, zrakopropusnost, BlowerDoor metoda, model predviđanja

Influence of airtightness on energy efficiency of buildings

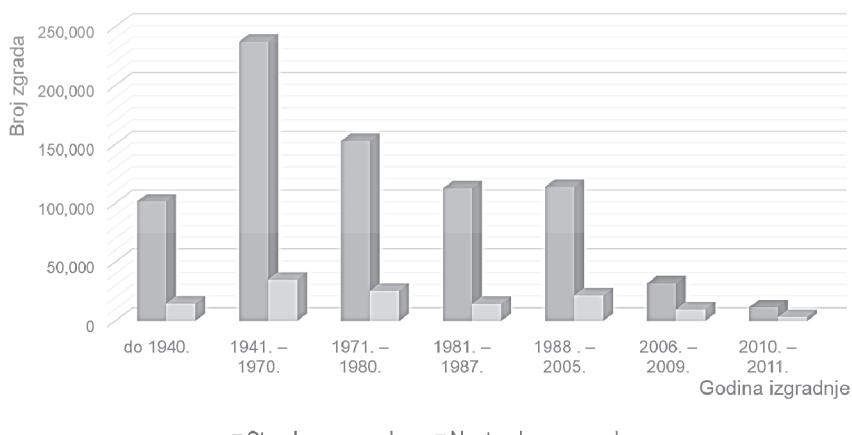
Abstract

The paper presents a detailed description of the Blower Door method used for conducting airtightness field measurements. Previous studies conducted at the Faculty of Civil Engineering in Osijek on the influence of airtightness on energy efficiency of buildings as well as the developed prognostic model for airtightness have been presented. The basic advantage of defining the prognostic model for airtightness is the ability of fast assessment of the value of airtightness without the need to conduct field measurements. The models developed so far have two basic disadvantages, which are the small size of the measurement database on which they are based and/or only the local applicability.

Key words: energy efficiency, airtightness, BlowerDoor method, prediction model

1 Uvod

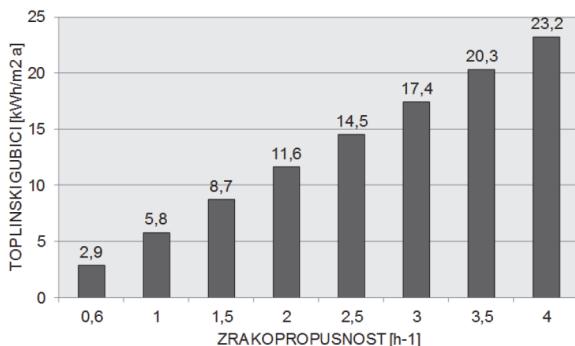
Zgrade su danas energetski najzahtjevniji sektor gospodarstva. Na području Europske unije zgrade su odgovorne za 40 % ukupne potrošnje energije, a s obzirom na širenje sektora, očekuje se i povećanje potrošnje [1]. Slična situacija je i u Republici Hrvatskoj. Naime, prema posljednjem objavljenom godišnjem energetskom pregledu iz 2015. godine, udio ukupne potrošnje energije u zgradama, koje čine kućanstva i usluge, u ukupnoj potrošnji finalne energije povećao se u odnosu na prethodnu 2014. godinu te iznosi 48,18 %. [2, 3]. Najveći udio pri tome, u potrošnji energije, ali i u ukupnoj izgradnji imaju stambene zgrade koje čine 86 % ukupnog fonda zgrada Republike Hrvatske [4]. Prema istraživanjima, stambene zgrade izgrađene do 1987. godine, koje čine oko 68 % ukupnog fonda zgrada u RH, troše najveću količinu energije [4]. Slična situacija je i u ostalim zemljama Europske unije gdje su tri četvrtine stambenog fonda izgrađene do 70-ih godina prošlog stoljeća [5]. Velika potrošnja energije navedenih zgrada posljedica je najvećim dijelom godine izgradnje, različitih tehnologija gradnje, vrste primijenjenih materijala i nedostatka propisa iz područja toplinske zaštite zgrada koji se u Republici Hrvatskoj prvi put pojavljuju 1970. godine [6]. Pregled nacionalnog fonda zgrada Republike Hrvatske prema godini izgradnje i namjeni [7] prikazan je na slici 1.



Slika 1. Pregled stambenog i nestambenog fonda prema godini izgradnje

Prema istraživanjima, kod zgrada građenih u drugoj polovini 20. stoljeća gubici topline iznose i do 300 kWh/m² godišnje [8]. Velik dio toplinskih gubitaka je posljedica i visoke razine zrakopropusnosti postojećih zgrada. Pojam "zrakopropusnost" odnosi se na nekontrolirani protok zraka kroz omotač zgrade kao posljedica razlike tlaka između unutarnjeg i vanjskog zraka. Prema istraživanjima, nekontrolirano propuštanje zraka najčešće se pojavljuje kroz spojeve stropova/podova s vanjskim zidovima, spojeve zidova i krovova, veze između različitih materijala, mjesta prodora vodovodnih i električnih instalacija, mjesta prodora dimnjaka i ventilacijskih kanala, dilatacije, kroz električne prekidače i utičnice te kroz prozore

i vrata [9]. Ograničenja zahtjeva za zrakopropusnost zgrada često se mogu naći u građevinskim propisima. U Republici Hrvatskoj ograničenja zrakopropusnosti omotača zgrade i ventiliranje prostora propisani su u Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15) [10]. Zrakopropusnost zgrada izravno utječe na gubitke topline jer nekontrolirana izmjena zraka vrlo mnogo povećava zahtjeve za grijanjem. Povezanost i utjecaj zrakopropusnosti zgrada na toplinske gubitke u zgradama prikazani su na slici 2., pri čemu minimalna zrakopropusnost pasivnih kuća iznosi $0,60 \text{ h}^{-1}$, a odgovarajući godišnji toplinski gubici iznose oko $2,90 \text{ kWh/m}^2$.

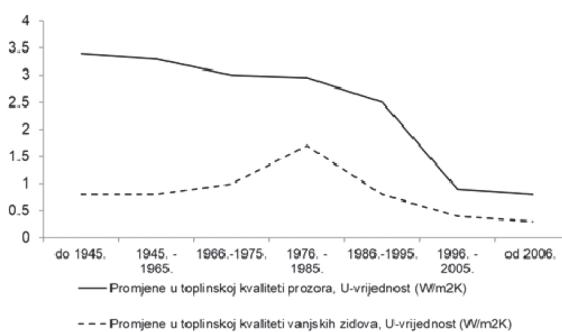


Slika 2. Veza između toplinskih gubitaka [$\text{kWh}/\text{m}^2 \text{ a}$] i zrakopropusnosti [h^{-1}] zgrada, [11]

S obzirom na važnost zrakopropusnosti i utjecaj na gubitke energije, ali i toplinsku ugodnost, važno je utjecati na zrakopropusnost zgrade već u fazi koncipiranja i definiranja projekta pravilnim odabirom vrste konstrukcije, vrste toplinske izolacije, broja katova zgrade, izloženih površina zgrade vanjskom zraku, kvalitete izvođenja zgrade, kvalitete provedenog nadzora nad izvođenjem, kvalitete održavanja zgrade, vrste i materijala okvira otvora kao i vrste i kvalitete ostakljenja otvora [9, 12-17]. Prema navedenom, logično je očekivati kako starost zgrada i građevnih dijelova zgrada utječe na vrijednosti zrakopropusnosti zgrada. Povezanost zrakopropusnosti s razdobljem izgradnje zgrada prikazana je na slici 3, a predstavlja rezultate istraživanja provedenog na uzorku od 58 stambenih jedinica različitih godina izgradnje u Osijeku i okolini tijekom 2013. i 2014. godine u sklopu projekta *Air tightness investigation of rooms from the point of view of energy and comfort in the frame of Hungary-Croatia IPA Cross-border Cooperation Program 2007-2013*. Rezultati prikazani na slici 3. pokazuju prosječne vrijednosti zrakopropusnosti za neobnovljene stambene jedinice prema razdobljima izgradnje te je vidljiv trend značajnog poboljšanja zrakopropusnosti u razdobljima nedavne izgradnje, što je i očekivano zbog tehničkog i tehnološkog napretka u građevinarstvu. Istraživanje je također uključilo i analizu toplinske kvalitete, koeficijenta prolaska topline (U vrijednosti), prozora ugrađenih u stambene zgrade i vanjskih zidova stambenih zgrada (slika 4.). Prema slici 4. može se primijetiti kontinuirani trend poboljšanja kvalitete prozora tako i vanjskih zidova, osobito u posljednja dva desetljeća.



Slika 3. Prosječne vrijednosti zrakopropusnosti za neobnovljene stambene jedinice u RH prema razdobljima izgradnje [18]



Slika 4. Analiza prozora ugrađenih u stambene zgrade i vanjskih zidova s obzirom na U vrijednosti i razdoblja izgradnje [18]

S obzirom na to da će se većina postojećih zgrada, koje ne zadovoljavaju sadašnje propise u pogledu racionalne uporabe energije, nastaviti koristiti još dugi niz godina i trošiti nepotrebno velike količine energije za grijanje i hlađenje, nužno je poduzeti mjere kako bi se smanjila potrošnja i kako bi se ostvarili zadani ciljevi Europske unije. Kada je riječ o novim zgradama koje će biti izgrađene u bliskoj budućnosti, Europska direktiva o energetskoj učinkovitosti zgrada propisuje da sve nove javne zgrade izgrađene nakon 2018. godine moraju biti zgrade gotovo nulte energije, a nakon 2020. godine isto će vrijediti i za sve novoizgrađene stambene zgrade. To posebno naglašava pitanje postojećih energetski neučinkovitih zgrada koje je potrebno što prije obnoviti u pogledu njihove energetske učinkovitosti. S gledišta tehnologije građenja, racionalno je kombinirati toplinsku izolaciju s povećanjem zrakopropusnosti zgrade [17] jer je zrakopropusnost ovojnice zgrade važan čimbenik koji se odnosi na energetsku učinkovitost, toplinsku udobnost i kvalitetu unutarnjeg zraka zgrada. Iz tih je razloga ključno razumijeti zrakopropusnost tijekom građenja novih i obnove postojećih zgrada [13]. U ovom radu je detaljno prikazana BlowerDoor metoda koja se primjenjuje za terensko ispitivanje zrakopropusnosti. Opisan je postupak mjerjenja zrakopropusnosti zgrada uređajem Minneapolis BlowerDoor, prednosti i nedostaci primjene metode, ograničenja i postupak interpretacije rezultata mjerjenja. U radu je analiziran i utjecaj zrakopropusnosti na rezultate

proračuna potrošnje toplinske energije i energetskog razreda zgrade. Na primjeru stana u stambenoj zgradi izmjerena vrijednost zrakopropusnosti je varirana u nekoliko koraka, a rezultati su analizirani primjenom metode analize osjetljivosti. Promatran je također utjecaj kvalitete stolarije u stambenim jedinicama u smislu starosti i vrste materijala okvira i vrste ostakljenja na rezultate zrakopropusnosti na primjeru nekoliko stambenih jedinica istih geometrijskih karakteristika, ali različitih vrsta stolarije. Opisan je i model predviđanja zrakopropusnosti razvijen na Građevinskom fakultetu u Osijeku. Model se koristi neuralnim mrežama kako bi na temelju samo nekoliko ulaznih podataka koji se mogu odrediti pregledom stambene jedinice i iz nekoliko osnovnih geometrijskih karakteristika predvidjela vrijednost zrakopropusnosti zgrada. Predviđanje zrakopropusnosti omogućuje uvid u obilježja ovojnica zgrada bez provođenja terenskih ispitivanja, što pridonosi učinkovitosti pripremnih radova koji se odnose na programe i projekte obnove zgrada. Rezultati predviđanja mogu se koristiti pri provedbi sustavne obnove zgrada u smislu poboljšanja njihove energetske učinkovitosti s ciljem postizanja odgovarajuće razine energetske učinkovitosti i odgovarajuće toplinske ugodnosti uz zadovoljenje zahtjeva postavljenih zemljama članicama EU i zemljama pristupnicama. Osnovna prednost definiranja modela predviđanja zrakopropusnosti zgrada jest mogućnost brzog definiranja razine zrakopropusnosti bez potrebe za provedbom terenskih mjerena. Modeli koji su do sada razvijeni imaju dva osnovna nedostatka, a to su mala veličina baze podataka mjerena na kojoj su temeljeni i/ili samo lokalna primjenjivost, što je prikazano na primjeru dva modela koji su razvijeni u Švedskoj i Grčkoj. U završnom dijelu rada je prikazan i dio rezultata hrvatsko-srpskog znanstvenoistraživačkog projekta *Razvoj modela za procjenu energetske učinkovitosti zgrada s aspekta zrakopropusnosti*, za razdoblje od 2016. do 2017. godine.

2 Terenska ispitivanja zrakopropusnosti ovojnice zgrada

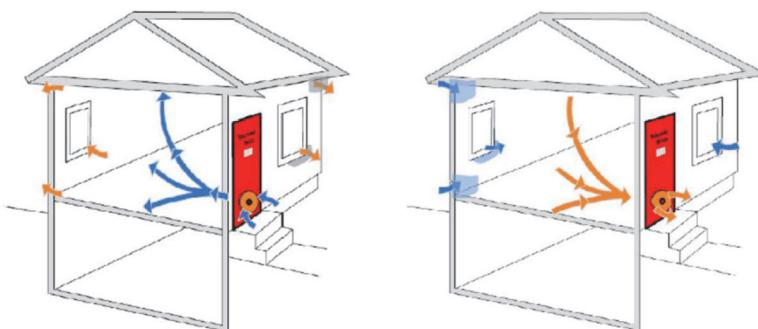
Metoda koja se najčešće koristi za mjerjenje zrakopropusnosti omotača zgrade jest metoda razlike tlaka tzv. "BlowerDoor test", pri čemu se podatak o zrakopropusnosti zgrade dobiva pomoću ispitnog uređaja s ventilatorom. Primjena metode detaljno je opisana u normi HRN EN 13829:2002 (*Toplinske značajke zgrada - Određivanje propusnosti zraka kod zgrada - Metoda razlike tlakova*) koja je u Republici Hrvatskoj propisana *Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* (NN 128/15) [10]. Navedena norma povučena je u svibnju 2015. godine i zamijenjena normom HRN EN ISO 9972:2015 (*Toplinske značajke zgrada - Određivanje propusnosti zraka kod zgrada - Metoda razlike tlakova*). No kako je u [10] propisana uporaba norme HRN EN 13829:2002 te kako je veći dio opisanih istraživanja proveden dok je povučena norma bila na snazi, ovdje će ona biti objašnjena. Prema normi HRN EN 13829:2002 definirane su, ovisno o svrsi, dvije metode određivanja zrakopropusnosti: metoda A i metoda B [10, 19]. Kod metode određivanja A, zrakopropusnost omotača zgrade se određuje kada je zgrada već u upotrebi (obuhvaća trenutačno stanje na zgradama), pri čemu stanje vanjske ovojnice treba biti reprezentativno za vrijeme sezone u kojoj se koriste sustavi za grijanje ili hlađenje, a svi otvorci (vrata, prozori i ventilacijski otvorci) zatvoreni, bez dodatnog brtljenja. Metodom B, zrakopropusnost omotača se ispituje nakon završetka gradnje zgrade, a svi projektirani otvorci u zgradi (prozori,

vrata i ventilacijski otvor) moraju biti zabrtvljeni. Razlika između navedenih metoda jest ta što se kod zabrtvljenih otvora koristi dodatno sredstvo za brtvljenje. Za usporedbu, prema normi HRN EN ISO 9972:2015 tri su metode ispitivanja. Ispunjavanje zahtjeva o zrakopropusnosti, prema Tehničkom propisu [10], dokazuje se ispitivanjem na izgrađenoj novoj ili rekonstruiranoj postojećoj zgradi prema HRN EN 13829:2002, metodom određivanja A, prije tehničkog pregleda zgrade [10]. Prilikom ispitivanja zrakopropusnosti, propisano je da za razliku tlakova između unutarnjeg i vanjskog zraka od 50 Pa, izmjereni protok zraka, sveden na obujam unutarnjeg zraka, ne smije biti veći od vrijednosti $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada bez mehaničkog uređaja za ventilaciju, odnosno $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada s mehaničkim uređajem za ventilaciju [10]. Prema Tehničkom propisu obvezna primjena ispitivanja zrakopropusnosti odnosi se na zgrade gotovo nulte energije i zgrade koje se projektiraju na [10]:

- $Q''_{H,nd} \leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ kada srednja mjesecna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3^\circ\text{C}$ prema metereološkim podacima, odnosno
- $Q''_{H,nd} \leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ kada srednja mjesecna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $> 3^\circ\text{C}$ prema metereološkim podacima.

$Q''_{H,nd}$ označava najveću dopuštenu godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade.

Prilikom ispitivanja zrakopropusnosti omotača zgrada uređajem s ventilatorom, stvara se prisilna razlika u tlaku između zraka u zgradama i vanjskog zraka u kontroliranim uvjetima. Zbog razlike u tlakovima dolazi do strujanja zraka iz zgrade prema vanjskome zraku ili obrnuto, ovisno o tome stvara li se nadtlak (test kompresije) ili podtlak (test dekompresije), slika 5. Tlačnim testom kompresije se pomoću ventilatora zrak upuhuje u zgradu pri čemu višak zraka izlazi iz zgrade kroz propusna mjesta (prozori, vrata, pore, pukotine) prema vanjskom prostoru. Kod dekompresije zrak se ispuhuje iz zgrade pri čemu svježi vanjski zrak ulazi iz vanjskog prostora u unutarnji zrak u zgradama kroz propusna mjesta.



Slika 5. Test kompresije (lijevo) i dekompresije (desno) [20]

Preporučena razlika tlakova koja se smatra referentnom za ocjenu zrakopropusnosti zgrade iznosi 50 Pa [19]. Razlika tlakova od 50 Pa odabrana je zato što visoka tlačna razlika smanjuje odnosno minimalizira utjecaje vanjskih čimbenika, kao što su promjene temperature zraka tijekom mjerjenja ili utjecaj vjetra, na rezultate mjerjenja. Prilikom ispitivanja, mjerjenja

protoka zraka izvode se u nekoliko točaka razlike tlakova u rasponu od minimalno 10 Pa do 100 Pa [19]. Kod manjih zgrada i pojedinačnih stanova potrebno je napraviti mjerjenja pri razlikama tlakova do barem 50 Pa (radi veće točnosti rezultata, preporuka je da se naprave mjerjenja i za veće tlačne razlike odnosno do 100 Pa), a kod velikih zgrada u kojima se često ne može postići propisana razlika tlakova od 50 Pa potrebno je napraviti mjerjenja pri tlačnoj razlici od minimalno 25 Pa [19]. Iako je prihvatljiv jedan skup izmjerenih podataka pri podtlaku ili nadtlaku, prema normi EN 13829:2002 preporučuje se provesti obje metode mjerenja (kompresije i dekompresije) te se u tom slučaju zrakopropusnost određuje kao srednja vrijednost dva mjerena. Na osnovi količine zraka koji uđe u zgradu ili izađe iz zgrade dobiva se broj izmjena zraka u jednom satu pri razlici tlaka između unutarnjeg i vanjskog zraka od 50 Pa, odnosno broj n_{50} . Vrijednost n_{50} može se zatim relativno jednostavno upotrijebiti kao ulazni podatak za simulaciju strujanja zraka, te kod simulacija potrošnje energije za grijanje i hlađenje na razini cijele zgrade [21]. Metoda terenskog ispitivanja zrakopropusnosti učinkovita je i nerazorna metoda utvrđivanja stvarnog stanja omotača zgrade (pronalaženje mesta propuštanja zraka), primjenjiva na nove i na postojeće zgrade. Ispitivanje zrakopropusnosti vanjske ovojnica moguće je također izvršiti prije izvođenja završnih radova i završetka radova na zgradi s ciljem povećanja kvalitete izvođenja radova na zrakopropusnoj ovojnici zgrade te bržeg i jeftinijeg ispravljanja postojećih nepravilnosti u izvođenju. No osim brojnih prednosti, postoje i određena ograničenja metode. Prednosti i ograničenja metode terenskog ispitivanja zrakopropusnosti prikazani su u tablici 1. Bitno je kako se prednosti odnose općenito na metodu ispitivanja zrakopropusnosti, a ograničenja se odnose na sam uređaj kojim se provode mjerena, u ovom slučaju uređaj Minneapolis BlowerDoor uređaj. Terenska mjerena zrakopropusnosti omotača zgrada od 2013. godine do danas provedena su pomoći uređaja "DG-700 Minneapolis BlowerDoor", slika 6. Minneapolis BlowerDoor uređaj sastoji se od okvira s nepropusnim platnom, ventilatora, manometara (slika 7.) i računalnog sustava za obradu i bilježenje rezultata testa s računalnim programom TECTITE Express 3.6.

Tablica 1. Prednosti i ograničenja terenskog ispitivanja zrakopropusnosti

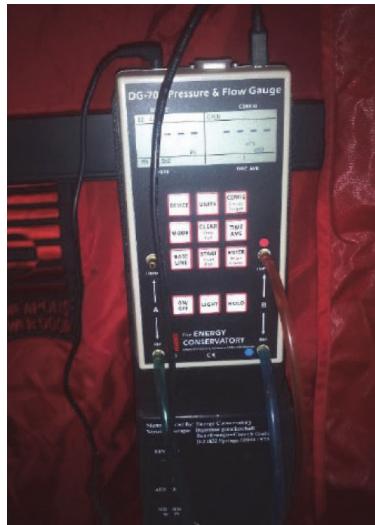
PREDNOSTI	OGRANIČENJA
<ul style="list-style-type: none"> · učinkovita, ponovljiva i nerazorna metoda, · lako prikupljanje i interpretacija rezultata , · metoda mjerena jednak je primjenjiva na nove i postojeće zgrade, · utvrđivanje stvarnog stanja omotača zgrade – pronalaženje mesta propuštanja zraka, · omogućuje usporedbu različitih zgrada ili usporedbu projektirane i izvedene zrakopropusnosti ovojnice zgrada i · ispitivanje zrakopropusnosti vanjske ovojnice moguće je izvršiti prije izvođenja završnih radova i završetka radova na zgradi s ciljem povećanja kvalitete izvođenja radova na zrakopropusnoj ovojnici zgrade te bržeg i jeftinijeg ispravljanja postojećih propusta u izvođenju. 	<ul style="list-style-type: none"> · snaga ventilatora - kapacitet uređaja iznosi 19 - 7200 m³/h pri razlici tlaka od 50 Pa i · okvir uređaja - minimalna dimenzija okvira na koji se postavlja ventilator iznosi 69 x 132 cm, a maksimalna 114 x 245 cm.

Prije početka mjerjenja zrakopropusnosti BlowerDoor ispitnim uređajem potrebno je:

- prikupiti podatke o površini, volumenu i oplošju zgrade (navedeni podaci mogu se preuzeti iz projektne dokumentacije (u slučajevima gdje ona postoji) ili se provodi snimak postojećeg stanja zgrade)
- izmjeriti unutarnju i vanjsku temperaturu
- provjeriti jesu li svi prozori zatvoreni i jesu li sva unutarnja vrata otvorena
- zatvoriti i zabrtviti vrata i otvore koji vode prema negrijanim unutrašnjim prostorima (garaže, zajednički hodnici, ostave i slično)
- ugasiti peći koje se koriste za grijanje, zatvoriti otvor kamina, prekriti pepeo u kaminu
- isključiti nape i privremeno ih zatvoriti folijama i ljepljivim trakama
- napuniti odvodne sifone vodom (posebno važno kod građevina koje se koriste)
- osigurati pristup električnoj energiji potreboj za pokretanje uređaja.



Slika 6. BlowerDoor ispitni uređaj s manometrom DG-700



Slika 7. Uređaj za mjerjenje tlaka i protoka zraka - manometar

Nakon što su obavljene sve pripremne radnje, mjerni uređaj se postavlja na ulazna vrata ili na neki od prozora građevine. Okvir uređaja sastoji se od nekoliko dijelova te se prilikom sastavljanja prilagođava dimenzijama otvora. Nakon što se okvir uređaja prilagodi dimenzijama odabranog otvora, postavlja se nepropusno platno s otvorom za ventilator na dnu. Ventilator se na donjem dijelu okvira postavlja tako da upuhuje zrak u prostor zgrade (dio ventilatora s prstenovima postavlja se prema unutra) ako se provodi test kompresije, a ako se provodi test dekompresije, da se ispuhuje zrak iz prostora zgrade (dio ventilatora s prstenovima postavlja se prema van). Na okvir se postavljaju i dva uređaja. Prvi uređaj služi za kontrolu brzine vrtnje, a drugi za mjerjenje tlaka i protoka zraka - manometar, slika 7. Na uređaj za mjerjenje tlaka i protoka zraka priključuje se uređaj za kontrolu brzine vrtnje te se pomoću USB priključka uređaj za mjerjenje pritiska i protoka zraka povezuje s računalom. Nakon što je uređaj instaliran u skladu s preporukama proizvođača te nakon što su svi po-

trebni podaci uneseni u program na prijenosnom računalu, uređaj mjeri početnu razliku tlaka između vanjskog i unutarnjeg prostora, koja ne smije biti veća od 5 Pa [19]. Ako je razlika veća od toga, mjerjenje je potrebno ponavljati ili odgoditi sve dok se ne otkloni utjecaj vjetra na razliku tlaka između unutarnjeg i vanjskog zraka. Tijekom mjerjenja zrakopropusnosti potrebno je, prema preporuci proizvođača opreme, bilježiti i pratiti razliku tlakova. Uz ispitivanje zrakopropusnosti, BlowerDoor uređaj koristi se i za identifikaciju mjesta na kojima dolazi do najvećeg protoka zraka. Mjesta na kojima dolazi do protoka zraka utvrđuju se i provjeravaju dodirom ili primjenom dodatnih ispitnih metoda poput metode infracrvene termografije, upotrebom anemometra, dimnih olovaka ili testnog plina. Ispitivanjima je utvrđeno da su najčešća mjesta propuštanja zraka otvori, prodori instalacija u podovima, stropovima i zidovima te otvori za rasvjetu u spuštenim stropovima. Nakon što se utvrde propusna mjesta, u ispitni izvještaj treba navesti njihovu poziciju zbog lakše sanacije [22]. Ispitivanje zrakopropusnosti u prosjeku traje desetak minuta, a odvija se na način da računalni program koji je uskladen sa cijelokupnom opremom, određuje protok zraka kroz ventilator u odnosu na promjenu tlaka zraka. Rezultati ispitivanja zrakopropusnosti prikazani su u izvješću koje prema normi HRN EN 13829:2002 i normi HRN EN ISO 9972:2015 treba sadržavati sljedeće podatke [19, 23]:

- A. Podaci o objektu: svrha ispitivanja (metoda ispitivanja - A ili B), lokacija - adresa, procijenjeni datum izgradnje zgrade
- B. Upućivanje na normu prema kojoj je ispitivanje provedeno i svako odstupanje od nje
- C. Objekt ispitivanja: opis dijela objekta koji se ispituje, neto površina i unutarnji volumen zraka objekta ili dijela objekta koji se ispituje te ostale potrebne dimenzije, proračun podataka - kako bi se navedeni rezultati mogli potvrditi, položaj svih otvora omotača zgrade - učvršćen/začepljen, zabrtvlen, otvoren, ..., detaljan opis zabrtvljenih prozora (ako postoje), opis sustava grijanja, hlađenja i ventilacije
- D. Uredaj i postupak mjerjenja: opis opreme i primijenjenje tehnike.
- E. Izmjereni podaci: početne razlike tlaka $\Delta p_{0,1+}$, $\Delta p_{0,1-}$, $\Delta p_{0,2+}$, $\Delta p_{0,2-}$, $\Delta p_{0,1}$ i $\Delta p_{0,2}$ za test kompresije i dekompresije, unutarnja i vanjska temperatura, brzina vjetra, barometarski tlak ako je dio proračuna, tablica induciranih/postignutih razlika tlakova i odgovarajućeg protoka zraka, graf protoka zraka, V_{50} - protok zraka pri 50 Pa (eng. *Airflow*) - protok zraka koji je potreban kako bi nastala promjena tlaka zraka u zgradi od 50 Pa u odnosu na vanjski tlak zraka, najčešće korištena mjera za zrakopropusnost zgrada, n_{50} , ACH pri 50 Pa (eng. *Air Changes per Hour*) - broj izmjena zraka unutar jednog sata pri tlaku od 50 Pa, također često korištena mjera za zrakopropusnost zgrada dok je ACH pri 50 Pa broj potpunih izmjena zraka koje će se dogoditi unutar jednoga sata pri tlaku od 50 Pa koji je jednolikou raspoređen po omotaču zgrade, w_{50} - protok pri tlaku od 50 Pa podijeljen s unesenom podnom površinom zgrade, q_{50} - protok pri tlaku od 50 Pa podijeljen s unesenom ukupnom površinom zgrade, Canadian EqLA - ekvivalentna zrakopropusna površina oštrih rubova koja bi propustila jednaku količinu zraka kao što ju propušta zgrada pri tlaku 10 Pa, LBL ELA - efektivna zrakopropusna površina, površina posebne rupe u obliku mlaznice koja bi propustila jednaku količinu zraka kao što ju propušta zgrada pri tlaku od 4 Pa, C_{env} - koeficijent protoka zraka, C_L - koeficijent zrakopropusnosti ovisi o veličini i broju propusnih mjesta, n - eksponent pomoću kojega se iscrtava krivulja zrakopropusnosti zgrade, koeficijent korelacije (eng. *Correlation Coefficient*)

fficient) - mjera koja pokazuje koliko se dobro prikupljeni podatci iz Blower-door testa uklapaju u "najprikladniju" krivulju zrakopropusnosti zgrade; što su podatkovne točke bliže ili su na samoj krivulji zrakopropusnosti zgrade, to je veća vrijednost izračunanoj koeficijenta korelacije;

F. Datum ispitivanja.

Kako je u Uvodu i istaknuto vrijednosti zrakopropusnosti zgrade utječu i na gubitke energije i na toplinsku ugodnost u zgradama. Broj izmjena zraka je jedan od podataka koji se uzima u obzir prilikom proračuna energetske učinkovitosti zgrada i analizira se s dva stajališta - kao broj izmjena potreban za dimenzioniranje sustava za grijanje i hlađenje i kao broj izmjena potreban za zadovoljavanje kvalitete unutrašnjeg zraka. Ovisno o načinu na koji dolazi do izmjene zraka u zgradama, može se govoriti o namjenski projektiranim sustavima s mehaničkim sustavima ventilacije i nemamjenskoj tj. prirodnog izmjeni zraka. S energetskog stajališta, gubici topline uslijed izmjena zraka (ventilacijski gubici) mogu činiti više od polovine primarne energije koja se koristi u zgradi [24], a kao glavni uzročnik gubitaka topline uslijed izmjena zraka prirodnim putem (infiltracijom) izdvajaju se brzina vjetra i temperaturna razlika između unutrašnjeg i vanjskog zraka. Prema normi HRN EN ISO 13789 [25], ventilacijski gubici se računaju prema izrazu (1):

$$Q_{V_e,inf} = \frac{H_{V_e,inf}}{1000} (\vartheta_{int} - \vartheta_e) t \quad [\text{kWh}] \quad (1)$$

gdje je:

- $H_{V_e,inf}$ - koeficijent izmjene topline uslijed infiltracije [W/K]
 ϑ_{int} - unutarnja projektirana temperatura grijane zone [$^{\circ}\text{C}$]
 ϑ_e - srednja vanjska temperatura za proračunsko razdoblje [$^{\circ}\text{C}$]
 t - trajanje proračunskog razdoblja [h].

Koeficijent izmjene topline uslijed infiltracije $H_{V_e,inf}$ računa se prema izrazu (2):

$$H_{V_e,inf} = n_{inf} \cdot V \cdot \rho_a c_{pa} \quad [\text{W}/\text{k}] \quad (2)$$

gdje je:

- n_{inf} - broj izmjena zraka uslijed infiltracije [h^{-1}]
 ρ_a - gustoća zraka [kg/m^3]
 $c_{p,a}$ - specifični toplinski kapacitet zraka [$\text{J}/(\text{kg K})$]
 V - volumen zraka u zoni [m^3]
 n_{inf} - broj izmjena zraka između negrijanog prostora i vanjskog okoliša.

Svi parametri u ovoj jednadžbi se mogu pouzdano odrediti, osim broja izmjena zraka na sat koji je jednak odnosu volumena zraka koji infiltracijom dospijeva u prostoriju tijekom jednog sata i ukupnog volumena prostorije. Kod zgrada s prirodnom ventilacijom broj se izmjena zraka na sat grubo procjenjuje na temelju izloženosti vjetru, razine zabrtvljenošći i zaklonjenosti objekta, što može dovesti do značajnih pogrešaka u proračunu ventilacijskih, a time i ukupnih toplinskih gubitaka. Princip određivanja prosječne brzine infiltracije tijekom

godine, koja je izvedena iz vrijednosti nepropusnosti zraka u satima pri referentnom tlaku od 50 Pa, prvi je predložio Kronvall [26]. On je analizirao podatke, uglavnom stanova, i došao do zaključka kako je procijenjena godišnja prosječna ventilacija u korelaciji s utvrđenom vrijednosti tlaka pri 50 Pa podijeljena s 20. Dubrul [27] je ovo pravilo proširio uzimajući u obzir veličinu objekata, klimatske faktore i izloženost objekata. Njegovo istraživanje je pokazalo kako za visoke zgrade i zgrade izložene vjetrovima na većim visinama vrijednost n_{50} mora biti podijeljena s vrijednošću koja može biti manja od 10, a za zaštićene i niske zgrade faktor korekcije bi mogao imati vrijednosti do 30. U normama ASHRAE 119 [28] i ASHRAE 136 [29] dan je izraz (3) za određivanje faktora konverzija (N) između n_{50} i n_{inf} :

$$N = c \cdot h \cdot s \cdot l \quad (3)$$

gdje je:

- c - klimatski faktor korekcije, ovisno o vjetru i temperaturi
- h - korekcijski faktor visine (katnosti) objekta (tablica 2.)
- s - korekcijski faktor zaklonjenosti objekta (tablica 3.)
- l - korekcijski faktor veličine pukotina na omotaču (tablica 4.).

Tablica 2. Korekcijski faktor visine "h" [30]

Broj katova	1	1,5	2	3
Korekcijski faktor "h"	1,0	0,9	0,8	0,7

Tablica 3. Korekcijski faktor zaklonjenosti objekta "s" [30]

Stupanj zaklonjenosti	Dobro zaklonjen	Normalno izložen	Izložen
Korekcijski faktor "s"	1,2	1,0	0,9

Tablica 4. Korekcijski faktor pukotina na omotaču "l" [30]

Vrste pukotina	Male pukotine	Normalna	Veliki otvor
Korekcijski faktor "l"	1,4	1,0	0,7

Klimatski faktor korekcije "c" uzima u obzir vanjsku temperaturu i brzine vjetra. Sherman [30] je u svom istraživanju odredio vrijednosti toga faktora za Sjevernu Ameriku i one iznose od 13 do 26, pri čemu je u najvećem broju slučajeva ovaj faktor između 17 i 23. Iz ovoga slijedi da vrijednost faktora korekcije, ovisno o kombinaciji navedenih parametara, iznosi od 6 do 40. Norma EN ISO 13789:2008 [25] daje mogućnost da se standardni broj izmjena zraka empirijski odredi i prema izrazu (4):

$$n_{inf} = \frac{n_{50}}{N} \quad [h^{-1}] \quad (4)$$

gdje je N faktor konverzije i iznosi N=20.

Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prema HRN EN 13790:2008 [31] daje mogućnost da se standardni broj izmjena zraka usvoji na osnovi n_{50} i odredi izrazom (5):

$$n_{inf} = e_{wind} \cdot n_{50} \quad [h^{-1}] \quad (5)$$

gdje je e_{wind} faktor zaštićenosti zgrade od vjetra (tablica 5.).

Tablica 5. Koeficijent e_{wind} (HRN EN ISO 13789, tablica C.4) [25]

Koeficijent e_{wind} za klasu zaklonjenosti	Izloženo više od jedne fasade	Izložena jedna fasada
Nezaklonjene: zgrade na otvorenom, visoke zgrade u gradskim središtima	0,1	0,03
Srednje zaklonjene: zgrade okružene drvećem ili drugim zgradama, predgrađa	0,07	0,02
Jako zaklonjene: zgrade prosječnih visina u gradskim središtima, zgrade u šumama	0,04	0,01

Normom HRN EN 13789:2008 je, kroz nacionalne dodatke, dana mogućnost da se na osnovi izmjerene vrijednosti n_{50} odredi klasa zabrtvljjenosti, a zatim, na osnovi klase zaklonjenosti usvoje računske vrijednosti standardnog broja izmjena zraka (tablice 6. do 8.).

Tablica 6. Određivanje klase zabrtvljjenosti [25]

Broj izmjena zraka pri $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ $n_{50} (h^{-1})$		Klasa zabrtvljjenosti
Višestambene zgrade	Jednoobiteljske zgrade	
Manje od 2	Manje od 4	Visoka
2 do 5	4 do 10	Srednja
Više od 5	Više od 10	Niska

Tablica 7. Standardni broj izmjena zraka u funkciji stupnja zaklonjenosti i zabrtvljjenosti za višestambene zgrade [25]

Klasa zaklonjenosti	Broj izmjena zraka, n (h^{-1}) za više izloženih fasada			Broj izmjena zraka, n (h^{-1}) za jednu izloženu fasadu		
	Zabrtvljjenost			Zabrtvljjenost		
	Niska	Srednja	Visoka	Niska	Srednja	Visoka
Nezaklonjena	1,2	0,7	0,5	1,0	0,6	0,5
Umjereno zaklonjena	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Jako zaklonjena	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tablica 8. Standardni broj izmjena zraka u funkciji stupnja zaklonjenosti i zabrtvlijenosti za jednoobiteljske zgrade [25]

Klasa zaklonjenosti	Broj izmjena zraka, n (h^{-1})		
	Zabrtvlijenost		
	Niska	Srednja	Visoka
Nezaklonjena	1,5	0,8	0,5
Umjereno zaklonjena	1,1	0,6	0,5
Jako zaklonjena	0,7	0,5	0,5

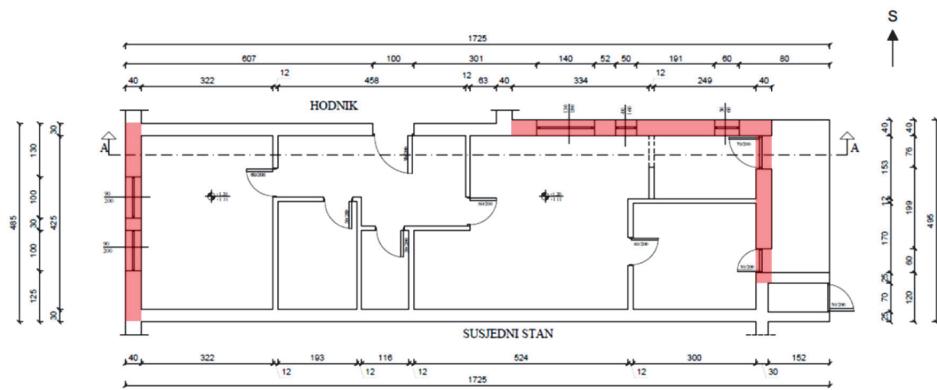
Kako se iz prethodnog može vidjeti, sadašnje norme daju mogućnost određivanja broja izmjena zraka na osnovi inženjerske procjene, ovisno o stupnju zaklonjenosti, zabrtvlijenosti i geometrijskih karakteristika objekta. S druge strane, određivanje broja izmjena zraka na osnovi terenskih mjerjenja zrakopropusnosti, tj. na osnovi izmjerene vrijednosti $n_{50'}$ i dalje zahtijeva inženjersku procjenu nekih parametara, pri čemu se moraju uzeti u obzir i klimatski podaci za pripadajuću lokaciju, tj. rezultat ovisi direktno o lokaciji objekta. Na osnovi prikazanih metoda određivanja broja izmjena zraka mjerjenjem na terenu, za jedan isti objekt i za istu izmjerenu vrijednost $n_{50'}$, može se vidjeti kako broj izmjena zraka određen prema izrazima (3)-(5) može iznositi (u najvećem broju slučajeva) između 10 i 25. Iz toga je očito da su vrijednosti broja izmjena zraka za proračun ventilacijskih gubitaka dobivene na osnovi mjerjenja $n_{50'}$ znatno manje nego što su vrijednosti prikazane u tablicama 5-7. Primjera radi, za jednu obiteljsku kuću za koju bi se izmjerila vrijednost $n_{50'} = 3,0 \text{ h}^{-1}$, broj bi izmjena zraka n_{inf} iznosio između $0,1 \text{ h}^{-1}$ i $0,3 \text{ h}^{-1}$, odnosno, ventilacijski gubici bili bi 3-5 puta manji nego što bi se dobilo na osnovi vrijednosti prikazanih u tablicama. Kao zaključak moglo bi se reći da je mjerjenje na terenu jedini način da se dobije stvarna slika zabrtvlijenosti objekta, a uz to i o kvaliteti izvedenih radova, ali je potrebno kritički analizirati dane parametre za određivanje faktora konverzije između izmjerene i računske vrijednosti.

3 Preliminarne analize terenskih ispitivanja zrakopropusnosti zgrada

3.1 Utjecaj kvalitete i vrste stolarije stambenih jedinica na rezultate zrakopropusnosti

Utjecaj zrakopropusnosti na rezultate proračuna potrošnje toplinske energije i energetski razred zgrade analiziran je na primjeru stambene jedinice ukupne površine $58,7 \text{ m}^2$ smještene u Osijeku. Izabrana stambena jedinica nalazi se u prizemlju dvoetažne zgrade. Tlocrte dimenzije predmetnog stana iznose $17,25 \text{ m} \times 4,95 \text{ m}$, a visina etaže $2,95 \text{ m}$. Tlocrt stambene jedinice s naznačenim vanjskim zidovima prikazan je na slici 8. Vanjski zidovi zgrade su ukupne debljine 40 cm . Izvedeni su od šuplje blok opeke debljine 25 cm . S vanjske strane obloženi su toplinskom izolacijom od ekspandiranog polistirena (EPS) debljine 10 cm , iznutra ožbukani, a s vanjske strane s pripadajućim završnim slojevima. Pod je izведен na sloju šljunka debljine 15 cm kao armiranobetonska ploča debljine 15 cm . Na armiranobetonskoj ploči postavljena je hidroizolacija, sloj cementnog estriha debljine 5 cm , ljepenka i završna

obloga. Stropna konstrukcija izvedena je kao fert strop debljine 21 cm s 5 cm cementnog estriha. Na svim otvorima, osim ulaznih vrata koja su drvena, nalazi se PVC stolarija s dvostrukim ostakljenjem i roletama s vanjske strane. Glavne karakteristike postojeće stolarije prikazane su u tablici 9. Terensko ispitivanje zrakopropusnosti predmetnog stana provedeno je 25. svibnja 2016. uređajem Minneapolis Blower Door DG-700 u skladu s normom HRN EN 13829:2002 i uputama proizvođača. Mjerenje je provedeno prema metodi A uz istodobno primjenjivanje razlike tlaka od 50 Pa. Mjerni uređaj postavljen je na ulazna vrata stana, svi prozori i vrata su zatvoreni, a ventilacijski sustavi u kupaonici i ostavi privremeno zatvoreni. Rezultati ispitivanja predmetnog stana prikazani su u tablici 10.



Slika 8. Tlocrt analizirane stambene jedinice

Tablica 9. Glavne karakteristike postojeće stolarije

Otvor	Dimenziije	Orientacija	Broj otvora	Karakteristike/materijal
Prozor	100 x 200 cm	zapad	2	PVC s dvostrukim ostakljenjem
Prozor	140 x 180 cm	sjever	1	PVC s dvostrukim ostakljenjem
Prozor	50 x 160 cm	sjever	1	PVC s dvostrukim ostakljenjem
Prozor	60 x 60 cm	sjever	1	PVC s dvostrukim ostakljenjem
Balkonska vrata	80 x 210 cm	istok	1	PVC s dvostrukim ostakljenjem
Balkonska vrata	60 x 200 cm	istok	1	PVC s dvostrukim ostakljenjem
Ulažna vrata	100 x 200 cm	sjever	1	Drvena puna

Tablica 10. Rezultati ispitivanja zrakopropusnosti odabrane stambene jedinice

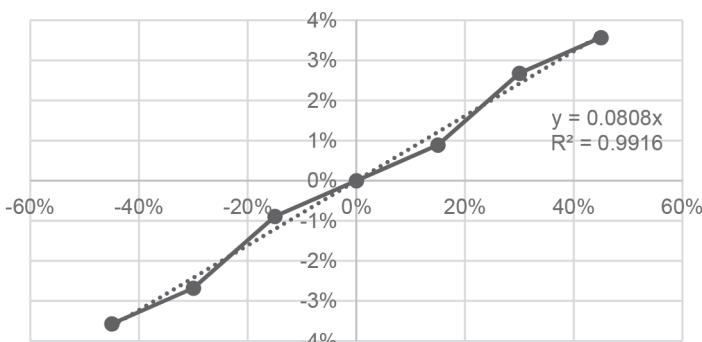
V_{50}	425 (+/- 0,3 %)	n	0,591 (+/- 0,011)
n_{50}	2,46	C_L	42,2 (+/- 4,2 %)
w_{50}	7,21	Koeficijent korelacije	0,99870
q_{50}	2,50	Vanjska temperatura	17 °C
C_{env}	42,0 (+/- 4,2 %)	Unutarnja temperatura	20 °C

Kako bi se analizirao utjecaj zrakopropusnosti na rezultate proračuna potrošnje toplinske energije i energetski razred zgrade, dobiveni podaci analizirani su primjenom metode analize osjetljivosti. Analiza osjetljivosti je tehnika modeliranja, odnosno računski postupak koji se koristi kako bi se utvrdio utjecaj promjene vrijednosti nezavisne varijable (ulaznih podataka modela) na ovisnu varijablu (izlazne podatke modela) [32, 33]. Analizom osjetljivosti varirana je vrijednost broja izmjena zraka po satu pri 50 Pa (vrijednost n_{50}) u odnosu na početnu vrijednost dobivenu mjerenjem. Parametar zrakopropusnosti je variran u šest koraka, pri čemu je početna vrijednost n_{50} u prva tri koraka smanjena za 15 %, 30 % i 45 % a u preostala tri koraka povećana također u intervalima po 15 %. Prilikom proračuna unesene su varirane vrijednosti zrakopropusnosti te je analizirana promjena godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, godišnje potrošnje energenata, ukupne cijene za grijanje, godišnje emisije CO_2 i godišnje potrebne energije za grijanje, odnosno energetski razred zgrade. Rezultati proračuna prilikom variranja osnovne vrijednosti n_{50} prikazani su u tablici 11. za godišnju emisiju CO_2 i godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje. Iz tablice 11. vidljivo je kako povećanjem zrakopropusnosti dolazi do jednakih povećanja potrebne korisne energije za grijanje, potrošnje energenata, cijene za grijanje te godišnje emisije CO_2 , odnosno smanjenjem zrakopropusnosti dolazi do smanjenja navedenih veličina. Do povećanja, odnosno smanjenja svih veličina dolazi zbog njihove međusobne povezanosti te činjenice da povećanje zrakopropusnosti donosi veću potrošnju energenata i time veću cijenu za grijanje, dok smanjenje zrakopropusnosti donosi manju potrošnju energenata i time manju cijenu grijanja. Također, vidljivo je kako značajnije promjene zrakopropusnosti ne utječu bitno na promjenu energetskog razreda zgrade, barem ne u ovom slučaju.

Tablica 11. Rezultati proračuna (izlazni podaci) variranja osnovne vrijednosti n_{50}

Varijacija $n_{50} [\text{h}^{-1}]$	Godišnja emisija $\text{CO}_2 [\text{kg}]$	[%]	Energetski razred i godišnja potrebna toplinska energija za grijanje [kWh/a]	[%]
1,35	1517,00	-3,84	D – 108	-3,57
1,72	1537,02	-2,57	D – 109	-2,68
2,09	1557,46	-1,27	D – 111	-0,89
2,46	1577,50	0,00	D – 112	0,00
2,82	1597,45	+1,26	D – 113	+0,89
3,19	1617,53	+2,54	D – 115	+2,68
3,56	1638,08	+3,84	D – 116	+3,57

Radi lakše analize rezultata, na slici 9. je prikazana krivulja promjene postotaka vrijednosti iz tablice 11. Prikazan je graf ovisnosti promjene vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje o vrijednostima zrakopropusnosti. Ovisnost je linearna s R^2 vrijednosti koja iznosi 0,9916.



Slika 9. Grafički prikaz rezultata analize osjetljivosti

3.2 Utjecaj zrakopropusnosti zgrade na rezultate proračuna potrošnje toplinske energije i energetski razred zgrade

Tijekom 2013. i 2014. provedena su istraživanja o tome kako različite kvalitete prozirnih obodnih konstrukcija zgrade - ovojnica zgrade utječu na vrijednosti zrakopropusnosti stambenih jedinica [34]. Analiza je provedena na primjeru šest stambenih jedinica smještenih u Osijeku. Odabrane stambene jedinice svrstane su u tri skupine, pri čemu se svaka analizirana skupina sastojala od dvije stambene jedinice istih geometrijskih karakteristika i godine izgradnje, a različite vrste prozora i materijala okvira prozora. Svaka skupina sadržavala je jednu stambenu jedinicu s originalnim, starim prozorima, dok je druga jedinica bila s novim, zamijenjenim prozorima. Glavne karakteristike analiziranih stambenih jedinica prikazane su u tablici 12.

Ispitivanje zrakopropusnosti analiziranih stambenih jedinica provedeno je uređajem Minneapolis BlowerDoor DG-700 u skladu s normom HRN EN 13829:200. Mjerenje se obavljalo prema metodi A uz istodobno primjenjivanje razlike tlaka od 50 Pa. Rezultati ispitivanja pokazali su kako zamjena postojeće stare stolarije znatno smanjuje odnosno poboljšava zrakopropusnost. Proračunom relativnog smanjenja zrakopropusnosti utvrđeno je kako su vrijednosti u stambenim jedinicama s novim prozorima manje od 82,32 % do 86,10 %. Također, istraživanje je pokazalo kako se zamjenom starih prozora novima može postići znatno smanjenje potrošnje energije, a time i povećanje energetske učinkovitosti u analiziranim stambenim jedinicama. U ovom istraživanju gubitci topline su se smanjili za 72,61 do 83,64 %.

Tablica 12. Osnovne karakteristike analiziranih skupina stambenih jedinica [34]

SKUPINA	Stan	Godina izgradnje	Volumen [m ³]	Površina oplošja [m ²]	Površina [m ²]	Površina prozirnih elemenata ovojnice zgrade[m ²]	Vanjski zidovi	Vrsta stropa	Karakteristike prozora
1	ST 1.1 ST 1.2.	1977.	185	241	71	26,17	Unutarnja žbuka (2 cm) + AB (15 cm) + EPS (5 cm)	AB ploča	Dvostruko ostakljeni drveni
									PVC s dvostruko izolirajućim stakлом ispunjenim plinom
2	ST 2.1. ST 2.2.	1964.	155	222	59	16,71	Unutarnja žbuka (2 cm) + puna opeka (25 cm) + EPS (6 cm)	AB ploča	Dvostruko ostakljeni drveni
									ALU, PVC s dvostruko izolirajućim stakлом ispunjenim plinom
3	ST 3.1. ST 3.2.	1964.	144	235	57	11,76	Unutarnja žbuka (2 cm) + puna opeka (25 cm) + vanjska žbuka (2 cm)	AB ploča	Dvostruko ostakljeni drveni
									PVC s dvostruko izolirajućim stakлом ispunjenim plinom

4 Razvoj modela za predviđanje zrakopropusnosti stambenih jedinica primjenom neuronskih mreža

4.1 Općenito o neuronskim mrežama

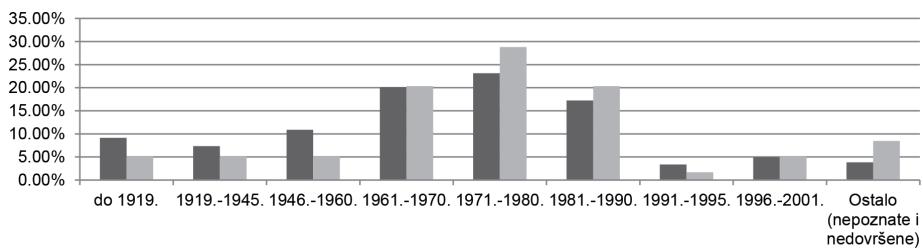
Neuronske mreže su često korišten alat u mnogim sferama znanstvenog i stručnog djelovanja. Potencijal neuronskih mreža prepoznat je u području klasifikacije, analitike, predikcije, simulacije, konceptualizacije, filtriranja, upravljanja procesima [35-40], a područja primjene se kontinuirano proširuju. Neuronske mreže su primjenjive za velik broj praktičnih problema čije rješavanje zahtijeva znanja koja je teško specificirati ili za sustave čiji odnos između ulaznih podataka i izlaznih rezultata ima postojecu, ali ne i jasno teorijski i matematički opisanu vezu. Potencijal neuronske mreže imaju u području aproksimacije [39]. Dobre rezultate postižu u analizi i predikciji rezultata nelinearnih sustava kakvi, činjenica je, realni sustavi u većini i jesu. Dostupan je dobar pregled povijesnog razvoja i primjene neuronskih mreža [35,

36, 40-43]. Rumelhart i dr. daju prve postavke *backpropagation* tipa neuronskih mreža [36, 44], koje pokazuju velik potencijal za predikciju nelinearnih vremenskih serija podataka. Odabir broja neurona u ulaznom i izlaznom sloju u funkciji je konkretnog problema koji se razmatra. Broj skrivenih slojeva, broj neurona u skrivenim slojevima i veze između neurona i slojeva imaju ključnu ulogu u uspješnoj primjeni neuronskih mreža. Veza ulaznog i izlaznog sloja bez skrivenih slojeva daje linearan model mapiranja. Za složeno, nelinearno mapiranje između ulaznog i izlaznog sloja potreban je određeni broj skrivenih slojeva. Jedan skriveni sloj može predstaviti velik broj funkcija preslikavanja iz jednog konačnog skupa u drugi konačan skup. Neuronske mreže s dva skrivena sloja mogu aproksimirati glatko mapiranje, teorijski gledano, željene preciznosti [40]. Broj neurona u skrivenim slojevima nije egzaktno određen. Mali broj neurona smanjuje sposobnost učenja i generalizacije, a preveliki broj neurona povećava opasnost pretreniranja mreže i povećava vrijeme učenja mreže. Statistički gledano, kada se broj parametara modela povećava, stupanj slobode modela opada i javlja se mogućnost pretreniranja na trening-setu podataka [40]. Pretreniranje je stupanj treniranosti mreže u kojem opada sposobnost generalizacije mreže, mreža radije pamti podatke iz trening-seta podataka, nego da na njima uči. Nedovoljna treniranost daje veću grešku predikcije, a pretreniranost veliku varijabilnost u predikciji. Praktično tijekom učenja greška predikcije na test-setu podataka (set podataka za validaciju) pada sve do trenutka kada mreža ne postane pretrenirana, a zatim počinje rasti, dok na trening-setu greška predikcije i dalje pada. Neki od načina prevencije pretreniranosti su optimalan izbor arhitekture mreže, dovoljno velika baza i varijabilnost trening-seta podataka, nezavisnost barem dijela ulaznih parametara (ako ulazni podaci imaju visoki stupanj međusobne korelacije, nastaje problem u određivanju težinskih koeficijenata neurona [45]), ranije zaustavljanje treninga i dr. Optimalno stanje treniranosti smatra se ono koje daje minimalnu grešku predikcije na validacijskom skupu podataka (najbolji rezultat generalizacije mreže). Odabir veličine skupa podataka za validaciju (test-skup) ovisi o veličini raspoložive baze podataka i o konkretnom problemu koji se razmatra. Za mali broj raspoloživih ulaznih podataka skup za validaciju se ne generira. Uobičajeni odnos trening-skupa i test-skupa podataka je 90 % vs. 10 % , 80 % vs. 20 % ili 70 % vs. 30 %. Za nelinearan problem potrebno je izdvojiti minimalno 20 % podataka za uspješnu evaluaciju generalizacije mreže [40]. Istražen je utjecaj veličine baze podataka za učenje mreže na rezultate koje naučena mreža postiže i pronađena je proporcionalna zavisnost - veći trening-skup, bolji rezultati predikcije [40]. Prema [46], ta je teza primjenjiva samo na dio problema koji se razmatra, iako načelno veće baze za učenje mreže imaju veću šansu da postignu bolju generalizaciju. Za određenu vrstu problema, manja ili optimalna veličina skupa podataka za učenje mreže postiže bolje rezultate [46].

4.2 Predikcija zrakopropusnosti primjenom neuronskih mreža

Ideja o stvaranju prognostičkog modela za predikciju zrakopropusnosti stambenih jedinica generirana je potrebom da se stambeni fond određene lokalne sredine kategorizira primjenom dosljedne i realne metodologije ocjene, a bez primjene terenskih mjerjenja zrakopropusnosti koja su vremenski zahtjevna. Rezultati dobiveni primjenom predikcijskog modela primjenjivi su u planiranju prioriteta rekonstrukcije stambenog fonda lokalne sredine s ciljem postizanja energetske učinkovitosti sukladno preporukama EU. Kako bi se osigurala

reprezentativnost uzorka u pogledu godine izgradnje i udjela stambenih jedinica prema ukupnim udjelima hrvatskog stambenog fonda po godinama izgradnje, broj analiziranih stambenih jedinica (njih 59) je odabran na način da se podudara s udjelima na razini Republike Hrvatske, slika 10.



Slika 10. Usporedba udjela stambenih jedinica prema godini izgradnje na razini RH i provedenog istraživanja

Za analizu primjenjivosti neuronskih mreža za predikciju zrakopropusnosti stambenih jedinica korištena je baza podataka izmjerenih zrakopropusnosti promjenom BlowerDoor metode detaljno opisane u [17] i razvijena je metoda za ocjenu onih ulaznih parametara za koje je statistički određen najveći utjecaj na izmjerene rezultate zrakopropusnosti. Baza podataka izmjerenih rezultata zrakopropusnosti sastoji se od 59 stambenih jedinica urbanog i okolnog područja grada Osijeka, a osnovne karakteristike stambenih jedinica opisane su u [17]. Odabrani ulazni parametri za formiranje modela primjene neuronskih mreža za predikciju zrakopropusnosti su:

- neprozirni dijelovi omotača stambene jedinice
- prozirni dijelovi omotača stambene jedinice
- postotak prozirnih dijelova omotača u odnosu na cijelokupni omotač stambene jedinice
- postotak izloženosti (udio vanjskih segmenata u odnosu na cijelokupni omotač stambene jedinice).

Prva dva parametra uključuju uvođenje korektivnih faktora koji su povezani s vrstom materijala i njihovim karakteristikama, izolacijom i razinom održavanja, kao što je prikazano u tablici 13. Opisani kriteriji za primjenu korektivnih faktora smanjuju subjektivnu procjenu na najmanju moguću mjeru, što je pokazala primjena modela u različitim lokalnim uvjetima i od različitih ocjenjivača.

Tablica 13. Osnovne vrijednosti korektivnih faktora za ulazne parametre modela predikcije zrakopropusnosti

Ulazni parametar 1: Neprozirni dijelovi omotača stambene jedinice				
Debljina zida	Zid tanji	Zid deblji		
	od 25 cm	od 25 cm		
Korektivni faktor	0,8	1		
Debljina međukatne konstr.	Međukatna konstrukcija	Međukatna konstrukcija		
	tanja od 20 cm	deblja od 20 cm		
Korektivni faktor	0,8	1		
Materijal zida	Puna opeka	Blok opeka	Betonski blokovi	Siporeks
Korektivni faktor	0,9	0,9	0,8	0,8
Materijal međukatne konstr.	Betonska ploča	Monta/Fert	Drvena konstrukcija	Kosi krov
Korektivni faktor	1	0,9	0,5	0,75
Debljina termo izolacije	TI	TI		
	od 0 do 5 cm	5 cm i više		
Korektivni faktor	0,75	1		
Ulazni parametar 2: Prozirni dijelovi omotača stambene jedinice				
Kvaliteta ugrađene stolarije	Stara stolarija (bez održavanja)	Stara stolarija (održavana)	Novija stolarija (od 2000. godine)	Nova stolarija (održavana)
Korektivni faktor	0,4	0,6	0,8	1
Kvaliteta održavanja	Loša	Dobra	Vrlo dobra	Odlična
Korektivni faktor	0,4	0,6	0,8	1
Materijal okvira	Metal	Drvo	PVC	
Korektivni faktor	0,8	0,9	1	
Tip ostakljenja	Jednostruko	Dvostruko	Dvostruko IZO staklo	Trostruko IZO staklo
Korektivni faktor	0,4	0,6	0,8	1

Numerička vrijednost prvog ulaznog parametra koji opisuje kvalitetu neprozirnih dijelova omotača stambene jedinice dobivena je kao zbroj:

- produkta korektivnih faktora koji se odnose na zidove (vrsta materijala, debljina, termo izolacija) i udjela zidova u omotaču stambene jedinice
- produkta korektivnih faktora koji se odnose na međukatnu konstrukciju (vrsta materijala i debljina) i udjela međukatne konstrukcije u omotaču stambene jedinice.

Numerička vrijednost drugog ulaznog parametra koji opisuje kvalitetu prozirnih dijelova omotača dobivena je kao produkt korektivnih faktora koji opisuje kvalitetu materijala ugrađene stolarije i razinu održavanja. Postotak prozirnih dijelova omotača i postotak izloženosti

omotača stambene jedinice brojčano su iskazani ulazni parametri modela (ulazni parametri 3 i 4) koji se izračunavaju sukladno geometrijskim karakteristikama omotača i tlocrta stambene jedinice koja se razmatra. Osnovni raspon vrijednosti i statistički pokazatelji ulaznih parametara modela za predikciju zrakopropusnosti stambenih jedinica i izmjerenoj izlaznog parametra, n_{50} prikazani su u tablici 14.

Tablica 14. Osnovni raspon vrijednosti i statistički pokazatelji ulaznih parametara modela za predikciju zrakopropusnosti stambenih jedinica i izmjerenoj izlaznog parametra, n_{50}

Vrijednost	Ulazni parametar 1	Ulazni parametar 2	Ulazni parametar 3	Ulazni parametar 4	Izlazni parametar n_{50}
Minimum	0,4413	0,0576	0,0176	0,1684	0,7600
Maksimum	0,8800	0,8000	0,3637	0,9042	19,6400
Stand. devijacija	0,0873	0,2499	0,0473	0,2014	4,3715
Srednja vrijednost	0,6885	0,5146	0,0604	0,5977	4,9025
Medijana	0,6680	0,5760	0,0513	0,6610	3,1400

Nakon definiranja sustava ocjene ulaznih parametara i uvođenja korektivnih faktora napravljen je program za automatsko izračunavanje numeričkih vrijednosti ulaznih parametara za svaku stambenu jedinicu iz baze podataka stambenih jedinica i formiran je trening skup za učenje neuronske mreže.

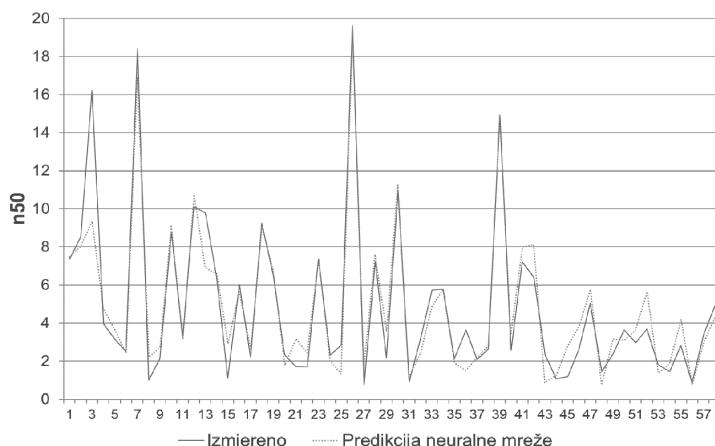
4.2.1 Rezultati validacije modela

Analiza odziva neuronskih mreža različitih konfiguracija napravljena je primjenom NeuroShell2 programa, a kriterij za odabir mreže bio je najbolji postignut rezultat generalizacije na test-skupu podataka. Test-skup je generiran slučajnim izborom 20 % podataka ukupne baze podataka stambenih jedinica, a preostali podatci korišteni su za učenje neuronske mreže kao trening skup podataka. Najbolji odziv dala je *back-propagation Ward net* neuronska mreža s ulaznim slojem koji ima četiri neurona, tri skrivena sloja s pet neurona u svakom skrivenom sloju i izlazni sloj s jednim neuronom. Osnovne karakteristike odabrane neuronske mreže, kao i funkcije aktivacije za svaki sloj navedene su u tablici 15. Uspješnost učenja neuronske mreže ocjenjuje se koeficijentom korelacije, srednjom greškom predikcije, minimalnom i maksimalnom greškom predikcije, postotkom rezultata koji su imali grešku predikcije manju od 5 % i drugim kriterijima. Odabrana neuronska mreža dala je koeficijent korelacije između izmjerениh podataka i rezultata predikcije od 95,37 %, a postignuta srednja greška predikcije iznosi 0,835.

Tablica 15. Osnovne karakteristike odabrane neuronske mreže

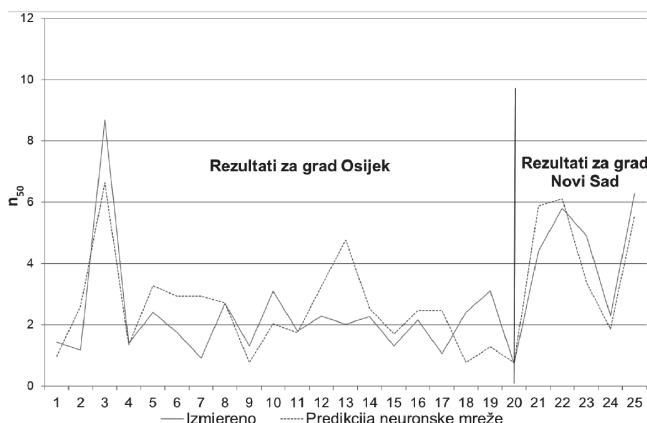
Slojevi	Broj neurona	Funkcije aktivacije	Funkcije aktivacije
Ulagani sloj	Sloj 1	4	Linearna [-1.1]
Skriveni slojevi	Sloj 2	5	Linearna
	Sloj 3	5	Tangens hiperbolički
	Sloj 4	5	Gauss-ova kompaktna
Izlazni sloj	Sloj 5	1	Logistička

Dijagram na slici 11. pokazuje usporedbu izmjerene zrakopropusnosti (n_{50}) i predikcije zrakopropusnosti koja je dobivena modelom sa odabranom *Ward net* neuronskom mrežom na cijelokupnoj bazi izmjerениh podataka.

Slika 11. Izmjerena zrakopropusnost (n_{50}) vs. predikcija zrakopropusnosti dobivena modelom

Imajući na umu da je cijelokupna baza za učenje mreže i formiranje modela za predikciju zrakopropusnosti imala 59 izmjerениh podataka (n_{50}), potencijalna slabost modela bila je mogućnost pretreniranosti neuronske mreže. Pretrenirane mreže daju dobre rezultate na trening-skupu podataka, ali pretreniranost značajno utječe na sposobnost generalizacije, pa takav model ne daje dobre rezultate na nepoznatom skupu podataka. Test-skup podataka koji je dobiven slučajnim odabirom 20 % podataka cijelokupne baze sastoji se od 11 podataka za testiranje sposobnosti generalizacije, pa je utemeljena ideja da se napravi nezavisna validacija modela na novim skupovima izmjerениh podataka.. Za potrebe nezavisne validacije na podatcima koje mreža nije vidjela niti tijekom učenja, niti tijekom testiranja, formiran je novi skup izmjerениh zrakopropusnosti (n_{50}) stambenih jedinica istom Blower-Door metodom, za koju je korištena ista oprema, u istim lokalnim uvjetima u kojima je napravljena i baza podataka za formiranje modela. Dodatnih 20 mjerjenja poslužilo je za ocjenu sposobnosti generalizacije mreže i validaciju modela, primjenom predikt funkcije koju je dala neuronska mreža u Excelu, a rezultati su prikazani u prvom dijelu grafikona

na slici 12. Kriterij za ocjenu sposobnosti generalizacije mreže bila je absolutna vrijednost srednje greške predikcije koja za nezavisani validacijski skup iznosi 0,965, što je usporedivo s rezultatom koji je mreža postigla na trening skupu (0,835). Postignuti rezultati dokazuju da neuronska mreža ima sposobnost generalizacije i na nezavisnoj bazi podataka, što potvrđuje da je model primjenjiv na novim skupovima izmjerih podataka u lokalnoj sredini. Drugi korak validacije napravljen je na malom skupu izmjerih podataka u drugoj državi i drugačijim lokalnim uvjetima, s drugim ocjenjivačima ulaznih parametara. Baza podataka od 5 mjerena zrakopropusnosti (n_{50}) napravljena je primjenom BlowerDoor metodom na stambenim jedinicama u Novom Sadu u Srbiji. Rezultati prikazani na grafikonu na slici 12. idu u prilog prepostavci da model nije samo lokalno primjenjiv.



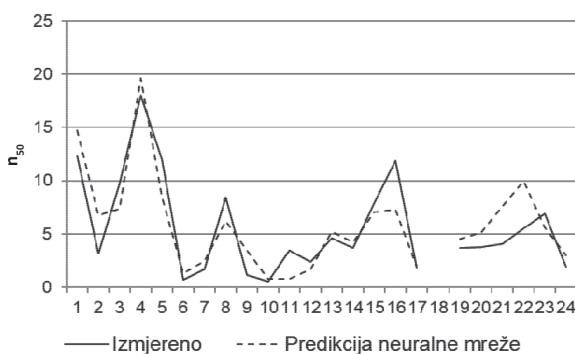
Slika 12. Izmjerena zrakopropusnost (n_{50}) vs. predikcija zrakopropusnosti dobivena modelom na dva nova skupa izmjerih podataka

Analiza primjenjivosti modela u novim uvjetima napravljena je za bazu podataka izmjerih zrakopropusnosti (n_{50}) na 20 stambenih i nestambenih jedinica u Poljskoj [17]. Baza podataka za drugu validaciju sadrži 14 stambenih jedinica i 6 nestambenih jedinica, od toga 18 jedinica (95 %) smješteno je u sjeveroistočnoj regiji Poljske u blizini grada Olsztyn, a preostale 2 jedinice (5 %) nalaze se jedna u središnjoj, a druga u sjevernoj regiji Poljske. Većina stambenih jedinica su novoizgrađene. Primjena korektivnih faktora za ulazne parametre 1 i 2 (tablica 13.) napravljena je sukladno procjeni poljskih istraživača koji nisu sudjelovali u izradi modela, ali su koristili upitnik za prikupljanje potrebnih podataka za svaku stambenu jedinicu na kojoj je izvršeno mjerjenje zrakopropusnosti. Metoda mjerjenja zrakopropusnosti napravljena je istom BlowerDoor test metodom, ali je korištena oprema poljskih istraživača. U tablici 16. su prikazani osnovni statistički pokazatelji ulaznih parametara i izlaznog parametra, tj. izmjerene zrakopropusnosti baze podataka za validaciju.

Tablica 16. Raspon vrijednosti i statistički pokazatelji ulaznih parametara i izmjerenoj izlaznog parametra, n_{50} baze podataka za validaciju stambenih jedinica iz Poljske

Vrijednost	Ulazni parametar 1	Ulazni parametar 2	Ulazni parametar 3	Ulazni parametar 4	Izlazni parametar n_{50}
Minimum	0,5582	0,0576	0,0260	0,2030	0,5900
Maksimum	0,9602	1,0000	0,1397	0,7418	17,9900
Stand. devijacija	0,1393	0,2504	0,0315	0,1568	4,5456
Srednja vrijednost	0,7394	0,3786	0,0691	0,4469	5,6500
Medijana	0,6905	0,3840	0,0648	0,4491	3,9200

Dijagram na slici 13. pokazuje usporedbu izmjerene zrakopropusnosti (n_{50}) na stambenim i nestambenim jedinicama u Poljskoj i predikcije zrakopropusnosti koja je dobivena modelom.



Slika 13. Izmjerena zrakopropusnost (n_{50}) vs. predikcija zrakopropusnosti dobivena modelom na validacijskom skupu stambenih i nestambenih jedinica u Poljskoj

Analiza rezultata modeliranja na validacijskom skupu podataka detaljno je prikazana u [17], ali jasno je vidljivo da se najbolji rezultati predikcije postižu za stambene jedinice s masivnom konstrukcijom. Iz rezultata je jasno vidljivo da razina održavanja ima značajan utjecaj na rezultate zrakopropusnosti, kako izmjerene, tako i modelirane. Predikcija zrakopropusnosti primjenom modela daje bolje rezultate od izmjerenih za okvirne konstrukcije s ispunom, koje nisu unesene u korektivne faktore ulaznih parametara modela, što predstavlja značajan podatak za poboljšanje modela uvođenjem novih korektivnih faktora za takve vrste konstrukcija. Validacija modela na bazi podataka izmjerenih zrakopropusnosti (n_{50}) na 20 stambenih i nestambenih jedinica u Poljskoj jasno pokazuje da je model primjenjiv i izvan lokalnih uvjeta za koje je formiran, da je primjenjiv i na nestambene jedinice i da je utjecaj različitih ocjenjivača na ulazne parametre modela zanemariv, pod uvjetom da se poštuje metodologija ocjene opisana u poglavљu 4.2.1 [17]. Dodatni korak k validaciji i razvoju postojećeg modela je načinjen usporednim mjeranjem zrakopropusnosti zgrada u Republici Hrvatskoj i Republici Srbiji. Mjerena su provedena u gradovima Osijeku i Novom Sadu i njihovoj okolini. Mjerena su provedena u okviru hrvatsko-srpskog znanstvenoistraživačkog

projekta *Razvoj modela za procjenu energetske učinkovitosti zgrada s aspekta zrakopropusnosti*. Za ovu validaciju je karakteristična provedba mjerena i validacija s dva različita tima (slika 14.), u dvije zemlje i s različitim uređajima za mjerjenje - "Minneapolis Blower Door" u RH i "Retrotec Blower Door - Model 1000" u RS.



Slika 14. Terenska mjerena zrakopropusnosti u Osijeku i Novom Sadu

Tijekom istraživanja analizirana je i godina izgradnje odnosno starost stambenih jedinica kako bi se dobili jednakni udjeli u ukupnom broju stambenih jedinica u obje zemlje za potrebe istraživanja te validacije i kalibracije razvijenog modela. Usporedba godišta stambenih jedinica je prikazana u tablici 17.

Tablica 17. Usporedba godišta stambenih jedinica [8, 17, 47]

Godina izgradnje	Udio stambenih jedinica prema godini izgradnje u RH [%]	Godina izgradnje	Udio stambenih jedinica prema godini izgradnje u RS [%]
Prije 1945.	16,48	do 1918.	5,62
1946.-1960.	10,88	1918.-1945.	8,78
1961.-1970.	20,08	1946.-1960.	12,68
1971.-1980.	23,14	1961.-1970.	20,84
1981.-1990.	17,23	1971.-1975.	11,30
1991.-1995.	8,35	1976.-1980.	12,85
1996.-2001.	4,98	1981.-1985.	10,03
Ostalo	3,4	1986.-1990.	9,24
		1991.-1995.	4,36
		1996.-2000.	4,31

Za potrebe validacije je odabранo 12 stambenih jedinica u višestambenim zgradama u RH i RS. Osnovne karakteristike odabranih stambenih jedinica i izmjerene vrijednosti zrakopropusnosti (n_{50}) su prikazane u tablici 18. Fotografije tipičnih stambenih jedinica iskorištenih za validaciju su prikazane na slici 15.

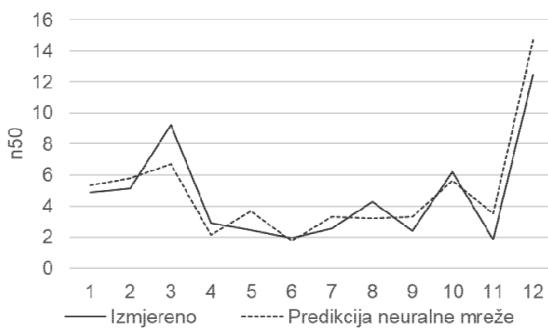
Usporedba rezultata zrakopropusnosti izmjerenih vrijednosti i vrijednosti dobivenih modelom prikazana je na slici 16.



Slika 15. Tipične stambene jedinice u Osijeku i Novom Sadu

Tablica 18. Osnovne karakteristike odabranih stambenih jedinica i izmjerene vrijednosti zrakopropusnosti (n_{50}) u Osijeku i Novom Sadu

Lokacija	Godina izgradnje	P [m ²]	V [m ³]	n_{50} [h ⁻¹]	Lokacija	Godina izgradnje	P [m ²]	V [m ³]	n_{50} [h ⁻¹]
V. Nazora 7, OS	1982.	53	135	4,87	Đ. Rajkovića 17b/5, NS	2013.	41,8	117,0	2,54
Drinska 1, OS	1960.	47	126	5,12	Đ. Rajkovića 17b/10, NS	2013.	57,7	150,2	4,26
S. L. Mandića 12, OS	1965.	44	99	9,22	Đ. Rajkovića 17b/14, NS	2013.	57,4	149,4	2,43
I. Gundulića 30, OS	1992.	34	85	2,9	Balzakova 58, NS	1979.	44,9	116,6	6,20
Z. J. Jovanovica 8, OS	2008.	59	173	2,46	Braće Dronjak 18, NS	1980.	54,0	143,1	1,85
Kninska 3a, OS	2007.	49	132	1,98	Veljka Dugoševića 89, RU	1960.	40,54	117,59	12,5



Slika 16. Usporedba rezultata izmjerenih vrijednosti zrakopropusnosti i vrijednosti dobivenih modelom [48]

Najveće negativno odstupanje vrijednosti zrakopropusnosti (n_{s_0}) dobivenih mjerjenjem od vrijednosti dobivenih primjenom modela je -37 % u slučaju stambene jedinice u zgradama staroj 52 godine (lokacija 3, tablica 18) koja ima originalnu staru stolariju i novu fasadu izvedenu od EPS-a. Najveće pozitivno odstupanje vrijednosti zrakopropusnosti (n_{s_0}) dobivenih mjerjenjem od vrijednosti dobivenih primjenom modela je +47 % u slučaju stambene jedinice iz 80-ih godina prošlog stoljeća (lokacija 11, tablica 18.) koja ima dio originalnih starih drvenih prozora, ali dijelom i nove prozore s PVC okvirom. Najbolji rezultati predviđanja su zabilježeni na lokacijama 1 i 10, gdje su obje stambene jedinice u originalnom stanju što se tiče ovojnica stambenih jedinica i stolarije. I ova validacija je potvrdila kako postojeći model nije lokalno uvjetovan, ali i to da je potreban nastavak rada na postojećem modelu kako bi se otklonile greške predviđanja zbog:

- različitih vrsta stolarije unutar jedne stambene jedinice - različiti materijali okvira i vrste ostakljenja
- djelomične rekonstrukcije stambenih jedinica gdje je obnovljena samo ovojnica ili stolarija, ali ne i svi elementi ovojnica.

Na kraju ovog poglavlja prikazane su matematičke metode koje se primjenjuju za validaciju modela i rezultati validacije za posljednja dva seta podataka koja su prikazana u ovom radu. Validacija modela radi se iz dva osnovna razloga - poslovног, sa svrhom utvrđivanja najboljeg modela i statističkog, sa svrhom utvrđivanja razine pogreške [49]. Svrha validacije je sljedeća [50]:

- osigurati uporabivost modela za nove setove sličnih podataka,
- izbjegavanje pojave *over-fitting* (pojave kada je model reprezentativan za skup podataka od kojih je načinjen, a ne za cijeli raspon podataka) i pojave *under-fitting* (pojave kada je model jednostavan, ali pogreška pri testiranju na novim setovima podataka je prevelika) [50].

Neke od statističkih metoda za vrednovanje (kvantifikacija kvalitete) različitih modela dobivenih kalibracijom (prilagođavanjem) su sljedeće:

- Točnost modela (A_c) može se računati kao postotak razlike zrakopropusnosti predviđene modelom i stvarne, mjerene zrakopropusnosti, izraz (6), prema [51]:

$$Ac = \left[\frac{PC - AC}{AC} \right] \cdot 100\% \quad (6)$$

gdje je:

A_c - točnost izračunane zrakopropusnosti

P_c - zrakopropusnost predviđena modelom

A_c - stvarna, mjerena zrakopropusnost.

Što je ova vrijednost bliža nuli, model točnije opisuje neko svojstvo, u ovom slučaju zrakopropusnost [51].

- Srednja vrijednost točnosti modela ($\bar{A}c$) računa se kao aritmetička sredina točnosti, izraz (7), prema [51]:

$$\bar{A}c = \frac{\sum_{i=1}^n A_c}{n} \quad (7)$$

gdje je:

A_c - točnost izračunane zrakopropusnosti na danom setu podataka

n - broj setova podataka

Ako je srednja vrijednost točnosti modela blizu nule ili jednaka nuli, to govori da model, u prosjeku, ne preuvećava, ali i ne umanjuje stvarnu vrijednost troškova.

- Ukupna točnost modela definirana je disperzijom pojedinačnih točnosti. Ova disperzija predstavlja se standardnom devijacijom [51]. Ukupna točnost modela (A_m) tada se definira kao:

$$A_m = \bar{A}c - \text{std od } A_c \quad (8)$$

Na validacijskom setu iz Poljske izračunana je srednja vrijednost točnosti modela (\bar{A}_c) koja iznosi 3 % i ukupna točnost modela (A_m) koja iznosi -25 % [52]. Na ovom validacijskom setu iz Srbije izračunana je srednja vrijednost točnosti modela (\bar{A}_c) koja iznosi 9,57 % i ukupna točnost modela (A_m) koja iznosi 21,38 % [48].

5 Predikcijski modeli razvijeni u ostalim zemljama

Baze podataka zrakopropusnosti izrađene su u raznim zemljama, kao što su: SAD, Grčka, Finska, Španjolska, Italija, Australija, Kanada, Švedska [53]. Te baze su korištene kako bi se napravili što jednostavniji, praktičniji modeli, sa što većom točnošću, za razne tipove objekata. Zbog sve veće potrebe rashlađivanja zgrada mehaničkim uređajima, a samim time i povećanjem potrošnje energije, u Grčkoj je provedeno istraživanje na 20 kuća u okolini Atene [16]. Podaci uzimani u obzir su: visina građevine, izloženost, uvjeti okoliša te razlike temperature [16]. Uočen je određeni odnos između mjerene zrakopropusnosti kod razlike tlaka od 50 Pa i ukupne duljine opsega otvora građevine, ali samo kod zgrada velike zrakopropusnosti [16]. U Finskoj je tražen odnos između zrakopropusnosti ovojnica, infiltracije zraka te potrošnje energije u modernoj obiteljskoj kući u hladnim klimatskim uvjetima [54]. Neki od čimbenika koji utječu na zrakopropusnost, a uzimani su u obzir jesu: klimatski uvjeti, vjetar, ventilacijski sustavi [54]. Na osnovi tih čimbenika napravljen je model koji grubo procjenjuje godišnju infiltraciju zraka za obiteljsku kuću. Proučavajući utjecaje infiltracije zraka na potrošnju energije, uočeno je da infiltracija uzrokuje 15-30 % ukupne potrošnje energije za grijanje i ventilaciju [54]. Zaključak je bio da potrošnja energije za grijanje raste linearno s povećanjem zrakopropusnosti [54]. Zbog sličnosti načina gradnje kuća i klimatskih uvjeta u Francuskoj i Španjolskoj, istraživači u Španjolskoj napravili su

predikcijski model na osnovi baze podataka zrakopropusnosti mjerjenih kuća u Francuskoj [14]. Najznačajnije varijable uzimane u obzir su: vrsta konstrukcije, podna površina, godina gradnje, broj katova te toplinska izolacija [14]. Zrakopropusnost je u Velikoj Britaniji mjerena na 287 novih obiteljskih kuća izgrađenih poslije 2006. godine [15]. Uspoređujući s ostalim europskim zemljama, kuće novije gradnje iz Velike Britanije imaju primjerenu zrakopropusnost u odnosu na takve kuće u Grčkoj ili SAD-u, ali s druge strane mnogo veću zrakopropusnost u odnosu na Kanadu i Skandinaviju [15]. Zrakopropusnost je proučavana u korelaciji s različitim faktorima: način gradnje, tip stambene jedinice (kuća u nizu ili samostojeća), godišnje doba, način održavanja, broj značajnijih pukotina i podna površina stambene jedinice [15]. Uočeno je da na zrakopropusnost najviše utjecaja ima način gradnje, održavanje te tip stambene jedinice [15]. Upravo su ti parametri korišteni za razvoj predikcijskog modela. Istraživanje u Irskoj obuhvaćalo je mjerjenje zrakopropusnosti u 28 obiteljskih kuća izgrađenih između 1944. i 2008. godine, koje predstavljaju reprezentativan uzorak kuća koje će trebati obnavljati u skorije vrijeme [13]. Analiza rezultata mjerjenja dovela je do zaključka koji je bio suprotan dotadašnjem shvaćanju: starije kuće imaju manju zrakopropusnost u odnosu na novije [13]. Parametri korišteni za razvoj modela su: tip konstrukcije, godina izgradnje, načini rješavanja pojedinih detalja i spojeva [13]. SAD ima najveću bazu podataka izmjerene zrakopropusnosti. Koristeći bazu podataka, analizirane su ovojnice različitih karakteristika te ispitivani utjecaji pojedinih čimbenika na zrakopropusnost [55]. Baza podataka sastoji se od preko 100 000 mjerjenja [55]. Ona je nastala 2011. godine spajanjem novih mjerjenja sa starim rezultatima [55]. Na osnovi te baze napravljen je regresijski model za procjenu zrakopropusnosti samostojećih zgrada u SAD-u [55]. Faktori korišteni u korelaciji su: godina građenja, klimatska zona, podna površina, visina kuće, ventilacijski sustavi i energetski razred obiteljske kuće [55]. U nastavku su analizirani predikcijski modeli razvijeni u Grčkoj i Švedskoj na setu zgrada iz Hrvatske.

5.1 Predikcijski model razvijen u Grčkoj

U ljeto 2005. godine provedena su mjerena zrakopropusnosti u 20 obiteljskih kuća na području Atike u Grčkoj [16]. Korištene su dvije metode mjerena: BlowerDoor te mjerene zrakopropusnosti pomoću plina [16]. BlowerDoor mjerena su provedena u skladu s normom EN ISO 13829 [16]. Za vrijeme provođenja ispitivanja mjereni su uvjeti okoline te oscilacije temperature [16]. Prosječan broj izmjena zraka u satu bio je 0,6 ACH kod mjerena zrakopropusnosti pomoću plina, dok je BlowerDoor test pokazao prosjek od 7,0 ACH pri razlici tlaka od 50 Pa [16]. Klasifikacija kuća bazirana na rezultatima ispitivanja bila je u skladu s normom EN ISO 13790 [16]. Kuće su podijeljene u tri kategorije zrakopropusnosti uzimajući u obzir njihovu zrakopropusnost u prirodnim uvjetima te kod razlike tlaka od 50 Pa [16]. Proведен je i statistički test homogenosti za svaku kategoriju kod BlowerDoor mjerena [16]. Statistička homogenost se pokazala za kuće koje su označene kao "visoko zrakopropusne", dok su "srednje" i "nisko" zrakopropusne statistički neujednačene [16]. Cilj istraživanja bio je pronaći ovisnost ukupne duljine okvira stolarije kuće (vanjskih vrata i prozora) o rezultatima mjerena pri razlici tlaka od 50 Pa [16]. Koeficijent korelacijske R^2 imao je najveću vrijednost za kuće visoke zrakopropusnosti [16]. Istraživači u Grčkoj pokušali su pronaći model procjene zrakopropusnosti koji bi se mogao primijeniti na sve

obiteljske kuće u južnoj Europi. Kuće na području Mediterana karakteriziraju veliki otvori na ovojnici te je stoga prirodna ventilacija jedan od najčešćih načina dovođenja svježeg zraka te postizanja udobnosti življena. Jedan bitan faktor povezan sa zrakopropusnosti je ukupna duljina okvira podijeljena sa neto volumenom grijanog dijela zgrade. Ukupna duljina opsega okvira izračunana je za svaku zgradu, podijeljena s neto volumenom i tako je dobiven FLF ("frame length factor").

$$FLF = \frac{\text{Ukupna duljina opsega okvira}}{\text{Neto volumen}} \quad (9)$$

Kod mjerjenja BlowerDoorom uočena je korelacija između FLF-a i ACH. Veći regresijski koeficijent ($R^2 = 0,5569$) proizlazi iz činjenice da zbog većeg tlaka, na rezultate mjerjenja Blower-Door-om ne utječu previše klimatski uvjeti [16]. Zatim je provedena linearna korelacija za sve skupine u koje su razvrstane kuće (visoke, srednje i niske zrakopropusnosti) [16]. Linearna korelacija za kuće niske i srednje zrakopropusnosti daje znatno manji R^2 u odnosu na kuće visoke zrakopropusnosti za koje R^2 iznosi 0,9268 [16]. Najveći regresijski koeficijent kod kuća je visoke zrakopropusnosti zato što on uzima u obzir ukupni opseg otvora vanjske ovojnica, a upravo su to mjesta gdje najviše dolazi do prodora zraka u unutrašnjost jako zrakopropusnih kuća [16].

5.2 Predikcijski model razvijen u Švedskoj

U Švedskoj se koriste standardne vrijednosti propuštanja zraka od $0,8 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ pri razlici tlaka od 50 Pa za uobičajene zgrade te vrijednost od $0,3 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ pri razlici tlaka od 50 Pa za pasivne kuće. Ipak, stvarne vrijednosti se kreću od $0,1 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ do trideset puta veće vrijednosti od propisane [22]. Sukladno tome, dobiju se rezultati izračuna energetskih gubitaka infiltracijom zraka znatno različiti od stvarnog stanja. Napravljena je baza podataka od 374 kuće u želji da se otkriju mjesta najvećeg propuštanja zraka [22]. Osim toga, još 185 mjerjenja je podvrgnuto statističkom testu, a rezultati su pokazali da na zrakopropusnost najviše utječe broj katova, starost građevine i kvaliteta građenja [22]. Suprotno, materijal od kojeg je napravljena zgrada te način temeljenja imaju mali utjecaj na zrakopropusnost te statistički nisu uzimani u obzir. Napravljena su tri predikcijska modela za jednoobiteljske kuće u Švedskoj. Prva dva su pokazala dobru sukladnost sa stvarnim, mjerenim rezultatima. Prosječna razlika iznosila je 0,7 % i 16 %. Najveća razlika uočena je kod trećeg modela, s prosječnom razlikom od 57 %. Razlog tome navodi se nedostatak informacija o ispitivanim objektima o kojima zapravo najviše ovisi zrakopropusnost. Kvaliteta izvođenja radova također je uzimana u obzir [22]. Određene su tri razine kvalitete izvođenja: dobra, prosječna i loša [22]. Zaključeno je kako loše izvođenje radova za posljedicu ima visoku zrakopropusnost, i obrnuto. Kuće su podijeljene u četiri grupe s intervalima od deset godina [22] te je primijećen velik napredak u smanjenju zrakopropusnosti tijekom osamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Kao uzrok tome navodi se svjetska ekonomski kriza koja je već tada potaknula svijest o energetskoj učinkovitosti. No, začuđujući je podatak taj da je vrijednost n_{50} kuća sagrađenih poslije 2000. godine dosta lošija nego onih sagrađenih osamdesetih godina [22]. Tijekom

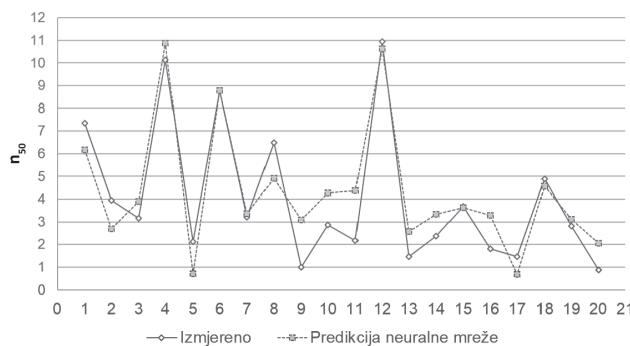
ispitivanja zaključeno je da građevine koje su građene od težeg materijala imaju svojstvo manje zrakopropusnosti od građevina građenih s lakisim materijalom. Razlog tome je taj što se teži materijali lakše povezuju nego lagani, pogotovo na spojevima zid-strop ili zid-pod. S druge strane, vrlo je teško izvesti kvalitetan spoj laganog i teškog materijala i zapravo ti spojevi predstavljaju mesta velikog prodora zraka [3]. Najlošiji rezultati uočeni su kod drvenih kuća, dok se beton pokazao kao mnogo bolji materijal. Sukladno tome, i kod kuća sagrađenih poslije 2000. godine, teži materijali su dali bolje rezultate, ali s jednom iznimkom: zidane konstrukcije pokazale su se zrakopropusnije od onih izgrađenih od drva. Razlog tome je plastična folija koja se postavlja na drvenu konstrukciju s unutarnje strane, što uve-like pridonosi smanjenu zrakopropusnosti. Vrlo je teško postići zrakonepropusnost između predgotovljenih elemenata. Najvažniju ulogu u tome ima površinska glatkost elemenata. Ako u tvornici ne vode računa o kvaliteti izrade elemenata, tada neće ni kvaliteta izvođenja biti na razini visoke zrakonepropusnosti. Zrak vrlo lako može proći između spojeva elemenata čija je površina hrapava. Jedan od bitnih čimbenika koji utječe na zrakopropusnost je broj katova. Kao razlog tome navodi se povećanje duljine spojeva zidova, kao glavnog uzroka povećanja zrakopropusnosti. Na osnovi tog utjecaja napravljen je model za predviđanje zrakopropusnosti sa svojim specifičnim parametrima i nabrojenim utjecajima. Detaljni prikaz parametara ovog modela je dan u [22, 56].

5.3 Validaciju modela razvijenih u Grčkoj i Švedskoj na bazi podataka iz Hrvatske

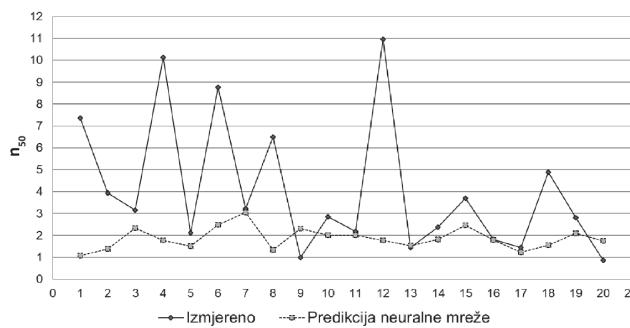
Baza podataka sastoji se od 20 kuća. Od ukupnih 20 kuća, 10 je iz Osijeka, a druga polovica iz okolice Osijeka. Zastupljenost prizemnica u bazi podataka je 80 %, tj. samo 4 kuće (20 %) imaju potkrovле. Najstarija kuća je iz 1912. godine, a najnovija je sagrađena 2013. godine. Najbolja kuća ima rezultat od 0,86 1/h, a najlošija ima 10,95 1/h, što upućuje na širok spekter rezultata unutar baze podataka. Uzimajući u obzir četiri skupine čimbenika: neprozirni elementi ovojnica zgrade, prozirni elementi u ovojnici zgrade, udio prozirnih elemenata u ukupnoj površini zgrade te postotak izloženosti zgrade izračunana je zrakopropusnost prema modelu iz Hrvatske ti su rezultati predstavljeni u poglavljju 4.2.2.

Na slici 17 vidljivo je ponašanje modela razvijenog u Grčkoj, a na slici 18 modela razvijenog u Švedskoj, kod predviđanja zrakopropusnosti za svaku pojedinu kuću iz seta hrvatskih zgrada. Za prikazani validacijski set od 20 stambenih jedinica, model koji su napravili istraživači iz Hrvatske pokazao se najpouzdanijim u predviđanju zrakopropusnosti. Poklapanje rezultata je vidljivo za kuće svih razina zrakopropusnosti. S obzirom na dosta veliku količinu podataka o samim objektima, moglo se i očekivati da će model iz Hrvatske imati najveću točnost u odnosu na ostala dva modela koji su znatno jednostavniji ali i nepouzdaniji. Nadalje velika preciznost u predviđanju se može objasniti i time da je model napravljen na osnovi baze podataka mjerena u Republici Hrvatskoj. U radu nije provjerena njegova uspješnost predviđanja na stambenim jedinicama izvan Hrvatske. Autori modela iz Hrvatske naglašavaju relativno malu bazu podataka koja je korištena za razvoj modela kao mogući uzrok za pojedina odstupanja, a daljnje unaprjeđenje modela, što bi sigurno rezultiralo još većom točnošću, trebalo bi uključivati i mnogo veću bazu podataka. Ukupna točnost modela (A_m) iznosi -25,63 % [56]. Model iz Grčke pokazao se pouzdanim za predviđanje zrakopropusnosti kuća koje ima-

ju visoku vrijednost n_{50} . Za kuće s boljim svojstvom zrakopropusnosti dolazi do razilaženja između mjerjenih vrijednosti i vrijednosti dobivenih predikcijom modela. Baza podataka od dvadeset kuća, koja je bila na raspolaganju istraživačima, očito je bila premala za razvijanje potpuno točnog modela. No, bez obzira na to, model je pokazao potencijal za primjenu i na našim područjima. Ukupna točnost modela (A_m) iznosi -40,30 % [56]. Zadnji primjenjeni model (švedski) pokazao je izrazito neslaganje rezultata i nelogičan slijed predviđanja zrakopropusnosti te samim time i upitnu upotrebljivost na našem prostoru. Kao mogući uzrok razilaženju rezultata jest činjenica kako je model razvijan na prostoru sa znatno hladnjom klimom u odnosu na onu u Hrvatskoj i s velikim brojem drvenih montažnih kuća koje se rijetko susreću u Hrvatskoj. Samim time u obzir su uzimani i parametri koji bi u Hrvatskoj vjerojatno imali drugačiji red važnosti. Ukupna točnost modela (A_m) iznosi -80,22 % [56].



Slika 17. Usporedba rezultata izmjereni vrijednosti i vrijednosti n_{50} dobivenih modelom iz Grčke [56]



Slika 18. Usporedba rezultata izmjereni vrijednosti i vrijednosti n_{50} dobivenih modelom iz Švedske [22]

6 Zaključak

Prikazani rezultati istraživanja zrakopropusnosti u zgradama predstavljaju sažetak provedenih istraživanja na Građevinskom fakultetu Osijek od 2013. godine do danas. Tijekom tih istraživanja ostvarena je suradnja s dvije institucije, Sveučilištem Warmia i Mazury u Olsztyn, u Poljskoj i s Fakultetom tehničkih nauka iz Novog Sada u Srbiji. U radu je detaljno prikazana BlowerDoor metoda koja se koristi za terensko ispitivanje zrakopropusnosti. Opisan je postupak mjerjenja zrakopropusnosti zgrada uređajem Minneapolis BlowerDoor, prednosti i nedostaci primjene metode, ograničenja i postupak interpretacije rezultata mjerjenja. Opisan je i model predviđanja zrakopropusnosti razvijen na Građevinskom fakultetu u Osijeku. Visoka cijena potrebne opreme za provođenje mjerjenja zrakopropusnosti te relativno dugotrajan proces mjerjenja naglašava važnost razvijanja modela koji bi, uz određenu prihvativiju točnost, mogao predvidjeti vrijednost zrakopropusnosti. Daljnja istraživanja bit će usmjerena na nastavak proširenja baze podataka o zrakopropusnosti zgrada s ciljem unaprjeđenja razvijenog modela i ostvarivanje njegove praktične primjene. U budućim istraživanjima će se baza podataka proširiti i na veći broj nestambenih zgrada s ciljem utvrđivanja utjecaja različitih tehnologija građenja i rekonstrukcije zgrada na vrijednosti zrakopropusnosti.

Zahvale

Autori zahvaljuju što je hrvatsko-srpski znanstvenoistraživački projekt *"Razvoj modela za procjenu energetske učinkovitosti zgrada sa aspekta zrakopropusnosti"* za razdoblje od 2016. do 2017. godine financirlo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske i Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, a znanstvenoistraživački projekt *"Inovativni simulacijski model za određivanje toplinskih gubitaka u zgradama uslijed infiltracije"*, 2017 - 2018, IZIP 2016, financiralo je Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Literatura

- [1] Directive 2010/31 EU of the European Parliament and the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities. L 153/21-2.
- [2] Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine s detaljnim planom za razdoblje od 2014. do 2016. godine. "Narodne novine" broj 36/15, Available from: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_43_793.html.
- [3] Energija u Hrvatskoj 2015, Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske.
- [4] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency Official Journal of the European Union, L 315/1.
- [5] Ghazi Wakili, K., et al.: Efficiency verification of a combination of high performance and conventional insulation layers in retrofitting a 130-year old building. Energy and Buildings, 2014. 82(0), pp. 237-242.
- [6] Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za toplinsku zaštitu zgrada. 1970, Službeni list SFRJ br. 35/70.

- [7] Dugoročna strategija za poticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Hrvatske. Vlada Republike Hrvatske, 2014.
- [8] UNDP, Building Energy Certification Manual - Part One. 2010, United Nations Development Program: Zagreb.
- [9] Kalamees, T.: Air tightness and air leakages of new lightweight single-family detached houses in Estonia. *Building and Environment*, 2007. 42(6), pp. 2369-2377.
- [10] Technical Regulation on the Rational Use of Energy and Thermal Insulation in Buildings. "Narodne novine" broj 128/15; Available from: <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/438515.pdf>.
- [11] ISOVER. Energy efficiency - Save money with ISOVER. 2014 [cited 2014 8.11.2014.], Available from: <http://www.isover-airtightness.com/Benefits/Energy-efficiency>.
- [12] Wanyu, R.C., Jeffrey, J., Max, H.S.: Analysis of Air Leakage Measurements of US Houses. *Energy and Buildings*, 66 (2013), pp. 616-625.
- [13] Sinnott, D., Dyer, M.: Air-tightness field data for dwellings in Ireland. *Building and Environment*, 2012. 51(0), pp. 269-275.
- [14] Montoya, M.I., et al.: Air leakage in Catalan dwellings: Developing an airtightness model and leakage airflow predictions. *Building and Environment*, 45(2010) 6, pp. 1458-1469.
- [15] Pan, W.: Relationships between air-tightness and its influencing factors of post-2006 new-build dwellings in the UK. *Building and Environment*, 45 (2010) 11, pp. 2387-2399.
- [16] Sfakianaki, A., et al.: Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece. *Building and Environment*, 43 (2008) 4, pp. 398-405.
- [17] Krstic, H., et al.: Application of Neural Networks in Predicting Airtightness of Residential Units. *Energy and Buildings*, 2014 (0).
- [18] Koški, Ž., Ištoka-Otković, I., Krstić, H.: Airtightness investigation of residential units building envelope in city of Osijek, in "iNDiS 2015" Planning, design, construction and building renewal. 2015: Novi Sad, Serbia. pp. 8.
- [19] EN 13829:2002: Thermal performance of buildings -- Determination of air permeability of buildings -- Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified; EN 13829:2000). 2002.
- [20] Pešut, H.: Zrakopropusnost omotača zgrade. *Građevinar*, 2012. 64(7), pp. 615-617.
- [21] Milovanović, B., Štirmer, N., Banjad Pečur, I.: Važnost kvalitete izvedbe zgrada u svjetlu zahtjeva energetiske učinkovitosti, in 13. međunarodni simpozij o kvaliteti "Kvaliteta i društvena odgovornost". 2012, Solin, Hrvatska. p. 161-175.
- [22] Zou, Y.: Classification of buildings with regard to airtightness, in Department of Civil and Environmental Engineering. 2010, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY: Göteborg, Sweden 2010. p. 100.
- [23] HRN EN ISO 9972:2015: Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method (ISO 9972:2015; EN ISO 9972:2015); Toplinske značajke zgrada - Određivanje propusnosti zraka kod zgrada - Metoda razlike tlakova (ISO 9972:2015; EN ISO 9972:2015), 2015.
- [24] CIBSE Guide A: Environmental design. 2007, VEETECH Ltd.: Norwich, Norfolk.
- [25] HRN EN ISO 13789: Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method (ISO 13789:2007; EN ISO 13789:2007); Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method. 2007.
- [26] Kronvall, J.: Testing of Houses for Air Leakage Using a Pressure Method. *ASHRAE trans.*, 84(1978) 1.

- [27] Dubrul, C.: Inhabitants' Behaviour with Regard to Ventilation - A Summary Report of IEA Annex VIII. AIVC Technical Note 23, 1988(Air Infiltration and Ventilation Centre).
- [28] ASHRAE 119: A Method of Determining Air Change Rates Single-Family Residential Buildings, in American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1988., Atlanta, GA.
- [29] ASHRAE 136: A Method of Determining Air Change Rates in Detached Dwellings, in American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1993., Atlanta, GA.
- [30] Sherman, M.H.: Estimation of infiltration from leakage and climate indicators. Energy and Buildings, 10 (1987) 1.
- [31] HRN EN ISO 13790:2008 Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008; EN ISO 13790:2008), Energijska svojstva zgrada - Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora (ISO 13790:2008; EN ISO 13790:2008).
- [32] Vigon, B.W., et al.: Life-Cycle Assessment, Inventory Guidelines and Principles. 1994: Lewis Publishers.
- [33] Boussabaine, A.: Cost Planning of PFI and PPP Building Projects. 2007, New York: Taylor & Francis.
- [34] Krstić, H., Koški, Ž., Tomljanović, M.: Influence of window type on the airtightness of residential units. e-GFOS, 9 (2014), pp. 34-40.
- [35] Anderson, D., McNeill, G.: Artificial neural networks technology : A DACS State-of-the-Art Report. (Data & Analysis Center for Software). 1992: New York.
- [36] Basheer, I.A., Hajmeer, M.: Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application. Journal of Microbiological Methods, 43 (2000) 1, pp. 3-31.
- [37] Dvornik, J.: Numeričke, simboličke i heurističke metode. Građevinar, 55(2003) 10, pp. 7.
- [38] Gardner, M.W., Dorling, S.R.: Artificial neural networks (the multilayer perceptron)—a review of applications in the atmospheric sciences. Atmospheric Environment, 32(1998) 14, pp. 2627-2636.
- [39] Girosi, F., Jones, M., Poggio, T.: Regularization Theory and Neural Networks Architectures. Neural Computation, 7 (1995) 2, pp. 219-269.
- [40] Zhang, G., Eddy Patuwo, B., Hu, M.Y.: Forecasting with artificial neural networks:: The state of the art. International Journal of Forecasting, 1998. 14(1), pp. 35-62.
- [41] Clark, G.: The organization of behavior: A neuropsychological theory. D. O. Hebb. John Wiley And Sons, Inc., New York, 1949, 335 pages, 19 illustrations, 288 references. \$4.00. The Journal of Comparative Neurology, 93 (1950) 3, pp. 459-460.
- [42] McCulloch, W.S., Pitts, W.: A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. The bulletin of mathematical biophysics, 5 (1943) 4, pp. 115-133.
- [43] Widrow, B., Lehr, M.: 30 Years of Adaptive Neural Networks: Perceptron, Madaline, and Backpropagation. In Proceedings of the IEE. 1990.
- [44] Werbos, P.J.: Backpropagation through time: what it does and how to do it. Proceedings of the IEEE, 1990. 78(10), pp. 1550-1560.
- [45] Hyvärinen, A. and E. Oja, Independent component analysis: algorithms and applications. Neural Netw., 2000. 13(4-5), pp. 411-430.
- [46] Lawrence, S., Giles, C.L., Tsoi, A.C.: Lessons in neural network training: overfitting may be harder than expected, in Proceedings of the fourteenth national conference on artificial intelligence and ninth conference on Innovative applications of artificial intelligence. 1997, AAAI Press: Providence, Rhode Island. pp. 540-545.

- [47] The typology of the residential building stock in Serbia and modelling its low-carbon transformation Serbia. 2015, Support for Low-Emission Development in South Eastern Europe (SLED).
- [48] Krstić, H., et al.: Development of predictive model for energy efficiency of buildings related to airtightness, in International Symposium on researching and application of contemporary achievements in civil engineering in the field of materials and structures. 2017: Vršac, Srbija.
- [49] Guszczka, J.: The Basics of Model Validation. 2005, CAS Predictive Modeling Seminar: Chicago.
- [50] Mathisen, R.: On-line NIR analysis in a high density polyethene plant, evaluation of sampling system and optimal calibration strategy. 1999: Telemark College, Department of Technology.
- [51] Al-Hajj, A., Horner, M.W.: Modelling the running costs of buildings. Construction Management and Economics, 16 (1998), pp. 459-470.
- [52] Krstić, H., et al.: Validation of neural network model for predicting airtightness of residential and non-residential units in Poland. Energy and Buildings, 133 (2016), pp. 423-432.
- [53] Krstić, H., et al.: Application of Neural Networks in Predicting Airtightness of Residential Units. Energy and Buildings, (0).
- [54] Jokisalo, J., et al.: Building leakage, infiltration, and energy performance analyses for Finnish detached houses. Building and Environment, 44 (2009) 2, pp. 377-387.
- [55] Max, H.S., Jennifer, A.M.: Buildings X Conference - Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings2007, U.S. DOE, Oak Ridge National Laboratory: Clearwater Beach, FL.
- [56] Krstic, H., Koski, Z., Zecevic, D.: Evaluating the airtightness of residential buildings by using predictive models. Iektronički časopis Građevinskog fakulteta Osijek (e-GFOS), 11 (2015), pp. 8.



Zaštita od požara u građevinama

Autor:

Prof. emer. dr. sc. Dubravka Bjegović¹

Doc. dr. sc. Marija Jelčić Rukavina¹

Milan Carević²

Doc. dr. sc. Miodrag Drakulić³

¹ Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
Kačićeva 26, Zagreb

² Visoka škola za sigurnost, Zagreb, Hrvatska

³ Centar za tehničke sustave i požarno inženjerstvo

Zaštita od požara u građevinama

Dubravka Bjegović, Marija Jelčić Rukavina, Milan Carević, Miodrag Drakulić

Sažetak

Tijekom nekoliko proteklih desetljeća zaštita od požara postaje značajna stavka prilikom projektiranja, građenja i održavanja građevina u svijetu, ali i u Republici Hrvatskoj. Tome su pridonijeli nedavni katastrofalni požari (npr. rušenje Twin Towersa, požar u Grenfell Toweru itd.), ali i istovremeni nagli razvoj materijala i tehnologija u tom području. U radu je dan pregled tekuće regulative u Republici Hrvatskoj u području zaštite od požara, prikaz aktivnih i pasivnih mjeru te tendencije razvoja u području požarnog inženjerstva. Nadalje, opisana je potreba izrade projekta kojim se dokazuju mjeru zaštite od požara za pojedine zahtjevnije skupine građevina, kao sveobuhvatnijeg prikaza mjeru u odnosu na postojeći elaborat zaštite od požara.

Ključne riječi: zaštita od požara, aktivne mjeru, pasivne mjeru, požarno inženjerstvo

Fire protection in buildings

Abstract

Fire protection has become a significant issue in designing, building and maintaining of buildings over the past few decades, in the world, but also in the Republic of Croatia. This has been contributed by recent catastrophic fire events (eg. the destruction of Twin Towers, a fire in the Grenfell Tower, etc.), but simultaneous development of new materials and technologies in the area. This paper presents a review of the current regulation in the area of fire protection applied in the Republic of Croatia, the active and passive fire protection measures and the development tendencies in the field of fire engineering. Furthermore, a need for separate design that demonstrates fire protection measures for a more demanding group of buildings as a more comprehensive representation of the measures compared to the existing fire protection report is described.

Key words: fire protection, active protection measures, passive protection measures
fire engineering

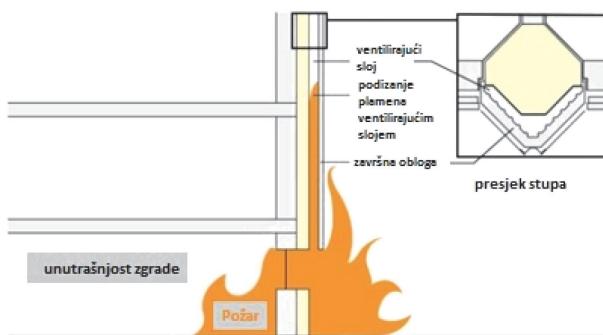
1 Uvod

Požari u zadnjem desetljeću kako u svijetu tako i u nas učestali su, a posljedice su ljudske žrtve i materijalne štete. Mnogo je dokumentiranih požara u svijetu zadnjih desetak godina na građevinama različitih tipova, no svakako najviše spomenuti slučaj požara na visokoj zgradi danas je zasigurno požar koji se dogodio u 24-katnom bloku u Sjevernom Kensingtonu u Londonu u ranim jutarnjim satima 14. lipnja 2017., slika 1. [1]. Više od 200 vatrogasaca borilo se protiv vatrene stihije koja se širila uglavnom po fasadi zgrade.



Slika 1. Požar u Grenfell Toweru u Londonu u lipnju 2017 [1]

Vatrogasni stručnjaci su kao mogući uzrok brzog širenja plamena naveli tip fasadnog sustava gdje je za izolacijski sloj upotrijebljen PIR (engl. *polyisocyanurate*) materijal u debljini od 100 mm, a završnu oblogu su činili aluminijski paneli s jezgrom od polietilena. Oba spomenuta izolacijska materijala se jako loše ponašaju u uvjetima visokih temperatura, kako gorivosti tako i oslobađanja dima koji je kod spomenutog materijala vrlo toksičan. Dodatni problem u ventiliranim pročeljima predstavlja upravo šuplji sloj zraka, kojim se plamen vrlo brzo vertikalno širio zbog "efekta dimnjaka", to više što je uz ventilirani sloj ugrađen jako gorivi materijal, slika 2.[1].



Slika 2.Širenje požara po fasadi "efektom dimnjaka" [1]

U svim izvještajima vezanim za spomenuti požarnaglašena je činjenica da je zgrada obnovljena 2016. godine, kada suveć mnogi primjeri posljedice požara u svijetu pokazali da se u fasadnim sustavima visokih zgrada ne smiju upotrebljavati gorivi materijali. Najmanje 80 ljudi je umrlo, najviše od posljedica dima, a mnogi su bili ozlijedeni s naznakama za fatalne posljedice.

Nasreću, u Hrvatskoj nemamo primjere takvih fatalnih požara. Međutim požar koji je svakako izazvao mnogo polemika u stručnoj i široj javnosti je nedavni požar koji je počeo na krovu zgrade studentskog doma 22. veljače 2017. i vertikalno se proširio po pročelju spojene zgrade na sljedeća tri kata, slika 3. Točan uzrok požara još nije poznat, ali se prema snimljenim fotografijama sa sigurnošću može tvrditi da je nastao na krovu nižeg objekta. Brzom širenju plamena i dima po pročelju pogodovalo to što je toplinska izolacija sustava pročelja bila izvedena od gorivog materijala kao i snažan vjetar za vrijeme požara [2].



Slika 3. a) Požar u studentskom domu; b) Izgled fasade nakon gašenja požara [2]

U oba spomenuta slučaja fasadni sustavi su netom prije požara obnovljeni energetski učinkovitijim sustavima, međutim izolacijski materijali predviđeni projektima su zamijenjeni jefтинijim verzijama kako bi se uštedilo na radovima.

Prema podacima Svjetskog statističkog centra u Ženevi, požari svake godine odnesu na tisuće ljudskih života i "oštete" svjetsko gospodarstvo za približno jedan posto nacionalnog dohotka [3]. U razvijenijim europskim zemljama (npr. Njemačkoj, Engleskoj i Francuskoj) godišnje pogine od 500 do 600 ljudi uz materijalne štete 2-4 milijarde eura. Razmjerno svojoj veličini, slično stanje je i u Hrvatskoj. Cijena zaštite od požara u odnosu na ukupnu cijenu objekta kreće se u europskim zemljama između 2,5 % i 5 %, a kod visokih zgrada čak do 13 % [4]. Prema [5], u Hrvatskoj se na različitim tipovima građevina dogodilo 1654 požara u 2015. godini, a u 2016. 1673 požara, a pri čemu je smrtno stradalih 25 osoba, a ozlijedeno ih je 107. Broj smrtno stradalih osoba u požarima najveći je u Rusiji, slika 4, [6]. Iako je prema [7] prosječan broj požara na 1000 stanovnika u RH 2,8, broj smrtno stradalih je 0,5, što je znatno manje nego u drugim zemljama.



Slika 4. Broj stradalih osoba godišnje u nekim zemljama svijeta na 100000 stanovnika, prema [6]

Jedan od uzroka požara može biti i požar nakon seizmičkog događaja. Prema kartama potresnih područja Republike Hrvatske [12] vidljivo je da je opasnost od potresa veoma velika, i to najveća u južnoj Dalmaciji, posebice u okolini Stona i Metkovića, zatim kod Zagreba te u širem riječkom području, posebno oko Novog Vinodolskog i Senja. Pri potresu, požar može biti uzrokovan ne samo oštećenjem plinskih cjevovoda već i oštećenjem sustava za gašenje požara, npr. oštećenja vodoopskrbnog sustava (cjevovodi, spremnici) i/ili uređaja za gašenje požara. Dakle, potres ne može samo izazvati požar otpuštanjem zapaljivog materijala već i onesposobiti pasivne ili aktivne sustave protupožarne zaštite.

Nadalje, u Hrvatskoj će se u 2017. godini za energetsku obnovu višestambenih zgrada uložiti 939 milijuna i 928 tisuća kuna uz sufinanciranje države u iznosu od 60 posto, što će zasigurno utjecati na manju potrošnju energije i višu kvalitetu života i rada u tim zgradama. No, zasigurno će utjecati i na požarno opterećenje odnosno rizik od požara ovisno o materijalima koji se koriste tijekom tih obnova [2]. Znači, poznavanje požarnih opasnosti i rizika te uzroka nastajanja požara olakšava procjenu požarne opasnosti, a time i provedbu mjera zaštite.

Požare je vrlo teško spriječiti, pa jedino što preostaje je projektirati, graditi i održavati građevine na način da se poveća njihova sigurnost u slučaju požara. Taj zahtjev čini zaštitu u slučaju požara sve važnijom stavkom vezanom za građevinske radove i proizvode.

U ovom se radu daje prikaz regulatornih mjera u području zaštite od požara u Hrvatskoj kao drugog bitnog zahtjeva za građevinu. Obrađeni su svi aspekti pasivnih i aktivnih mjera zaštite od požara, te su predloženi i komentirani pravci razvoja požarnog inženjerstva kao multidisciplinarnog tehničkog područja.

2 Regulativa u području zaštite od požara u Republici Hrvatskoj

2.1 Povijesni razvoj

Razvoj hrvatske regulative u području zaštite od požara povjesno je pratio i razvoj europske regulative. Sve do osamostaljenja Republike Hrvatske ta je regulativa bila dio regulative država kojima je tada pripadala Hrvatska. U tom smislu jedan od najznačajnijih propisa koji je u osnovnom konceptu zaštite od požara bio u potpunosti moderan i sukladan tadašnjem europskom zakonodavstvu jest dokument kojim se reguliralo pitanje građenja pod nazivom: Osnove građevinskog reda za slobodni i kraljevski glavni grad Zagreb iz 1894. godine(slika 5.). U općem konceptu dokument je i danas sukladan općim principima današnje europske regulative (u preskriptivnom dijelu), jer rješava pitanja otpornosti na požarnosive konstrukcije, evakuacije, požarnih zidova, uporabe gorivih materijala, zapaljivih tekućina i drugo. Primjerice u pogledu otpornosti na požar u članku 24 navodi se (tekst u izvornom obliku):

§• 24.

“Stupovi iz lievana ili kovana željeza neka se istim načinom u prostorijah, nad kojima se nalaze stanovi, upotrebe samo onda, kad se namještaju na mjestih, na kojih nisu izvrženi raztvrnrom uplivu vare prigodom požara ...”

“Zidovi koji nemaju temelja, moraju počivati na konstrukcijah sigurnih od ognja, a ove na isto takvih nosićih....”

Također u pogledu gorivosti materijala propis određuje da se:

§• 24.

“Zgrade imaju se graditi iz tvoriva sigurnih od ognja...”

“Šuplje opeke dovoljne nosatnosti mogu se rabiti za gradnju svih zidova, izim onih od dimnjaka, vatrobranih zidova i neposrednih ležajah od konstrukcija..”

U pogledu požarnih zidova navodi se:

§• 24.

“vatrobrani zidovi moraju proviravati preko krova bar 15 cm. visoko, pa se njimi mora posveti osamiti konstrukcija sgradah (stropovi, krovni odar itd.) tako, da osamljeni dijelovi mogu obstatiti sami po sebi. preko vatrobranih zidova smiju proviravati samo željezne spone i kućni vienci.

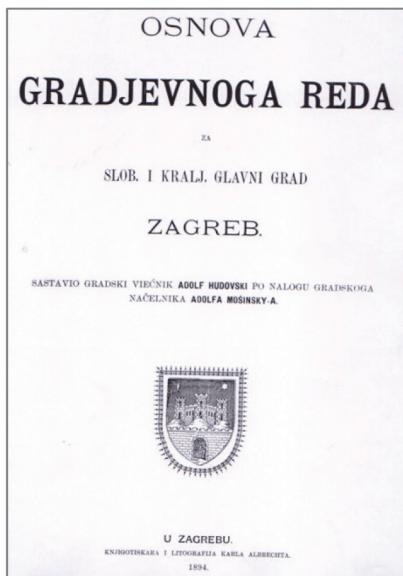
Ako se dozvoli, da se u dovoljno pojačane vatrobrane zidove ugradi drvena gradja, mora ova ostati obzidana na vanjskoj strani bar 15 cm. široko.”

Zahtjevi za sigurnim stubištima regulirani su na slijedeći način:

§• 33.

“Glavne stube, t. j. one, koje vode od glavnoga ulaza u kuću do stanovah, moraju u svakoj kući biti izvedene sigurno od ognja iz podruma do podkrovљa; a sigurne od ognja jesu onda, ako jim svi nosatni dijelovi, uključno počivalištah, sastoje iz nepogoriva tvoriva.

ako je sgrada osobito velika, treba da se sagradi i više stubah sigurnih od ognja, pri čem ima vladati načelo, da nijedna točka sgrade neima biti odaljena od glavnih stubah više od 40 m.”



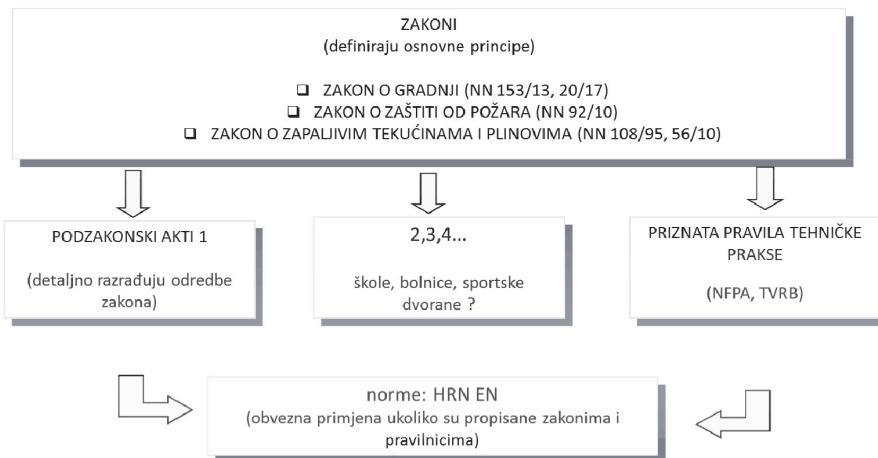
Slika 5. Propis iz 1894. godine

Značajniji razvoj regulative u području zaštite do požara događao se u vrijeme bivše države kad je uz savezne propise Hrvatska imala i svoje (republičke) propise. Radilo se o složenom sustavu tehničkih propisa koji se uglavnom temeljio na anglosaksonском konceptu (osobito u dijelu JUS-a) uz primjese njemačkih propisa i normi.

Nakon osamostaljenja Republike Hrvatske dio je tih tehničkih propisa preuzet i koristio se niz godina do donošenja hrvatskih propisa, a neki se zbog nedovršenosti hrvatske regulative koriste i danas kao priznata pravila tehničke prakse.

2.2 Sadašnje stanje hrvatske regulative u području zaštite od požara

U Republici Hrvatskoj projektiranje građevina u dijelu zaštite od požara regulirano je Zakonom o gradnji (NN 153/13, 20/17), Zakonom o zaštiti od požara (NN 92/10), Zakonom o zapaljivim tekućinama (NN 108/95, 56/10), te nizom podzakonskih akata, priznatih pravila tehničke prakse i normi, slika 6 [2].



Slika 6. Zakonska regulativa u području zaštite od požara [2]

I dalje postoje neki segmenti zaštite od požara, primjerice zahtjevi za projektiranje bolnica, škola, vrtića, domova za stare i nemoćne itd. koji još nisu pokriveni hrvatskom regulativom. Najvažniji hrvatski priručnik/dokument iz područja zaštite od požara je *Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara NN 29/13 i 87/15* (u daljem tekstu Pravilnik). Donesen je 2013. godine, a 2015. godine je dopunjeno kao temeljni podzakonski akt (propis) iz područja zaštite od požara koji je usklađen s europskim zahtjevima. Pravilnik je definiran kao osnovni modul, koji treba dograditi modulima za zgrade različitih namjena (škole, bolnice, vrtići i jaslice itd.). Do donošenja spomenutih hrvatskih propisa primjenjuju se i dalje priznata pravila tehničke prakse, a to su najčešće NFPA 101, Life safety code [8] (NFPA - National Fire Protection Association) ili austrijska smjernica OIB Richtlinie 2 [9] (OIB - Österreichisches Institut für Bautechnik). Ti se propisi primjenjuju samo u dijelu mjera zaštite od požara koje nisu regulirane hrvatskim propisima, primjerice, određivanje površina požarnih i dimnih odjeljaka, potreba za sustavima aktivne zaštite (sprinkleri, vatrodojava i sl.). Međutim, u dijelu mjera zaštite od požara koje reguliraju hrvatski propisi, obvezno se primjenjuju odredbe hrvatskih propisa.

Kad je riječ o zahtjevima za projektiranje građevina za slučaj požara, osnovni zahtjevi preneseni su iz europske regulative gdje je preuzet koncept temeljenih (ranije bitnih) zahtjeva. Tako se u članku 7. Zakona o gradnji zahtjeva da građevina ovisno o svojoj namjeni mora biti projektirana i izrađena na način da tijekom svog trajanja ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu. Prema istom Zakonu (članak 8), sigurnost u slučaju požara je drugi temeljeni zahtjeva za građevinu. U članku 10. citiranog Zakona razrađuju se detaljni zahtjevi prema kojima građevine moraju biti projektirane i izgrađene tako da u slučaju izbijanja požara:

1. nosivost građevine može biti zajamčena tijekom određenog razdoblja
2. nastanak i širenje požara i dima unutar građevine je ograničeno
3. širenje požara na okolne građevine je ograničeno
4. korisnici mogu napustiti građevinu ili na drugi način biti spašeni
5. sigurnost spasilačkog tima je uzeta u obzir.

Zakonom o zaštiti od požara ti se zahtjevi preuzimaju pa se isto ponavlja u članku 25. Uz definiranje ključnih pojmoveva iz područja zaštite od požara, citirani zakon prvi put dopušta primjenu inženjerskih metoda što je najznačajniji pomak ovog područja u njegovoj dugoj povijesti koja se oslanjala na isključivo prekriptivni pristup, što je bila i svjetska praksa. Tako se u članku 25. stavku 3 navodi da se:

(3) *Ispunjavanje bitnog zahtjeva zaštite od požara može se dokazivati i prema priznatim metodama proračuna i modelima koji su različiti od načina dokazivanja propisanog stavkom 2. ovoga članka.*

Ovom odredbom, također preuzetom iz europske regulative, otvorene su mogućnosti savsim novog inženjerskog pristupa rješavanju sigurnosti građevina u slučaju požara, no to traži značajne promjene u edukaciji budućih inženjera i svih drugih sudionika ovog procesa. Međutim, praktičnuvažnost za projektante imaju tehnički propisi koji detaljno razrađuju odredbe citiranih zakona i tu je, kao što je spomenuto najvažniji Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara.

2.3 Kratki prikaz koncepta Pravilnika o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara

Pravilnik obrađuje detaljno temeljne zahtjeve za građevinu, što je razrađeno u sljedećim poglavljima:

- Temeljne odredbe
- Otpornost na požar konstrukcija i elemenata,
- Reakcija na požar građevnih proizvoda,
- Sprječavanje širenja vatre i dima unutar građevine
- Sprječavanje širenja požara na susjedne građevine
- Sustavi za odvodnju dima i topline, i sustavi nadtlaka
- Evakuacijski putovi
- Zaštita spašavatelja.

U okviru prvog poglavlja dana je podjela zgrada i građevina u podskupine prema zahtjevnosti zaštite od požara. *Isto kao i Zakon o zaštiti od požara, Pravilnikom je omogućena primjena inženjerskih metoda pa se već u članku 1., stvcima 3., 4. i 5., podrobnije definiraju uvjeti u kojima se mogu primjenjivati inženjerske metode:*

(1) *Kod projektiranja građevina mogu se primijeniti proračunske metode i/ili modeli koji se temelje na provjerenim tehničkim rješenjima i/ili novijim dostignućima na tom području.*

(4) *U slučajevima iz stavka 3. ovog članka, kao i u iznimnim slučajevima, kad se uz odobrenje Ministarstva ispunjenje bitnog zahtjeva dokazuje na drugi način, a koji nije obuhvaćen ovim Pravilnikom, obavezno je glavnim projektom dokazati da će tako projektirana građevina zadovoljiti bitni zahtjev zaštite od požara najmanje na razini koja bi bila postignuta primjenom odredbi ovog Pravilnika“.*

(5) *Mjere zaštite od požara, proračunske metode i modeli čija je primjena predviđena ovim Pravilnikom pretpostavljaju jedan izvor požara"*

Između ostalog, Pravilnik prvi put jasno navodi da se kod primjene proračunskih metoda i modela pretpostavlja jedan izvor požara, što je u praksi često bio predmet spora između inspekcije koja odobrava projektna rješenja i projektanata.

Osnovni koncept Pravilnika temeljio se na podjeli *objekata* u skupine prema kriterijima o visini, dostupnosti za vatrogasnou tehniku, broju osoba koje borave u objektu te njihovom statusu (bolesni, djeca, pokretni, slabo pokretni i dr.). Vrlo sličan koncept imaju Austrija i Njemačka, ali u njihovim propisima (u ovoj fazi) nisu uzeti u obzir kriteriji brojnosti i pokretnosti osoba koje borave u građevinama. Prikaz podjele objekata na podskupine dan je u tablici 1. Sukladno skupini u koju se razvrstavaju pojedine zgrade Pravilnikom su određeni zahtjevi koje te zgrade moraju zadovoljiti u smislu, otpornosti na požar, evakuacijskih putova, reakcije na požar građevinskih materijala i drugo.

Tablica 1. Zahtjevi zaštite od požara za pojedinu podskupinu zgrada

Zahtjevi / Podskupina zgrada	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade
Kota poda najviše etaže za boravak ljudi, h	7 m	7 m	7 m	11 m	< 22 m	≥ 22 m
Ukupna površina	≤ 400 m ²	≤ 1200 m ²	Nema ograničenja		Nema ograničenja	Nema ograničenja Posebni pravilnik u izradi
Pojedinačna bruto površina poslovnih, odnosno stambenih jedinica	≤ 400 m ²	≤ 400 m ²	Nema ograničenja	Nema ograničenja ako je jedna stambena ili poslovna jedinica ≤ 400 m ² poposlovnoj ili stambenoj jednici	Nema ograničenja	Posebni Pravilnik u izradi Nema ograničenja
Max. broj jedinica	1	≤ 3	Nema ograničenja	Nema ograničenja	Nema ograničenja	Nema ograničenja Posebni pravilnik u izradi
Broj korisnika	≤ 50 ukupno	≤ 100 ukupno	≤ 300 ukupno	≤ 300 ukupno	≥ 300 u pojedinačnom prostoru	Nema ograničenja Posebni pravilnik u izradi

Primjerice zahtjevi otpornost na požar nosivih konstrukcija za pojedinu skupinu mogu se naći u tablici 1. (ovdje prikazano tablicom 2.) u Prilogu 1 Pravilnika, a zahtjevi za reakciju na požar materijala koji se mogu ugrađivati u pročelja zgrade u tablici 4., Priloga 2 Pravilnika (ovdje prikazano tablicom 3.). Osim navedenog, Pravilnik daje i niz drugih uvjeta kojima se postiže

sigurnost osoba i zgrade u slučaju požara. Svi navedeni zahtjevi su u području preskrptivnog pristupa. Sukladno odredbama Pravilnika smatra se da je ovim pristupom zadovoljen temeljni zahtjev zaštite od požara.

Kao što je ranije navedeno, drugi pristup podrazumijeva mogućnost korištenja priznatih proračunskih metoda i modela primjerice CFD modeliranja kao i evakuacijskih modela za koje se u članku 38. stavci 2 i 3 navodi:

Tablica 2. Zahtjevi za otpornost na požar konstrukcija i elemenata zgrada

	Klasa građevine (ZPS)	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade
1	Nosivi dijelovi (osim stropova i zidova na granicipožarnog odjeljka)						
1.1	Zadnji kat ili potkrovљe	BEZ ZAHTJEVA	R 30	R 30	R 30	R 60	PREMA POSEBNOM PROPISU
1.2	Suteren, prizemlje ikatovi	R 30	R 30	R 60	R 60	R 90	
1.3	Podrumske (podzemne etaže)	R 60	R 60	R 90	R 90	R 90	
2	Pregradni zidovi između stanova, poslovnih jedinica, prostora različite namjene, te evakuacijskih hodnika						
2.1	Zadnji kat ili potkrovљe	NIJE PRIMJENIVO	EI 30	EI 30	EI 60	EI 60	PREMA POSEBNOM PROPISU
2.2	Suteren, prizemlje ikatovi	NIJE PRIMJENIVO	EI 30	EI 60	EI 60	EI 90	
2.3	Podrumske (podzemne etaže)	NIJE PRIMJENIVO	EI 60	EI 90	EI 90	EI 90	
3	Zidovi i stropovi na granici požarnog odjeljka i granici parcele (REI nosivi zidovi, EI pregradni zidovi)						
3.1	Zidovi na granici parcele	REI 60 EI 60	REI 90 EI 90	REI 9 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	PREMA POSEBNOM PROPISU
3.2	Ostali zidovi i stropovi na granici požarnog odjeljka	NIJE PRIMJENIVO	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	
4	Stropovi i kosi krovovistambene ili poslovne namjene s nagibom ne većim od 60 stupnjeva prema horizontali						
4.1	Stropovi iznad zadnjeg kata	BEZ ZAHTJEVA	R 30	R 30	R 30	R 60	PREMA POSEBNOM PROPISU
4.2	Međustropovi iznad ostalih katova	BEZ ZAHTJEVA	REI 30	REI 60	REI 60	REI 90	
4.3	Stropovi između podrumskih (podzemnih etaža)	R 60	REI 60	REI 90	REI 90	REI 90	
5	Balkonska ploča	BEZ ZAHTJEVA	BEZ ZAHTJEVA	BEZ ZAHTJEVA	R 30 ili najmanje A2	R 30 i najmanje A2	PREMA POSEBNOM PROPISU

(2) Za izračun vremena evakuacije mogu se koristiti samo odgovarajuće metodologije izračuna kao što su dinamički modeli strujanja, mrežni modeli ili individualni modeli, odnosno modeli i proračuni koji uzimaju u obzir više faktora koji imaju utjecaj na evakuaciju kao što su:

- karakteristike požara koje obuhvaćaju požarno opterećenje, prirodu izgaranja, raspored požarnog opterećenja, stupanj isijavanja topline, uvjete dovoda zraka i drugo;
- karakteristike zgrade koje obuhvaćaju arhitektonske karakteristike (dužina, visina, otvori na zidovima), karakteristike konstrukcije, sustave za dojavu i/ili gašenje, sustave za odvod dima i topline i drugo,
- karakteristike korisnika koje obuhvaćaju broj korisnika, njihov raspored po građevini, stanje budnosti (dan, noć), fizičko stanje (pokretni, nepokretni) starosno i mentalno stanje, poznavanje građevine i drugo.

Tablica 3. Zahtjevi za reakciju na požar pročelja

Građevni dijelovi	Zgrade podskupine (ZPS)						Visoke zgrade
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4		ZPS5	
Ovješeni ventilirani elementi pročelja							
Klasificirani sustav	E	D-d1	D-d1	C -d1		B -d1	A2-d1
ili							
Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama							
Vanjski sloj	E	D	D	A2-d1	ili	B-d1	B-d1
Potkonstrukcija							
štapasta	E	D	D	D	ili	D	C
točkasta	E	D	A2	A2		A2	A2
Izolacija	E	D	D	B		A2	A2
Toplinski kontaktni sustav pročelja							
Klasificirani sustav	E	D	D-d1	C-d1		B -d1	A2-d1
ili							
Sastav slojeva sa sljedećim klasificiranim komponentama							
pokrovni sloj	E	D	D	C		B-d1	A2-d1
izolacijski sloj	E	D	C	B		A2	A2

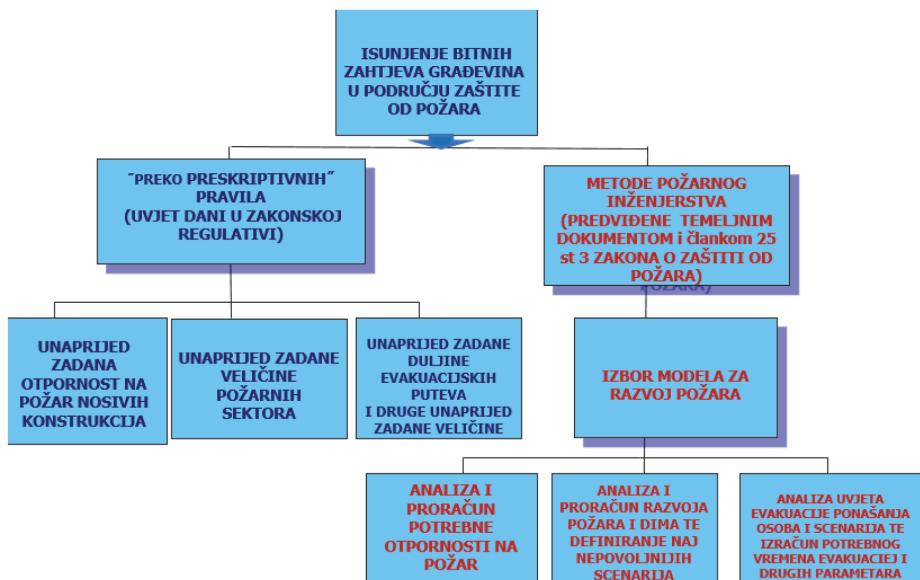
(3) Odgovarajućom metodologijom iz stavka 2. ovog članka smatra se i metodologija predviđena smjernicom koju je donijela Evropska konfederacija udruga za zaštitu od požara CFPA-E No 19 Fire Safety Engineering concerning Evacuation from Buildings (Požarno inženjerstvo - evakuacija iz građevina), te tamo navedeni priznati modeli i proračuni.

Iz opisanog je vidljivo da se hrvatska regulativa u području zaštite od požara nalazi vjerojatno na najvažnijoj prekretnici, koja će uz dovršenje ostalih predviđenih modula za zgrade

različitim namjena, te povećano korištenje metoda požarnog inženjerstva, omogućiti projektiranje i izvedbu građevina sigurnih u slučaju požara za njene korisnike, a k tome i značajno smanjenje materijalnih šteta na opožarenim objektima.

Popis važnijih propisa iz područja zaštite od požara naveden je u Literaturi pod [10-24], a priznatih pravila tehničke prakse pod [25-28]. Kako je iz prethodno navedenog vidljivo, cijevi zaštite od požara znače ispunjenje bitnih zahtjeva građevina, a do sada se tradicionalno ostvarivalo stvaranjem zakonske regulative koja definira parametre zaštite od požara građevinskih objekata na temelju iskustva ili procjena zakonodavca tzv. preskriptivnim pristupom, pristupom s naprijed određenim pravilima (slika 7.). Nedostaci ovog pristupa su:

- preskupa i često nepotrebna zaštita;
- nedovoljna selektivnost mjera zaštite u odnosu na namjenu objekata;
- nedefinirane i proizvoljne procjene različitih požarnih scenarija iz čega proizlaze i pogrešni koncepti zaštite od požara i drugo.



Slika 7. Prikaz dva moguća pristupa ispunjenju bitnog zahtjeva zaštite od požara

U suvremenoj svjetskoj i europskoj praksi ciljevi zaštite od požara ostvaruju se razvojem znanstvenih metoda baziranih na proračunima tj. metodama požarnog inženjerstva, odnosno projektiranje na osnovi svojstava (*engl. performance based design - PBD*), što omogućava:

- provjeru velikog broja požarnih scenarija za konkretni objekt
- odabir stvarno potrebnih mjera zaštite od požara, a ne administrativno zadanih
- povećanje sigurnosti osoba i objekta uz smanjenje troškova.

Radi procjene zahtijevanog stupnja zaštite od požara i za projektiranje i proračun zaštitnih mjera, principi požarnog inženjerstva odnosno projektiranje na osnovi svojstava, mogu se primijeniti na građevinama u sljedećim segmentima:

- za određivanje osnovnih informacija za razvoj i širenje požara
- za procjenu toplinskih i mehaničkih djelovanja
- za procjenu ponašanja građevnih proizvoda u uvjetima izloženosti požaru
- za procjenu i projektiranje evakuacijskih i spasilačkih mjera zaštite.

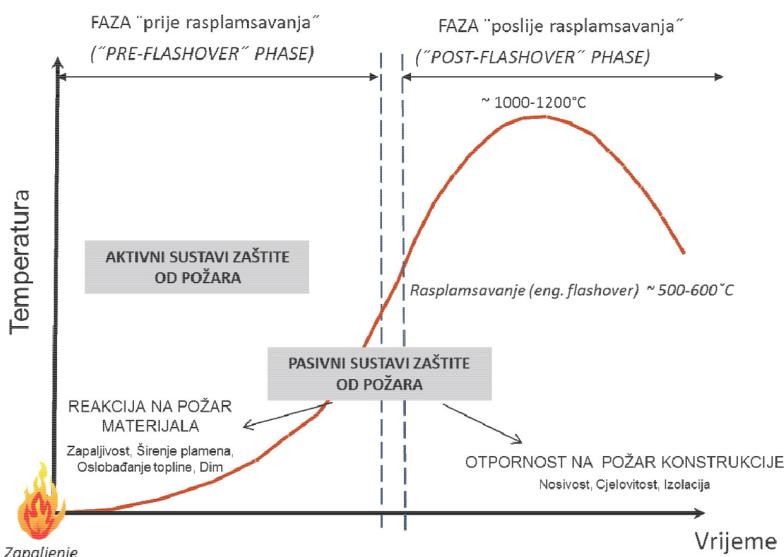
Bitno je definirati svojstva proizvoda, potvrditi postupke projektiranja na dogovornoj i usklađenoj osnovi za primjenu inženjerskih postupaka projektiranja.

3 Mjere zaštite od požara

Kako bi se lakše opisao koncept zaštite od požara u građevinama, najprije će se opisati razvoj požara u zatvorenom prostoru i parametri koji utječu na njegov razvoj.

3.1 Razvoj požara u zatvorenom prostoru

Požar je svako nekontrolirano izgaranje uslijed kojeg dolazi ili može doći do ozljede ljudi i štete na materijalnim dobrima. S obzirom na lokaciju tj. prostor u kojem nastaje, razlikujemo požare otvorenih i zatvorenih prostora čija se dinamika razvoja znatno razlikuje. Zaštita od požara u građevinama bazira se na razvoju požara u zatvorenom prostoru čiji je potpuni razvoj prikazan na slici 8. odnosom *temperatura – vrijeme* uz pretpostavku da nije došlo do gašenja aktivacijom aktivnih sustava ili intervencijom vatrogasaca.



Slika 8. Razvoj požara u zatvorenom prostoru

Na prikazanoj krivulji se razlikuju sljedeće karakteristične faze razvoja:

ZAPALJENE - požar se razvija u jednom od mogućih pravaca, ovisno o geometriji prostora, okolnim površinama, tipu i količini goriva, ventilaciji i dr.

FAZA RASTA (tzv. "*pre-flashover*" faza) zbiva se prije rasplamsavanja požara. U toj fazi je razvoj požara obično kontroliran samo dostupnim gorivom u prostoru jer najčešće ima dovoljno kisika za izgaranje. U toj fazi požara primarni cilj interesa je zaštita osoba unutar građevine.

RASPLAMSAVANJE (engl. *flashover*) brzi je tranzijentni period razvoja požara do stanja potpune razvijenosti požara. Trenutak rasplamsavanja nije jednoznačno određen, ali se procjenjuje da nastaje kad je temperatura unutar prostora 500 do 600 °C.

POTPUNO RAZVIJENI POŽAR (nastaje kada je cijelokupan gorivi materijal unutar prostora obuhvaćen u požaru i kad plamen u cijelosti ispunjava prostor. U ovoj fazi požar je obično kontroliran uvjetima ventilacije zbog ograničenog dotoka kisika. Primarni cilj interesa je konstrukcijska stabilnost građevine zbog temperaturne od 700 do 1200 °C i zaštita vatrogasaca.

SPONTANO GAŠENJE nastupa kada se potrošnjom goriva požar postupno, spontano gasi i umiruje, a temperatura plinova opada na 20 % T_{max} .

Nemaju svi požari ovakav razvoj. Naime, neki se sami od sebe ugase ili ne dođe do rasplamsavanja, jer nema dovoljno gorive tvari ili dotoka kisika koji bi potpomogli gorenje. Također, postoji mogućnost ako prostor nastanka požara ima previše otvora, da oslobođena toplina izlazi kroz njih i ne dopušta stvaranje uvjeta koji bi doveli do rasplamsavanja. U tablici 4. sažeto su prikazane osnovne faze razvoja požara zatvorenog prostora te osnovni parametri koji definiraju sigurnost u slučaju požara koji ovisi o pojedinoj fazi.

Tablica 4. Sažeti prikaz pojedinih faza razvoja požara [29]

Parametri	Faza rasta požara	Potpuno razvijeni požar	Faza gašenja
Požar	izgaranje kontrolirano gorivom	izgaranje kontrolirano ventilacijom	izgaranje kontrolirano gorivom
Ljudi	evakuacija		smrt
Detekcija	detektori dima i topline		vanjski dim i toplina
Aktivne mjere zaštite	gašenje aktivacijom šprinklera ili intervencijom vatrogasnih postrojbi; kontrola dima		intervencija vatrogasnih postrojbi
Pasivne mjere zaštite	izabrati materijale s obzirom na reakciju na požar		osigurati dovoljnu otpornost na požar konstrukcija, spriječiti slom konstrukcije

Adekvatna zaštita od požara se postiže sinergijom aktivnih i pasivnih mjera zaštite od požara. Cilj mjera zaštite od požara je u prvom redu spašavanje ljudskih života, zatim održati temperaturu elemenata (npr. čeličnih elemenata, električnih instalacija i sl.) građevine ispod kritične vrijednosti i zadržati požar unutar požarnog odjeljka u kojem je nastao određeni vremenski period.

Aktivne mjere zaštite kontroliraju požar ili učinke požara djelovanjem osobe ili automatski kad je već požar započeo. Kako se vidi iz tablice, djelovanje aktivnih sustava je važno u početnoj fazi rasta požara.

Pasivne mjere zaštite kontroliraju požar ili učinke požara mjerama koje su "ugrađene" u konstrukciju, ili obložnim materijalima u prostoru (prema razradbi u odnosu na reakciju na požar). Kad se razmatraju pasivne mjere zaštite od požara, ne zahtjeva se posebno djelovanje u vrijeme požara. Osnovna uloga pasivnih mjera zaštite od požara je pokušati zadržati požar u odjeljku u kojem je i nastao ili usporiti njegovo širenje na okolne požarne odjeljke kako bi se korisnici zgrade mogli sigurno evakuirati ili otići na sigurno mjesto. Najvažniji je dio pasivne zaštite od požara osigurati **otpornost na požar** pojedinih elemenata, sklopova ili cijele konstrukcije koja se projektira s ciljem sprječavanja širenja požara i sloma konstrukcije u slučaju požara.

Prema tom dijagramu potrebno je prvo definirati požarni scenarij, kojim se određuje: broj i veličina požarnih odjeljaka u građevini, intezitet požarnog opterećenja prema namjeni, zahtijevana požarna otpornost konstrukcije (R30, R60,...), sustavi aktivne zaštite od požara. Svi ovi zahtjevi rješavaju se elaboratom zaštite od požara.

3.2 Pasivne mjere zaštite od požara

Pasivna zaštita od požara se smatra efikasnom ako se nakon definiranog vremenskog perioda štićena konstrukcija nije izložena požaru ili ako svojstva nosivosti konstrukcijskog elementa nisu smanjena da ugrožavaju njegovu stabilnost. Pasivne mjere uključuju podjelu prostora na požarne i dimne odjeljke, odabir materijala i konstrukcija s dovoljnom otpornosti na požar, te evakuacijske putove kojima se osigurava spašavanje ugroženih ljudi iz prostora kao i sigurno kretanje spašavateljima. Pasivna zaštita od požara uključuje velik broj mjera kao što su:

- odabirodgovarajućih materijala u pogledu njihove reakcije na požar
- otpornost na požar nosive konstrukcije
- podjela građevine na požarne i dimne odjeljke
- izvedba požarnih zidova
- izvedba požarnih vatrootpornih barijera i drugo.

3.2.1 Odabir materijala s obzirom na ponašanje u požaru

S obzirom na ponašanje materijala u požaru, u Republici Hrvatskoj su na snazi preuzete europske norme, iako će do 2019. vrijediti i prije preuzete DIN norme. Naime, radi omogućavanja slobodne trgovine unutar nacionalnih granica Europske ekonomske zajednice, većina je europskih država članica prihvatile usklađeni europski sustav klasifikacije koji se temelji

na usklađenim ispitivanjima pomoću kojih se procjenjuje ponašanje u požaru građevnih proizvoda. Temelj za proces usklađivanja potječe u odluci komisije 94/611/EC koja je implementirala članak 20 Direktive Vijeća 89/106/EEC [30], a poslije [31]. Sustav eurorazreda reakcije na požar dijeli građevne proizvode u tri velike grupe:

- podove
- toplinskoizolacijske linearne obloge za cijevi
- sve druge građevne proizvode.

Taj sustav klasifikacije djelomično se temelji na postojećim metodama opisanim u normi DIN 4102 – 1 [32] a djelomično na posve novoj ispitnoj metodi, tzv. SBI testu [33].

Europska norma za razredbu građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru (HRN EN 13501-1) dijeli materijale u sedam razreda (A1, A2, B, C, D, E i F, tablica 5.), tri dodatna razreda s obzirom na proizvodnju dima (s1, s2 i s3, tablica 6.) te tri dodatna razreda u pogledu gorivog otkapavanja (d0, d1 i d2, tablica 7.). Kombinacijom navedenih svojstava dobije se ukupno 40 različitih razreda materijala koja definiraju reakciju materijala u požaru.

Tablica 5. Eurorazredi reakcije na požar [34]

Eurorazred	Ponašanje materijala
A1	Negoriv materijal
A2	
B	Materijal ograničenog gorenja
C	Izgara u periodu od 10 do 20 minuta
D	Izgara u periodu od 2 do 10 minuta
E	Izgara u periodu od 2 minute
F	Materijal nema nikakvu otpornost na požar

Tablica 6. Dodatna razredba s obzirom na razvoj dima [34]

s1	Dopuštena mala količina dima
s2	Ograničena proizvodnja ali i porast količine dima
s3	Nije ograničena količina dima

Tablica 7. Dodatna razredba s obzirom na pojavu otkapavajućih čestica [34]

d0	Nije dopuštena pojava gorućih kapljica/čestica
d1	Ograničena pojava gorućih kapljica/čestica
d2	Nema ograničenja za pojavu gorućih kapljica/čestica

Svrstavanje građevnih proizvoda u određeni razred reakcije na požar provodi se temeljem rezultata ispitivanja navedenih u tablici 8., u okviru simulirane požarne situacije (prema fazama razvoja požara) na umanjenim uzorcima.

U europskom sustavu razredbe reakcije na požar, podne obloge i ostale površinske obloge se razmatraju posebno. One se, također, svrstavaju u sedam razreda označenih sa sufiksom fl (A_{fl}, A_{2fl}, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl}, E_{fl} i F_{fl}). Kod podnih obloga dodatna klasifikacija uključuje samo mogućnost širenja dima. Primjenjuju se iste prethodno spomenute ispitne metode (osim SBI ispitivanja), ali dodatno s ispitivanjem ponašanja pri gorenju uporabom uređaja za zračenje topline HRN EN ISO 9239 – 1 [38].

Tablica 8. Ispitne metode za klasifikaciju materijala prema svojstvu reakcije na požar

Razred	Norma ispitivanja	Naziv ispitivanja
A1	HRN EN ISO 1182 [35] i HRN EN ISO 1716 [36]	Ispitivanje negorivosti i toplinskog potencijala
A2	HRN EN ISO 1182 [35] ili HRN EN ISO 1716 [36] i HRN EN 13823 [33]	Ispitivanje negorivosti ili ispitivanje toplinskog potencijala i ispitivanje pojedinačnim gorućim elementom (SBI) ispitivanje
B	HRN EN 13823 [33] i HRN EN ISO 11925-2 [37]	SBI ispitivanje i ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena
C	HRN EN ISO 13823 [33] i HRN EN ISO 11925-2 [37]	SBI ispitivanje i ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena
D	HRN EN ISO 13823 [33] i HRN EN ISO 11925-2 [37]	SBI ispitivanje i ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena
E	HRN EN ISO 11925-2 [37]	Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena
F	Ponašanje nije određeno	Ispitivanje se ne provodi

U usporedbi sa do sada korištenom klasifikacijom gorivosti prema HRN DIN 4102-1 [32] (tj. podjelu na negorivi, teško gorivi, normalno gorivi i lakozapaljiv materijal), ne postoji nevažan opis za pojedini razred reakcije na požar, niti se spomenuti razredi mogu direktno prevesti u pojedinirazred gorivosti. Ipak svojstva ponašanja materijala prema obje klasifikacije mogu se povezati prema tablici 9.

Tablica 9. Usporedni prikaz razreda reakcije na požar (HRN EN) s razredima gorivosti (HRN DIN)

	Dodatni zahtjevi		HRN EN 13501-1	HRN EN 4102-1
	Nema razvoja dima	Nema gorućih kapljica/ čestica		
NEGORIV	x	x	A1	A1
	x	x	A2-s1, d0	A2
TEŠKO GORIV	x		B-s1, d0 C-a1, d0	B1
			A2-s2, d0	
			A2-s3, d0	
			B-s1, d1	
			B-s3, d0	
			C-s2, d0	
			C-s3, d0	
	x		A2-s1, d1	
			A2-s1, d2	
			B-s1, d1	
			B-s1, d2	
			C-s1, d1	
			C-s1, d2	
			A2-s3, d2	
NORMALNO GORIV		x	B-s3, d2	B2
			C-s3, d0	
			D-s1, d0	
			D-s2, d0	
			D-s3, d0	
			E	
			D-s1, d1	
			D-s2, d1	
			D-s3, d1	
			D-s1, d2	
			D-s2, d2	
			D-s3, d2	
LAKO			F	B3

3.2.2 Otpornost na požar konstrukcija

Otpornost na požar je sposobnost konstrukcije, dijela konstrukcije ili konstrukcijskog elementa da zadrži zahtijevana svojstva (svojstva nosivosti i/ili funkcija odjeljivanja požara) za određeno opterećenje, za određenu izloženost požaru ili za određenorazdoblje [39]. Pojedini građevni materijali ne posjeduju svojstvo otpornosti na požar, tj. otpornost na požar je svojstvo koje posjeduje isključivo konstrukcijski element koji se sastoji od jednog ili više materijala.

Otpornost na požar konstrukcija može se dokazivati preskriptivnim pristupom i tzv. *performance-based pristupom*. Preskriptivni pristup se temelji na ispunjenju zahtjeva za određenom otpornosti na požar standardiziranim ispitivanjima ili proračunom prema određenim proračunskim normama (Eurocode normama) i u praksi se najviše koristi.

Dokazivanje otpornosti na požar ispitivanjem

Dokazivanje otpornosti na požar konstrukcija i konstrukcijskih elemenata ispitivanjem provodi se u standardnim pećima. Osnovno načelo dokazivanja otpornosti na požar se sastoji u sljedećim postupcima:

- na konstrukcijski element se nanosi statičko opterećenje na način da se u njemu pojave naprezanja kakva se očekuju u konstrukciji čiji je ispitivani element dio,
- element se, zatim, u opterećenom stanju izloži određenom režimu *temperatura – vrijeme* (nazivne krivulje) dok ne dođe do otkazivanja ispitivanog elementa prema zadanim kriterijima.

Osnovni kriteriji obuhvaćaju sljedeća svojstva:

- Nosivost (označava se slovom R) određena je slomom pod određenim opterećenjem. Za dokazivanje nosivosti kriterij se odnosi na progibi u elementu (tj. granične vrijednosti progiba i brzina promjene progiba) djelomično zbog činjenice da se prilikom otkazivanja konstrukcije pojavljuju veliki progibi zbog nastanka plastičnih zglobova u gredama i pločama ili izvijanja zidova i stupova, a djelomično da bi se izbjeglo potpuno otkazivanje konstrukcije i posljedično oštećenje peći za ispitivanje i sustava za nanošenje opterećenje
- Cjelovitost (označava se slovom E) označava granicu koja osigurava da ne dođe do prodora plamena ili toplih plinova kroz element zbog pojave rupa i pukotina u elementu.
- Izolacija (označava se slovom I) postavlja uvjet pri kojem temperatura na neizloženoj strani neće postići prosječnu temperaturu višu od $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ili na lokalnim dijelovima $180\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Otpornost na požar nekih elemenata (požarnih zavjesa, požarnih premaza zaklopaca, obujmica, kabela, zatvarača i slično) mogu sadržavati i druge zahtjeve koji moraju biti zadovoljeni u slučaju djelovanja požara kao što su mehanička otpornost (M), toplinsko zračenje (W), automatsko zatvaranje (C), propusnost dima (S), kontinuitet strujnog i/ili signalnog napajanja (P ili PH), otpornost na čađu (G), sposobnost požarne zaštite (K), otpornost krova (BKROV (t1)) i drugo, kako je prikazano u tablici 10.
- Nazivne krivulje *temperatura – vrijeme* definiraju zakonitost razvoja temperature u vremenu u građevini ne uzimajući u obzir uvjete u samom objektu (požarno opterećenje, sustave ventiliranja objekta, sustave aktivne zaštite i sl.).

Ovisno o nacionalnoj regulativi pojedinih zemalja, primjenjuju se različite zakonitosti temperatura-vrijeme prikazane na slici 9, ali se najčešće koriste ove:

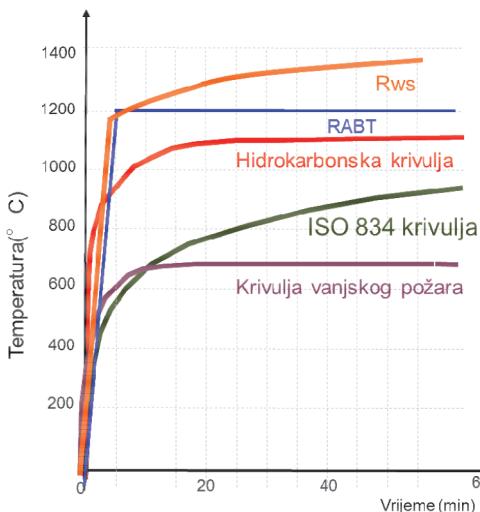
- krivulja standardnog požara – definirana s HRN EN 1363-1 [40] i predstavlja potpuno razvijeni požar u požarnom odjeljku
- krivulja vanjskog požara – za vanjske zidove koji mogu biti izloženi požaru iz različitih dijelova fasade
- krivulja ugljikovodika – predstavlja požar s hidrokarbonskim ili tekućim gorivom
- tunelske krivulje – RABT ili *Rijkwaterstaat*.

Tablica 10. Kriteriji pri dokazivanju otpornosti na požar ispitivanjem

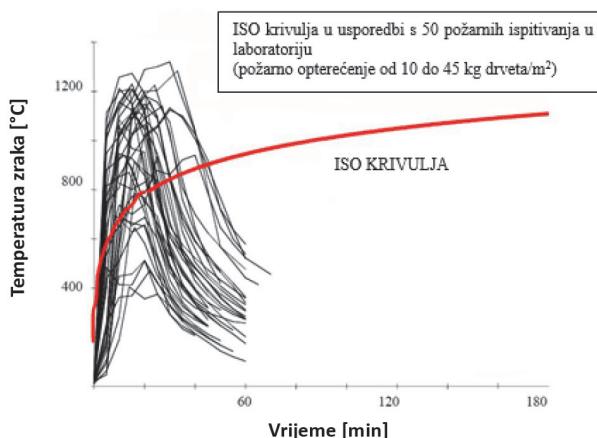
Kratika	Kratika od strane riječi	Značenje	Područje primjene
R	Resistance	nosivost	opis trajanja otpornosti na požar
E	Etancheite	prostorna cjelovitost	
I	Isolation	toplinska izolacija	
W		ograničenje prodora zračenja	sposobnost elementa konstrukcije da izdrži izloženost požara na jednoj strani
M	Mechanical	mehaničko djelovanje	sposobnost elementa da izdrži udar, gdje se promatra djelovanje koje može imati urušavanje susjednog konstrukcijskog elementa u požaru na element koji se ispituje
S	Smoke	Ograničenje propusnosti dima (brtvljenje, propusnost)	dimnozaštitna vrata (kao dodatak, također i kod požarnozaštitnih barijera za zatvaranje otvora), ventilacijska postrojenja, postrojenje za odvođenje dima i topline)
C	Closing	samozatvarajuće	dimnozaštitna vrata požarnozaštitnih barijera zatzvaranje otvora (uključujući i barijere na transportnim uređajima)
P		održavanje napajanja energijom u slučaju požara	električni kabelski razvod
PH			s ograničenim presjekom i pri ograničenoj uporabi

Rezultirajuća otpornost na požar se izražava kao vrijeme u minutama u kojem je element sposoban podnijeti izloženost standardnom požaru prije nego je dosegнуto granično stanje, tj. zaokruživanje na manju vrijednost - 15, 30, 60, 90, 120, 180 i 240 minuta.

Opisane krivulje vode potpuno razvijenom požaru što znači da nazivni požari ne odgovaraju realnoj situaciji i uzimaju se u obzir samo tijekom ispitivanja u standardnoj peći. Na slici 10. je prikazan odnos ISO 834 krivulje u usporedbi s mogućim krivuljama realnog požara koje ovise o različitim veličinama požarnog odjeljka, različitim vrijednostima požarnog opterećenja i sl.



Slika 9. Nazivne krivulje za ispitivanje otpornosti na požar konstrukcijskih elemenata



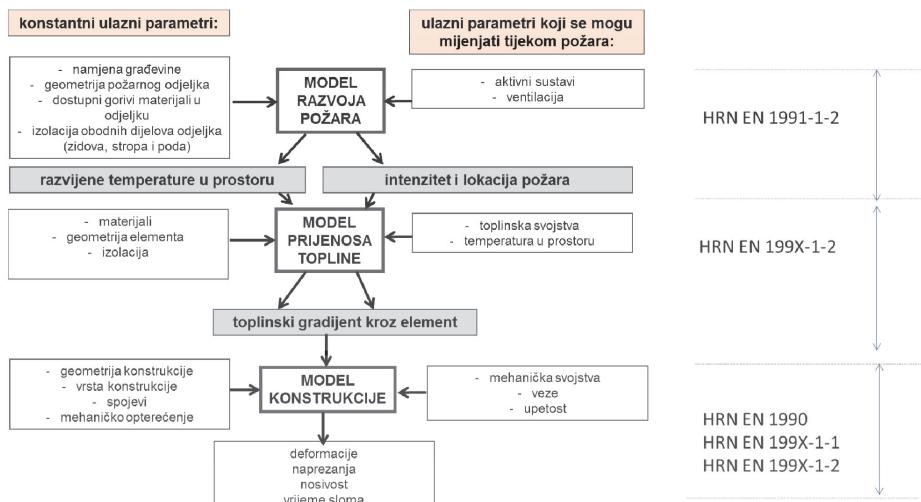
Slika 10. Usporedba standardne ISO krivulje s krivuljama realnog požara [41]

Dokazivanje otpornosti na požar prema europskim normama

Suvremenii dokaz otpornosti na požar konstrukcija, koji je opisan u pojedinoj europskoj normi, primjeni sofisticiranih računalnih modela kojima se mogu predvidjeti djelovanja od uobičajenog opterećenja i opterećenja požarom te nosivost konstrukcija i konstrukcijskih elemenata pod njihovim djelovanjem.

Glavni koraci kojima se dokazuje otpornost na požar te relevantni dijelovi europskih normi prikazani su na slici 11.

Dokaz otpornosti na požar se može provesti u tri osnovne domene kako je prikazano tablicom 11.



Slika 11. Dijagram tijeka dokazivanja otpornosti na požar

Tablica 11. Osnovne domene dokazivanja otpornosti na požar

Područje	Jedinica	Dokaz
Vrijeme	min ili h	$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$ $t_{fi,d}$ - proračunska vrijednost otpornosti na požar u vremenu $t_{fi,requ}$ - zahtijevano vrijeme otpornosti na požar (najčešće propisano regulativom)
Temperatura	°C	$\Theta_d \leq \Theta_{cr,d}$ Θ_d - proračunska vrijednost temperature materijala (regulativa) $\Theta_{cr,d}$ - proračunskavrijednostkritične temperature materijala
Čvrstoća	kN ili kNm	$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$ $R_{fi,d,t}$ - proračunska vrijednost otpornosti konstrukcijskog elementa u slučaju djelovanja požara u vremenu (regulativa) $E_{fi,d,t}$ - proračunska vrijednost mjerodavnog učinka djelovanja za slučaj djelovanja požara u vremenu t

Požar se smatra izvanrednim djelovanjem. Zbog toga, da bi se odredila relevantna djelovanja, $E_{fi,d,t}$, tijekom izloženosti požaru, mehanička djelovanja se moraju kombinirati prema HRN EN 1990 [42] kao izvanredna kombinacija djelovanja.

Kao pojednostavljenje kod dokaza otpornosti na požar, utjecaj djelovanja se može umanjiti od djelovanja koja su određena na sobnoj temperaturi, prema:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d$$

gdje je:

E_d - proračunska vrijednost relevantnih učinaka djelovanja iz osnovne kombinacije djelovanja prema HRN EN 1990 [42].

η_{fi} - faktor redukcije/smanjenja definiran pojedinom europskom normom (1992-1996) jednak omjeru djelovanja u slučaju požara i djelovanja uslijed uobičajenih/sobnih temperatura

R_d - proračunska vrijednost otpornosti elementa na sobnoj temperaturi.

Primjerice, ako je kombinacija opterećenja za požar $G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}$ a kombinacija opterećenja za sobne temperature $\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$, onda je faktor redukcije/smanjenja, η_{fi}

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

Kao sljedeće pojednostavljenje, za dokazivanje otpornosti na požar bez proračuna, za faktore redukcije se mogu uzeti sljedeće vrijednosti:

- $\eta_{fi} = 0,7$ za betonske konstrukcije
- $\eta_{fi} = 0,65$ za čelične konstrukcije, kompozitne čelik/beton, aluminijске i zidane konstrukcije
- $\eta_{fi} = 0,60$ za drvene konstrukcije.

Više o samom dokazu se može pronaći u relevantnim europskim normama ili u [43-44].

Izolacijski materijali koji služe za zaštitu od požara konstrukcijskih elemenata

Na tržištu se danas mogu pronaći mnoge vrste materijala koji služe za sprječavanje/usporavanje prijenosa topline, a to su toplinske izolacijske barijere (najčešće mineralna vuna, ekspandirane vrste agregata i celulozna vlakna), endotermni materijali (cementni kompoziti, gips) i premazi.

Mineralna vuna je potpunosti negorivi materijal koji može izdržati visoke temperature do 1000 °C. Iznad temperature od 1000 °C počinje se otapati. Najčešće se koristi za izolaciju krovova, protupožarne barijere kod gorivih fasadnih sustava za sprječavanje vertikalnog i horizontalnog širenja, kao požarno otporna jezgra za sendvič panele, kao zaštita za elemente čeličnih konstrukcija i vatrootporna zaštita instalacijskih kanala.

Negoriva priroda ekspandiranog agregata (npr. perlita, gline, vermiculita i sl.) zajedno s dobroim izolacijskim svojstvima čini ovu vrstu zaštite elemenata na bazi cementnog kompozita. Celulozna izolacija se radi na bazi recikliranog papira, novinskog papira, kartona ili sličnih materijala i predstavlja jednu od najboljih ekomaterijala koji se koriste za toplinsku izolaciju. Također, za ovu namjenu se koriste i endotermni materijali koji uključuju beton i gips. Beton je dugo vremena smatran kao požarno otpornim i negorivim materijalom.

Međutim, betonu visokih čvrstoća, zbog niske propusnosti i bolje kompaktnosti mikrostrukture ovih vrsta betona, povećan je rizik eksplozivnog odlamanja pa se ne preporučuju za zaštitu čeličnih konstrukcija u uvjetima visokih temperatura, kao ni prskani beton, koji je osim eksplozivnom odlamanju izložen riziku pojave pukotina, odlamanju pojedinih slojeva i sl. Nadalje betonske obloge na čeličnim elementima povećavaju vlastitu težinu samog elementa [45].

U posljednje vrijeme se sve više istražuju alternativna veziva portlandskom cementu, tj. alkalnoaktivirana veziva ili geopolimeri koji zadržavaju svoja svojstva i na visokim temperaturama. Tako na primjer, nakon djelovanja temperature od 1200 °C, alkalnoaktivirana veziva zadržavaju dobra svojstva, a kod veziva na bazi portlandskog cementa, degradacija se opaža već nakon djelovanja temperature od 400 °C.

Kao pasivna zaštita od požara, alkalnoaktivirani materijali se ponašaju kao i ostali endotermni materijali.

Za razliku od betona, alkalnoaktivirana dulje zadržavaju mehanička svojstva, ne pojavljuje se eksplozivno odlamanje. Dodatno ne gore, ne proizvode toksične plinove ili dim, tako da predstavljaju "eco-friendly" materijal uporabom na sobnoj temperaturi i na visokim temperaturama.

Gips (kalcijski sulfatni dihidrat) kristalno je oblikovan mineral koji se nalazi u sedimentnoj stjeni. Gipsane ploče su učinkovita pasivna zaštita od požara. Gips sadržava 3 % slobodne i oko 20 % kemijski vezane vode, koja može ispariti tijekom požara i pridonijeti smanjenju temperature u unutrašnjosti konstrukcijskog elementa, kako je opisanoprije. Štoviše, ploče od gipsa su potpuno negorive tako da i nakon isparavanja cjelokupne vlage zadržavaju izolacijska svojstva [46].

Podjela prostora na požarne i dimne odjeljke

Požarni odjeljak je dio građevine koji je odijeljen od ostalih dijelova građevine pregradnom konstrukcijom i elementima određene otpornosti na požar, a dimni odjeljak je dio građevine koji je odijeljen od ostalih dijelova građevine pregradnom konstrukcijom i elementima određene propusnosti dima.

Građevina se dijeli na požarne i/ili dimne odjeljke, ovisno o njenoj namjeni i ostalim parametrima (požarno opterećenje, zaposjednutost prostora, visina, sustavi za automatsku dojavu i gašenje požara i drugo). U pravilu, u posebne požarne odjeljke izdvajaju se:

- prostori s povećanim požarnim opterećenjem
- prostori s povećanim stupnjem opasnosti za izbijanje požara i eksplozija
- vodoravni i okomiti putove za izlaženje i provođenje akcije spašavanja i gašenja
- vodoravni i okomiti kanali (venilacijskih i klimatizacijskih sustava i slično) koji međusobno povezuju više požarnih sektora
- ventilacijske i klimatizacijske komore
- prostori za smještaj dizala i pripadajućih pogonskih uređaja
- prostori u koje su smješteni uređaji, oprema, sredstva i mediji za gašenje požara
- prostori za smještaj uređaja za povišenje tlaka
- podrumske i tavanske etaže
- drugi prostori s povećanom opasnošću od izbijanja požara i/ili eksplozija.

Veličine požarnih odjeljaka građevina određuju se prema posebnim propisima za pojedinu vrstu građevine, što ovisi o nizu čimbenika kao što su:

- požarno opterećenje
- otpornost građevine na požar
- katnost zgrade

- vrsta tehnološkog procesa
- postojanje uređaja za automatsko gašenje požara
- postojanje uređaja za automatsko otkrivanje požara i dr.

Prema sadašnjim popisima (tj. prema Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara NN 29/13 i 87/15), u ovom području kod nadzemnih etaža stambene namjene požarni odjeljak može biti maksimalne neto tlocrtne površine do 1200,00 m², a uredske namjene do 1600,00 m². Dužina odjeljka ne smije prelaziti 60,00 m, a požarni odjeljak može se rasprostirati najviše na četiri nadzemne etaže. Veličina požarnog odjeljka prostora u podzemnim etažama koji su u funkciji stambene i uredske namjene ne može biti veća od 800,00 m². Konstrukcije i elementi koji razdvajaju požarne i/ili dimne odjeljke dijele se na:

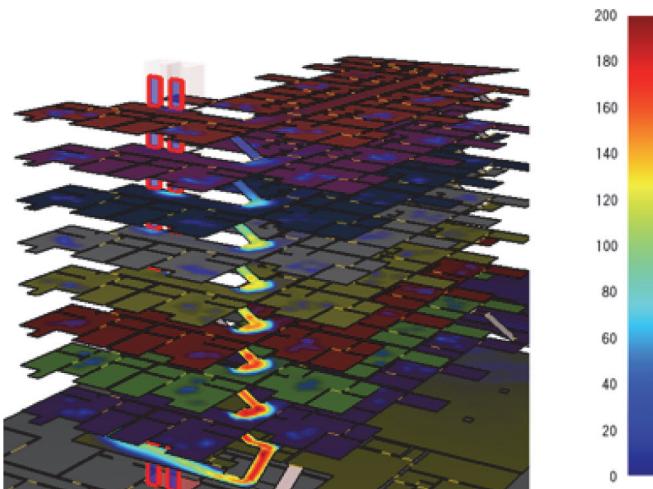
- požarne zidove (unutarnje i vanjske), koji se grade kao neprekinute konstrukcije od temelja do krova,
- druge pregradne konstrukcije i elemente otporne na požar i/ili na granici požarnog i/ili dimnog odjeljka.

Otpornost na požar konstrukcije požarnog zida mora biti najmanje REI-M 90, a građevni proizvodi koji su ugrađeni u požarni zid moraju biti najmanje reakcije na požar A2-s1d0. Iznimno, umjesto neprekinutih požarnih zidova, mogu se graditi i požarni zidovi u kombinaciji sa stropovima bez otvora (primjerice kod razdvajanja zgrada različite visine) iste otpornosti i reakcije na požar.

3.2.4 Evakuacijski putovi

Sigurnost ljudi u zgradama u uvjetima požara osigurava se planiranjem evakuacije i osiguranjem slobodnih i prohodnih evakuacijskih putova kroz zgradu. Evakuacijskim putovima iz građevine smatraju se posebno projektirani i izvedeni putovi koji vode od bilo koje točke u građevini do vanjskog prostora ili sigurnog prostora u građevini, čiji parametri (otpornost na požar, reakcija na požar materijala, širina, visina, označavanje, nužna rasvjeta i dr.) omogućuju da osobe zatečene u požaru mogu sigurno (samostalno ili uz pomoć spasilača) napustiti građevinu.

Osnovni princip pri projektiranju i izvedbi putova za izlaženje jest taj da osobe ugrožene u požaru imaju mogućnost izlaska u najmanje dva različita smjera, kako bi se u slučaju prodora vatre i dima u jedan dio izlaznog puta mogao koristi drugi. Pravila projektiranja i izvedbe evakuacijskih putova definirani su propisima, međutim danas se u svijetu primjenjuju i različiti simulacijski modeli evakuacije, npr. Pathfinder, Exodus itd., slika 12.



Slika 12. Modeliranje evakuacije visoke zgrade pomoću Pathfindera [46]

3.3 Aktivne mjere zaštite od požara

To su sustavi koji u uvjetima požara bitno mijenjaju svoj status, tj. pogonsko stanje u odnosu na redovni režim rada ili se samo u slučaju požara aktiviraju i djeluju, a sve radi gašenja i/ili ograničenja širenja požara i dima, te ostvarivanja što povoljnijih i sigurnijih uvjeta za evakuaciju ljudi i djelovanje vatrogasaca i ostalih interventnih službi.

U pravilu, sustavi aktivne zaštite od požara u svom se djelovanju dopunjaju s mjerama pasivne zaštite od požara u građevinama, koje su primarno sadržane u arhitektonsko-građevinskim principima projektiranja (urbanističko planiranje, požarno sektoriranje građevina itd.), u korištenju materijala s nižim razredom reakcije u požaru i primjeni građevinskih elemenata s propisanim razredom otpornosti na požar. Djelovanje spomenutih pasivnih mjer zaštite od požara i sustava aktivne zaštite od požara, kao i njihova interakcija u uvjetima požara predstavljaju integralni koncept zaštite od požara, koji je jedinstvena i neponovljiva karakteristika svake građevine. Gotovo da se ne mogu pronaći dvije različite građevine koje imaju identičan koncept zaštite od požara u svim eksploatacijskim uvjetima. Iz tog razloga postizanje ravnoteže pasivnih i aktivnih mjer zaštite od požara, uz zadovoljavanje vrlo kompleksnih sigurnosno-tehničkih i ekonomskih kriterija izbora, predstavlja izazovan zadatak za svakog projektanta, a prepostavlja značajno iskustvo i znanje iz područja požarnog inženjerstva.

Po svom karakteru, pasivne mjeru zaštite od požara su imanentno sadržane u arhitektonsko-građevinskoj izvedbi građevine, te je njihova pouzdanost, postojanost i funkcionalnost u uvjetima požarnog akcidenta značajno veća od sustava aktivne zaštite od požara. Naime, sustavi aktivne zaštite od požara, kao i svi drugi tehnički sustavi, imaju određeni stupanj ne-pouzdanosti u radu ili opasnost otkazivanja sustava u cijelini u trenutku kada je operativnom strategijom predviđeno njegovo aktivno djelovanje. Iz tog razloga, u određenim projektantskim krugovima postoji izvjesna rezerva u ekstenzivnom korištenju spomenutih sustava aktivne zaštite od požara, pogotovo ako nisu izričito propisani tehničkom regulativom za kon-

kretno područje primjene. Međutim, ograničena primjena aktivnih mjera zaštite od požara ili njihov izostanak u cijelosti znatno komplicira provedbu projektantske zamisli, s obzirom na to da se niz karakterističnih parametara projektiranja, kao što su npr. veličina/površina požarnih odjeljaka i dimnih bazena, dužine evakuacijskih putova, visine skladištenja i slično moraju odabratи prema znatno konzervativnijim i restriktivnijim kriterijima.

Na primjer, vrlo često se u praksi susrećemo sa zahtjevima investitora da se eliminira ugradnja *sprinkler* instalacije u određenom prostoru građevine, s ciljem finansijske optimizacije projekta i nužnih redukcija u opsegu djelovanja tehničkih sustava koji participiraju u zaštiti od požara. Pri tome se ne vodi računa da izostanak *sprinkler* instalacije istovremeno vodi prema smanjivanju dopuštene površine požarnih odjeljaka te povećavanju projektne požarne snage (HRR-Heat Release Rate). Jedna od posljedica može biti povećanje potrebnog kapaciteta sustava odimljavanja, odnosno u pravilu rezultira povećanjem toplinskog opterećenja nosivih elemenata građevine. Drugim riječima, inicijalno smanjenje cijene zbog izostanka *sprinkler* instalacije u konačnici može završiti s povećanjem troškova izgradnje i opremanja uslijed složenijeg požarnog sektoriranja i ugradnje većeg i zahtjevnijeg sustava odvođenja topline i dima.

Tehničke izvedenice sustava aktivne zaštite od požara vrlo su brojne i stoga je teško obaviti konzistentnu klasifikaciju tih sustava. Posebnu poteškoću čine brojni hibridni sustavi koji predstavljaju kombinaciju klasičnih sustava aktivne zaštite od požara (npr. *Victualic Vortex* hibridni sustav, kao kombinacija vodenog i plinskog stabilnog sustava za gašenje požara). Kao jednu od mogućih podjela ove vrlo raznolike grupe tehničkih sustava navodimo sljedeću temeljnu podjelu:

- Sustav za dojavu požara (uvjetno se uključuje u ovu podjelu → aktivira ostale sustave aktivne zaštite!)
- Stabilni sustavi za gašenje požara (akronim FFFS – engl. *Fixed Fire Fighting Systems*):
 - vodeni sustavi (hidrantska mreža, *sprinkler* instalacija, vodene zavjese, visokotlačna vodena magla (tzv. *High-Fog*) [48] i dr.)
 - plinski sustavi (CO_2 , FM-200, Novec 1230 i dr.)
- Sustavi diferencijalnog tlaka (nadtlakačna ventilacija)
- Sustav za odvođenje dima i topline (ODT)
 - prirodno odimljavanje
 - mehaničko odimljavanje
- Specijalni sustavi (npr. redukcija postotaka kisika u zraku).

3.3.1 Sustav vatrodojave

Sustav vatrodojave, odnosno sustav za dojavu požara je sustav za dojavu opasnosti koji se rabi za direktni poziv u pomoć kod opasnosti od požara i/ili otkrivanje i dojavljivanje požara u njegovoj najranijoj fazi. Vatrodojavni sustav može se kombinirati s ostalim sustavima, odnosno može upravljati ostalim sustavima aktivne zaštite od požara nakon detekcije požara. U kompleksnim objektima podaci sustava vatrodojave prosljeđuju se do nadzornog centra. Rad sustava definiran je hrvatskim propisima u okviru Pravilnika o sustavima za dojavu požara (NN br. 56/99).

3.3.2 Stabilni sustavi za gašenje požara

Osnovni i najzastupljeniji stabilni sustav za gašenje požara u građevinama je hidrantski sustav (hydrantska mreža). Međutim njegovo korištenje je **manualno** (ručna mlaznica za gašenje!) i zahtijeva makar minimalno znanje o rukovanju. Namijenjen je prije svega vatrogascima, a eventualno i korisnicima požarom ugroženog prostora. S obzirom na lokaciju hidrantska mreža može biti:

- vanjska
- unutarnja.

S obzirom na pogonsko stanje može biti:

- "suhा"
- "mokra".

Rad hidrantskog sustava definiran je propisima iz Pravilnika o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/2006). Za razliku od hidrantske mreže, ostali stabilni sustavi za gašenje požara su **automatski**. Princip rada tih sustava uglavnom se zasniva na dojavu požara u štićenom prostoru. Na osnovi dojave se aktivira sustav za gašenje, a sredstvo za gašenje se dovodi u štićeni prostor razvodnim cjevovodima i mlaznicama. Sredstvo za gašenje, ovisno o tipu, gasi požar koristeći jedan od sljedećih efekata:

- gušenje požara blokadom pristupa kisika
- kemijska inhibicija požarnog procesa
- hlađenje samog požarišta
- kombinacijom nekih od navedenih efekata.

Podjela stabilnih sustava za automatsko gašenje požara, s obzirom na medij za gašenje:

- vodeni sustavi (sprinkler, vodena magla) → kombinirani sustavi voda-pjena
- plinski sustavi.

Vodeni sustavi automatskog gašenja kao medij koriste vodu, odnosno mješavinu vode s različitim vrstama pjena (akronim AFFF- engl. *Aqueous Film Forming Foam*). Kad bi se upotrijebila voda kao sredstvo za gašenje, postižu se različiti učinci gašenja ovisno od tlaku vode (od maks. 10 bara kod sprinkler instalacije do 150 bara kod sustava "visokotlačne vodene magle"!). Vodeni sustavi gašenja imaju široko područje primjene (od industrijskih postrojenja do trgovачkih centara), međutim prilikom gašenja u pravilu gotovo uvijek uništavaju robu, opremu i inventar.

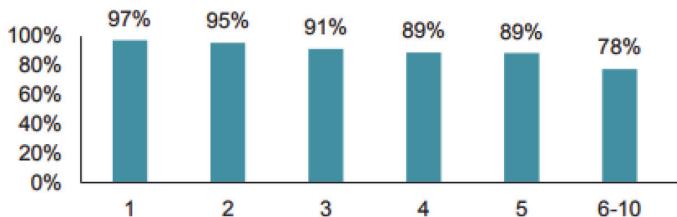
3.3.3 Sprinkler sustavi

Sprinkler sustavi su najčešće korišteni automatski sustavi gašenja u zaštiti građevina od požara. U praksi su često primjenjene smjernice NFPA 13 (USA) i VdS CEA 4001 (Njemačka) kojima se definira projektiranje i izvedba sprinkler sustava i postrojenja. Razlikujemo sljedeće sprinkler sustave:

- “mokre”
- “suhe”.

Kod “mokrog” sustava voda je pod pritiskom stalno u cjevovodima, što je primjereno grijanim prostorima. Kod “suhog” sustava, koji se može koristiti i za područja s niskim ili s vrlo visokim temperaturama, u cjevovodima je u pripravnom stanju stlačeni zrak, a voda dolazi nakon aktiviranja sprinkler mlaznice. Sprinkler sustavi su vrlo selektivni u svom djelovanju i zbog toga su štete prouzročene radom sprinkler sustava minimalne. Prema izvoru [47], potvrđeno je da je u većini slučajeva potrebno samo nekoliko mlaznica za djelotvornu borbu s požarom (slika 13.).

Sprinkler sustav zapravo ne gasi požar, ali ga drži pod kontrolom i sprječava njegovo širenje do dolaska vatrogasaca. U tom smislu sprinkler sustavi se obično dimenzioniraju za lokaliziranje požara. Međutim, u slučaju požara koji imaju potencijalnu mogućnost razvijanja velikih požarnih snaga, kao što su npr. požari u visokoregalnim skladištima, razvijen je i ispitani sprinkler sustav namijenjen prije svega za gašenje požara, tzv. ESFR sustav (*Early Suppression Fast Response*).



Slika 13. Djelotvornost aktiviranih sprinkler mlaznica u uvjetima požara [47]

3.3.4 Deluge (drencher) sustavi

“Deluge” (njem. *drencher*) ili sustavi za gašenje raspršenom vodom (“*Water spray systems*”) specijalizirani su protupožarni sustavi koji su razvijeni za gašenje požara u zonama s visokim požarnim opterećenjima podložnim brzom širenju požara.

Sustav za gašenje požara raspršenom vodom protupožarni je sustav vrlo sličan sprinkler sustavu. Razlika u odnosu na sprinkler sustav je u tome što se kod sprinkler sustava aktiviraju samo mlaznice zahvaćene požarom, dok su kod *deluge* sustava mlaznice u stacionarnom stanju otvorene, a kod aktiviranja sustava mlaz vode izlazi na svim mlaznicama istovremeno. Ti sustavi moraju imati izvore vode velikih kapaciteta kako bi ju mogli raspršiti iznad velikog područja u relativno kratkom vremenu, što rezultira velikom brzinom i efikasnošću gašenja.

Plinski sustavi za gašenje požara nove generacije, kao što su npr. FM-200 i Novec 1230, zamjenjuju tradicionalne sustave koji su radili s plinovima CO₂ i halonom. Naime, CO₂ je imao vrlo široko područje primjene i gasio je požare koristeći efekt “gušenja”, međutim u koncentracijama za gašenje (cca 35 %) opasan je za život i moraju se poduzeti dodatne mjere sigurnosti koje bi neutralizirale rizik od gušenja. Nadalje, CO₂ je štetan za okoliš zbog dopriroda stvaranju tzv. “stakleničkog efekta” i zakoni su sve rigorozniji prema ispuštanju CO₂ u

atmosferu. S druge strane, halon ima vrlo visok potencijal uništavanja ozonskog omotača (ODP - engl. *Ozone Depletion Potential*) zbog halogenih elemenata, te se bez obzira na svoju efikasnost u gašenju požara zamjenjuje novim plinovima.

Tablica 12. Usporedba koncentracija plinskih sredstava za gašenje

SREDSTVO	PROJEKTNA KONCENTRACIJA [%]	MDK vrijednost (maks. dopuštena koncentracija koja ne predstavlja opasnost za ljude) [%]
FM-200	8	9
CO ₂	30 - 45	< 5
NOVEC 1230	5,30	10

3.3.5 Sustavi diferencijalnog tlaka

Sustavi diferencijalnog tlaka najširu primjenu imaju u nadtlačnoj ventilaciji evakuacijskih stubišta, tzv. vatrogasnih vertikala i ostalih prostora koji se projektiraju kao pouzdano ne-zadmljene zone u uvjetima požara (npr. ukrcajni mostovi u zračnim lukama).

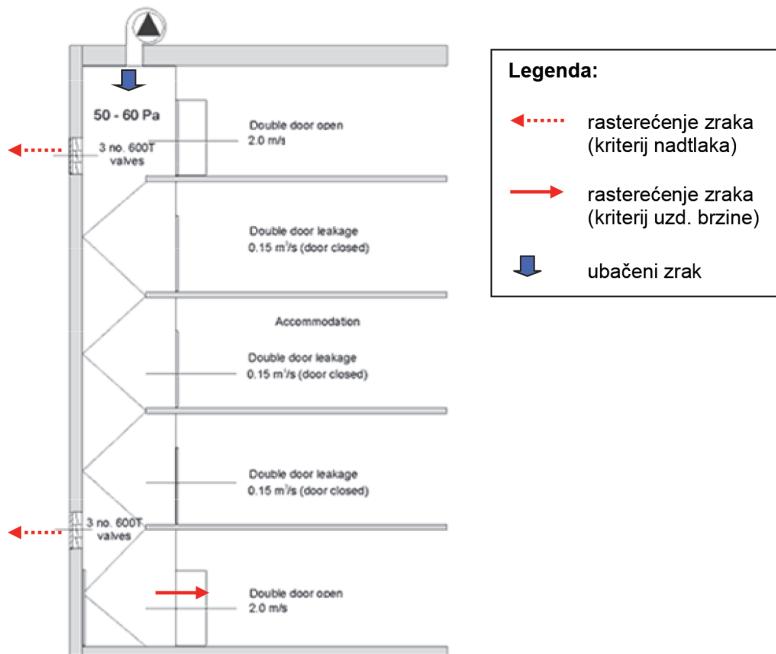
Tablica 13. Usporedba različitih sredstava za gašenje (jedno vodeno itri plinska)

	Sustav visokotlačne vodene magle	NOVEC 1230	CO ₂	FM-200
Rashladni efekt	veliki	nema	nema	nema
Inerting efekt (istiskivanje kisika)	Lokaliziran na izvoru vatre	Po cijelom volumenu prostora	Po cijelom volumenu prostora	Po cijelom volumenu prostora
Utjecajnajlude i okoliš	nema	U projektnim koncentracijama nije opasan / ne razgrađuje ozon	Opasnost od gušenja / efekt staklenika	U projektnim koncentracijama nije opasan / ne razgrađuje ozon
Vrijeme upozorenja	nije potrebno	nije potrebno	neophodno	nije potrebno
Oštećenja električnih komponenata	zanemariv	nema	nema	nema
Zahtjevi za zatvaranjem prostora	nema	da	da	da
Cerifikacija u RH	ne	da	da	da

Sukladno primjenjenoj europskoj regulativi preuzetoj u RH, vatrogasne vertikale se štite sustavom klase B, prema normi HRN EN 12101-6 (Sustavi za upravljanje dimom i toplinom - 6. dio: *Specifikacija sustava diferencijalnog tlaka*).

U slučaju požara unutar građevine, mehanička nadtlačna instalacija treba održavati razliku tlaka (kriterij "nadtlaka") preko zatvorenih vrata stubišta, odnosno osigurati uzdužnu brzinu

zraka kroz otvorena vrata (kriterij "uzdužne brzine") na katuugroženom požarom, kako bi se onemogućila infiltracija dima u štičene prostore vertikalna (stubišta, dizala i pred prostori).



Slika 14. Principijelna shema nadtlakne ventilacije stubišta prema HRN EN 12101-6

Sustav nadtlaka oblikovan je tako da zadovolji minimalne razlike tlaka, ali neće premašiti maksimalnu razliku tlaka između stubišta i okolnih prostora, zbog ograničenja sile potrebne za otvaranje vrata. Kako bi se omogućilo u vatrogasnim vertikalama (evakuacijskim i vatrogasnim stubištima i preprostorima) održavanje nadtlaka od 50 Pa (maks. 60 Pa), odnosno 45 Pa prema okolnim prostorima, na vanjskim zidovima i spojnim kanalima se ugrađuju rasteretne rešetke za kontrolu tlaka, tzv. "prekotlačni ventili", koji su tvornički podešeni na traženi tlak otvaranja (50 Pa) i projektirani protok zraka.

3.3.6 Sustavi za odvođenje dima i topline (ODT)

Spomenuta problematika pripada užem području zaštite od požara građevina, koja se u sklopu aktivnih mjera zaštite od požara naziva "odvođenje dima i topline", skraćeno ODT. Pojavljuje se u inozemnoj literaturi kao akronim:

- RWA - *Rauch und Wärme Abzugsanlagen* (njem.)
- SHEVS (SHEV) – *Smoke and Heat Exhaust Ventilation Systems* (engl.)

Osnovni su ciljevi tehničkih sustava za odvođenje dima i topline (u dalnjem tekstu: odimljavanja) su u sljedećem:

- osigurati pravovremenu i efikasnu odvodnju dima iz objekta ugroženog požarom, kako bi se pristupni putovi kao i putovi za evakuacije održali slobodni od dima. Time se omogućavaju uvjeti za sigurnu evakuaciju ljudi i za uspješnu intervenciju vatrogasaca dok je požar još u ranoj fazi
- rasteretiti konstruktivne elemente građevine od izravnog toplinskog utjecaja dima prilikom njegova širenja objektom (izražen efekt tzv. stratifikacije dima zbog termičkog uzgona!)
- prolongirati, odnosno spriječiti potpuno nekontrolirano rasplamsavanje požara (tzv. "flashover") i uspostaviti potpuno razvijeni požar
- smanjiti oštećenja uslijed agresivnog djelovanja raznih komponenti u dimnim plinovima.

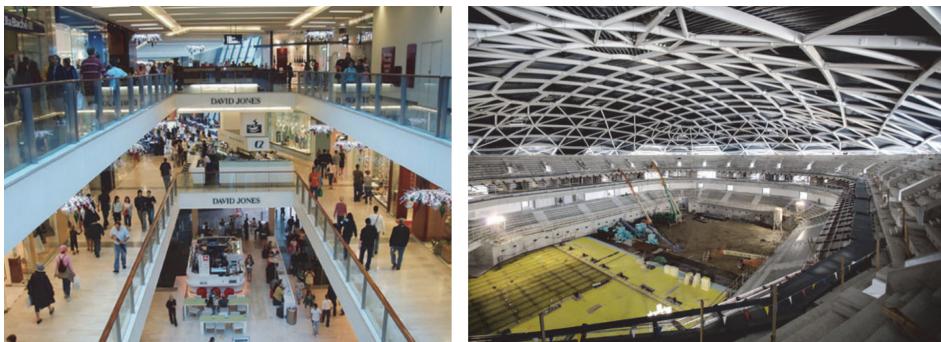
Temeljna podjela sustava za odimljavanje:

Sustavi prirodnog odimljavanja, gdje je gradijent tlaka, tj. pokretačka sila potrebna za odimljavanje ostvarena tzv. "termičkim uzgonom", zbog razlike u gustoći vrućeg dima i okolnog hladnijeg zraka.

Sustavi prisilnog (mehaničkog) odimljavanja, gdje je gradijent tlaka, tj. pokretačka sila potrebna za odimljavanje ostvarena radom mehaničke ventilacije.

Prvi izbor projektanta je sustav prirodnog odimljavanja. Međutim, radi se o sustavu koji je vrlo osjetljiv na poremećajne faktore (vjeter, preveliku brzinu dostrujavanja svježeg zraka, arhitektonske prepreke, položaj kupola i sl.). Područja primjene sustava za odimljavanje:

- Općenito gledano, to su građevine kod kojih njihove velike dimenzije, komplikirani oblici i prostorna konfiguracija zahtijevaju kontrolu širenja dima. U takvu se grupu objekata implicitno ubrajam i oni s velikim brojem korisnika koji se kreću unutar velikih zatvorenih prostora.
- Karakteristični objekti za primjenu ODT sustava su:
 - atrijske građevine
 - natkriveni jednokatni i višekatni trgovački centri (mall-ovi) i slični prodajni prostori velikih volumena
 - sportske dvorane
 - teatri i kazališta
 - zatvorena parkirališta
 - tuneli (eksplicitno navedeno u EN 12101-5).



Slika 15. Karakteristični objekti za primjenu ODT sustava (trgovački centri, sportske dvorane i sl.)

3.3.7 Specijalni sustavi

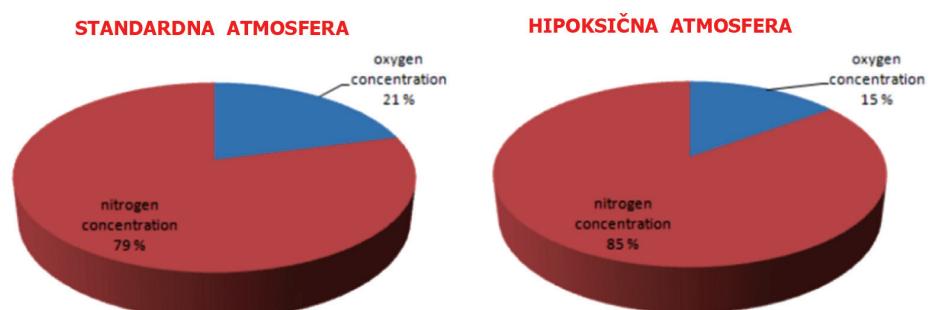
U ovu grupu sustava aktivne zaštite od požara mogu se svrstati mnogi sustavi koji ne ulaze u prethodno navedenu temeljnu podjelu. U nastavku će se dati opis specijalnog sustava pod nazivom:

SUSTAV ZRAČNE TEHNOLOGIJE ZA ODRŽAVANJE HIPOKSIČNE ATMOSFERE (*Hypoxic Air Technology – HAT*)

Radi se o sustavu koji za razliku od ostalih sustava aktivne zaštite, koji u pravilu mijenjaju svoj status rada prilikom pojave i detekcije požara, ne mijenja svoj status rada. Tehničkim sustavom aktivne zaštite se kontinuirano održava hipoksična atmosfera u štićenom prostoru, te na taj način sprječava inicijalno zapaljene i nastanak požara → preventivno djelovanje!

Hipoksija (lat. hypoxia) je stanje smanjene količine kisika u stanicama i tkivu, što ima za posljedicu poremećaj u funkciranju organa, sustava i stanica. Prema analogiji s ovim medicinskim terminom, atmosferu s reduciranim količinom kisika (smanjenim parcijalnim tlakom kisika) nazivamo "hipoksičnom atmosferom".

Tehničkim mjerama ostvarena hipoksična atmosfera, radi prevencije nastanka požara ne utječe značajno na zdravlje korisnika štićenog prostora, jer se radi o tolerantnim vrijednostima koncentracije kisika (12-16 %)! U pravilu se oko 5 % kisika u zraku tehničkim mjerama smanjuje i zamjenjuje dušikom.



Slika 16. Sadržaj standardne i "hipoksične" atmosfere [50]

Temeljni princip djelovanje je fizikalna činjenica da pri postignutim reduciranim postotcima kisika u zraku (volumno 14 – 15 %) ne može doći do inicijalnog zapaljenja gorive tvari. Sustavi zračne tehnologije za stvaranje hipoksične atmosfere u cilju prevencije požara primjenjuju se najčešće u slijedećim slučajevima:

- Garaže i skladišta za vozila
- Muzeji i knjižnice s vrijednim artefaktima
- Prostori Informacijsko-komunikacijske tehnologije (ICT).

Osim prevencije nastanka požara, kao primarnog cilja, sustavi s hipoksičnom atmosferom imaju kombiniranu ulogu očuvanja vrijedne muzejske građe → reducirana koncentracija kisika smanjuje intenzitet oksidacije (starenja!). Izuzetno važno kod čuvanja inkunabula i druge vrijedne građe organskog porijekla!

Opisano postizanje hipoksične atmosfere u štićenim prostorima postiže se pomoću generatora hipoksičnog zraka, koji su ustvari generatori dušika.

4 Tendencije razvoja požarnog inženjerstva u Hrvatskoj

Stvarana provedba preuzetog europskog pristupa u području zaštite od požara, osim formalnog preuzimanja, zahtijeva stvaranje odgovarajuće dugoročne strategije kojom bi se ti zahtjevi mogli provesti u realnom roku. Radi se o složenom sustavu u kojem je prvi i temeljni podsustav (kao i obično) sustav edukacije. On se odnosi na odgovarajuće obrazovanje budućih inženjera (projektanata) koji bi im omogućio stjecanje potrebnih znanja kako bi mogli projektirati i u području zaštite od požara na način predviđen europskom regulativom.

Djelovanje požara na građevinske objekte kao "novo" precizno definirano "opterećenje" izjednačeno je u europskoj zakonskoj i tehničkoj regulativi s ostalim, do sada uobičajenim opterećenjima građevine. Obzirom na ograničenja dosadašnjeg pristupa projektiranju zaštite od požara koje se u većini zemalja temeljilo na propisima, u posljednjih deset godina pokrenuti su istraživački projekti s tematikom zaštite od požara a koji su doveli do razvoja nove inženjerske discipline pod nazivom Požarno inženjerstvo.

Požarno inženjerstvo se može definirati kao primjena znanstvenih i inženjerskih principa u domeni zaštite od požara s ciljem smanjenja gubitaka ljudskih života i materijalne štete na način da se kvantificiraju potencijalni rizici i opasnosti i omogući optimalno rješenje primjenom preventivnih i zaštitnih mjera zaštite od požara [44].

Kako se vidi iz definicije, osnovni cilj Požarnog inženjerstva je razvoj znanstvenih metoda kojim bi se došlo do objektivnije ocjene djelovanja požara na ljude i građevine u konkretnoj situaciji, a time i povećanja sigurnosti osoba i objekata. Pri tome je od bitnog značaja utvrđivanje granice tzv. prihvatljivog i realnog rizika i s tim u vezi ekonomičnost primijenjenih mjera. Ovo je posebno vidljivo kad se mjere zaštite od požara propisane postojećom regulativom usporede s mjerama zaštite od požara određenih metodama požarnog inženjerstva. U pravilu je evidentna neselektivnost regulative u kojoj su određene mjere propisane "po osjećaju" zakonodavca što nerijetko dovodi do pretjerivanja (posebno u dijelu vatrootpornosti konstrukcije) ili do međusobne neusklađenosti zahtjeva unutar istog propisa, a često i između propisa iz područja zaštite od požara u cjelini. U tom smislu metode požarnog

inženjerstva su konzistentne jer se baziraju na znanstvenim principima te nude najbolja sigurnosna rješenja koja su ujedno i ekonomski prihvatljiva za investitora.

Tendencija je da se inženjeri potiču na primjenu naprednih proračunskih modela ponašanja konstrukcija u slučaju djelovanja požara za razliku od primjene dosadašnjeg tradicionalnog postupka koji se temeljio na ispitivanju vatrootpornosti pri standardnom požaru.

Znanstvene metode pri definiranju zahtjeva i proračunu požarne sigurnosti objekata obuhvaćaju:

- proračun i procjenu djelovanja topline i dima na ljudi i građevinu
- izračun otpornosti na požar konstrukcijskih elemenata građevine
- ocjenu i proračun ponašanja građevinskih materijala u smislu njihove zapaljivosti, širenja plamena, isijavanja topline, razvoja dima i toksičnih plinova
- proračune evakuacijskih vremena i ocjenu ponašanja ljudi u požaru te, odabire odgovarajućih evakuacijskih modela,
- proračune i odabir aktivnih sustava za dojavu i gašenje požara (vatrodojava, sustavi za automatsko gašenje požara, sustavi za odvođenje dima i toplina)
- razvoj računalnih modela i metodologije analize rizika.

Sveučilišni studiji požarnog inženjerstva koji postoje u svijetu i Specijalistički poslijediplomski studij "Požarno inženjerstvo" na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pružaju studentima komplementnu edukaciju o požarnom inženjerstvu iz aspekta konstrukcije, materijala, sociologije, psihologije, fizike, a također i ekonomije i ekologije [51]. Studiji požarnog inženjerstva u svijetu su raznorodni po sadržaju i trajanju od jedne do pet godina do nivoa magisterija, a postoje također i doktorski studiji u trajanju od 3-4 godine. U novije vrijeme potaknuto razvojem regulative u domeni požarnog inženjerstva razvio se npr. i samostalni studij "Inženjerstvo rizika od požara" [52].

Program Specijalističkog poslijediplomskog studija "Požarno inženjerstvo" na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu slijedi slične programe koji se odvijaju u svijetu. Za sada je to specijalistički poslijediplomski jednogodišnji studij, no strategija obrazovanja u području požarnog inženjerstva u nas trebala bi, po ugledu na strana sveučilišta, biti razvoj preddiplomskog, diplomskog i poslijediplomskog doktorskog studija, što bi svakako doprinijelo većem stupnju obrazovanja, ali i većem stupnju sigurnosti kako ljudi tako i materijalnih dobara.

Osobe obrazovane u području požarnog inženjerstva imaju znanja za korištenje metoda požarnog inženjerstva pri čemu treba istaknuti niz prednosti tih metoda, kao npr.:

- Veća sigurnost za osobe i građevinu
- Prilagođavanje mjera zaštite od požara konkretnoj građevini, što znači da se mjere bazuju na stvarnim značajkama građevine i osoba koje ga koriste, a ne na općem konceptu koji daje preskriptivni pristup,
- Osigurava projektantima precizniji pristup kod projektiranja
- Omogućuje i alternativna rješenja te mjerljive razine sigurnosti
- Daje osnovu za izbor stvarno potrebnih sustava zaštite od požara
- Pruža mogućnost za inovativni pristup projektiranju
- Daje precizne informacije potrebne za organizaciju upravljanja građevinom (menadžment zaštite od požara).

4.1 Glavni projekt zaštite od požara?

Svi navedeni proračuni koji se koriste unutar metoda požarnog inženjerstva ne mogu biti predmet Elaborata zaštite od požara, jer Elaborat prema propisu predstavlja skup "zahtjeva i ograničenja". Koji nisu sastavni dio Glavnog projekta već podloga za njegovu izradu. Navedeni proračuni za sada ne mogu biti ni predmet pojedinih Glavnih projekata, jer sadržajno ne spadaju u niti jedan od njih, pa se očito logično nameće ideja da nedostaje poseban projekt koji bi sadržajno odgovarao zaštiti od požara građevine.

Kako dalje? Što je strategija?

Grupa autora je u [53] već iznijela ideju Prikaza mjera zaštite od požara kao sastavnog dijela glavnog projekta, jer sadašnji Elaborat nije sastavni dio projekta veća samo podloga za izradu glavnih projekata, ili kao bolje rješenje izradu posebnog Glavnog projekta zaštite od požara.

Autori ovoga rada predlažu koncept Projekta zaštite od požara, koji su već iznijeli javno na skupu [54], iz opisanih razloga kao i činjenica vezanih za dugogodišnju praksu u kojoj se Elaborat zaštite od požara obvezno koristi tijekom gradnje, a pojavljuje se i neizostavno na tehničkom pregledu, jer se preko njega najjednostavnije kontrolira stanje objekta u dijelu zaštite od požara. To je ustaljena praksa koja je od koristi izvođačima i sudionicima tehničkih pregleda, a egzistira više od 20 godina, bez obzira na činjenicu što elaborat po Zakonu o gradnji nije dio glavnog projekta.

Također, u fazi uporabe objekta, inspektori traže ponovo Elaborat zaštite od požara na uvid iako nije sastavni dio Glavnog projekta, jer se opet iz njega najlakše sagledava projektirano stanje u cjelini i utvrđuju potencijalne promjene vezane za temeljni zahtjev zaštite od požara (primjerice, promjene požarnih sektora zbog naknadnih pregradnji, promjene vatrogasnih pristupa, promjene namjene pojedinih prostora i dr.), koje iz nekih razloga nisu isle na izmјenu i dopunu građevne dozvole).

Zaključno, prednosti Glavnog projekta su višestruke, a posebno kad se radi o primjeni metoda požarnog inženjerstva, gdje tamo izrađeni proračuni nemaju mjesta u ni jednom projektu, već se njihovi rezultati integriraju u Glavnom projektu kao cjelini. Izradom posebnog Glavnog projekta zaštite od požara osiguravaju se višestruke prednosti kao što su:

- Ubrzanje procesa izdavanja potvrde na glavni projekt, jer bi nadležna inspekcija pregleđivala i potvrđivala samo jedan projekt (umjesto sada sve knjige glavnog projekta).
- Potrebna razina odgovornosti za dobivene rezultate, koje projektanti pojedinih struka moraju preuzeti u svoje projekte iako nisu specijalisti za to područje, pa se njihova rješenja baziraju na podacima, koje objektivno ne mogu provjeriti.
- Ubrzanje korištenja inženjerskih metoda, a time i razine sigurnosti građevine i u pravilu smanjenje udjela troškova zaštite od požara u izgradnji građevine, koje se osigurava korištenjem metoda požarnog inženjerstva.
- Brži i jednostavniji inspekcijski nadzor građevine u uporabi, jer bi ponovno inspekcija pratila samo jedan projekt, umjesto niza projekata (kojih u praksi nerijetko i nema).

Na kraju se naglašava da ovo nije novi jedinstveni prijedlog, već da niz zemalja, kako u našem okruženju tako i u Europskoj uniji, projekt zaštite od požara izrađuju inženjeri požarnog inženjerstva na nivou glavnog projekta.

5 Zaključak

Stanje tehničke regulative u području projektiranja građevina u dijelu zaštite od požara u Republici Hrvatskoj nalazi se fazi značajnih promjena koje su inicirane europskom regulativom. Osim usvajanja osnovnih principa opisanih u Europskom temeljnog dokumentu iz područja zaštite od požara, svakako je najznačajnije usvajanje novog pristupa projektiranju građevina metodama požarnog inženjerstva. Izrađen je i osnovni tehnički propis namijenjen projektiranju u tom području (Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara) koji se neslužbeno naziva "osnovnim modulom", na koje će se naslanjati drugi tehnički propisi iz područja projektiranja građevina različite namjene (bolnice, vrtići, škole, starački domovi itd.). Do donošenje tih propisa proći će još neko vrijeme, no znatno više vremena proći će do masovnije primjene metoda požarnog inženjerstva što zahtjeva značajne promjene. To se prije svega odnosi na edukaciju budućih projektanata i drugih sudionika ovog procesa. Kako takav razvoj zahtjeva, osim jasnog koncepta, i značajna sredstva, to pitanje nijesamopitanje struke već i politike koju bi trebala voditi resorna tijela za ovo područje.

Literatura

- [1] London fire: A visual guide to what happened at Grenfell Tower, <http://www.bbc.com/news/uk-40301289>
- [2] Jelčić Rukavina, M., Carević, M., Banjad Pečur, I.: Zaštita pročelja zgrada od požara – Priručnik za projektiranje i izvođenje, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2017. ISBN: 978-953-8168-14-7, e ISBN: 978-953-8168-15-4, 63 str.
- [3] International Association for the Study of Insurance Economics. World fire statistics. Geneva (Schwizerland): The Geneva Association, 2007.
- [4] Craighead, C.: High-rise Security and Fire Life Safety, 3rd Edition, eBook ISBN: 9780080877853, Hardcover ISBN: 9781856175555, Butterworth-Heinemann, Published Date: 7 May 2009, pp. 696.
- [5] Statistički pregled temeljnih sigurnosnih pokazatelja i rezultata rada u 2016. godini, Ministarstvo unutarnjih poslova Služba za strateško planiranje, analizu i razvoj, Zagreb, siječanj 2017., pp. 149.
- [6] Woodford, C.: Fire fighting, <http://www.explainthatstuff.com/firefighting.html>, 16.10.2017.
- [7] CTIF International Association of Fire & Rescue Service: World Fire Statistics 2017, No 22, http://www.ctif.org/sites/default/files/ctif_report22_world_fire_statistics_2017.pdf
- [8] National Fire Protection Association, 2015 NFPA 101: Life Safety Code.
- [9] Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB-Richtlinie 2: Brandschutz.
- [10] Zakon o zaštiti od požara, Narodne novine, br. 92/10

- [11] Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima, Narodne novine, br. 108/95 i 56/10
- [12] Zakon o eksplozivnim tvarima, Narodne novine, br. 178/04, 109/07, 67/08 i 144/10, Pravilnik o zapaljivim tekućinama, Narodne novine, br. 54/99
- [13] Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara, Narodne novine, br. 8/06
- [14] Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu, Narodne novine, br. 117/07
- [15] Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe, Narodne novine, br. 35/94, 55/94 - ispravak i 142/03
- [16] Pravilnik o zaštiti od požara ugostiteljskih objekata, Narodne novine, br. 100/99
- [17] Pravilnik o postajama za opskrbu prijevoznih sredstava gorivom, Narodne novine, br. 93/98, 116/07 i 141/08
- [18] Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara, Narodne novine, br. 29/13 i 87/15
- [19] Pravilnik o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara, Narodne novine, br. 44/12
- [20] Pravilnik o zaštiti od požara u skladištima, Narodne novine, br. 93/08, Pravilnik o vatrogasnim aparatima, Narodne novine, br. 101/11 i 74/13
- [21] Pravilnik o uvjetima i načinu provedbe sigurnosnih mjera kod skladištenja eksplozivnih tvari, Narodne novine, br. 26/09, 41/09-ispravak i 66/10
- [22] Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja, Narodne novine, br. 141/11
- [23] Pravilnik o sadržaju elaborata zaštite od požara, Narodne novine, br. 51/12
- [24] Pravilnik o razvrstavanju građevina u skupine po zahtjevnosti mjera zaštite od požara, Narodne novine, br. 56/12 i 61/12
- [25] Pravilnik o mjerama zaštite od požara pri izvođenju radova zavarivanja, rezanja, lemljenja i srodnih tehnika rada, Narodne novine, br. 44/88
- [26] Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica, Službeni list, br. 10/90 i 52/90
- [27] Pravilnik o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport, Službeni list, br. 26/85
- [28] Pravilnik o tehničkim normativima za ventilacijske ili klimatizacijske sisteme, Službeni list, br. 38/89 i Narodne novine, br. 69/97
- [29] Buchanan, A.H.: Structural Design for Fire Safety, John Wiley and Sons, Ltd, West Sussex, U.K., 2001. 421 pp. ISBN: 978-0-471-89060-7
- [30] Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products
- [31] Regulation (eu) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC
- [32] DIN 4102-1 + BER 1, Fire behaviour of building materials and building components - Part 1: Building materials; concepts, requirements and tests
- [33] HRN EN 13823:2015 Ispitivanja reakcije na požar građevnih proizvoda -- Građevni proizvodi osim podnih obloga izloženi termičkom opterećenju pojedinačno gorućeg elementa (EN 13823:2010+A1:2014)

- [34] HRN EN 13501-1:2010 Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru -- 1. dio: Razredba prema rezultatima ispitivanja reakcije na požar (EN 13501-1:2007+A1:2009)
- [35] HRN EN ISO 1182:2010 Ispitivanja reakcije na požar proizvoda -- Ispitivanje negorivosti (ISO 1182:2010; EN ISO 1182:2010)
- [36] HRN EN ISO 1716:2011 Ispitivanja reakcije na požar proizvoda -- Određivanje bruto toplinskog potencijala (kalorična vrijednost) (ISO 1716:2010; EN ISO 1716:2010)
- [37] HRN EN ISO 11925-2:2011 Ispitivanja reakcije na požar -- Zapaljivost proizvoda izloženih izravnom djelovanju plamena -- 2. dio: Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena (ISO 11925-2:2010+Cor 1:2011; EN ISO 11925-2:2010+AC:2011)
- [38] HRN EN ISO 9239-1:2011 Ispitivanja reakcije na požar podnih obloga -- 1. dio: Određivanje ponašanja pri gorenju uporabom izvora koji zrači toplinu (ISO 9239-1:2010; EN ISO 9239-1:2010)
- [39] HRN EN 1991-1-2: 2012 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-2: Opća djelovanja -- Djelovanja na konstrukcije izložene požaru (EN 1991-1-2:2002+AC:2009)
- [40] HRN EN 1363-1:2012 Ispitivanja otpornosti na požar -- 1. dio: Opći zahtjevi (EN 1363-1:2012)
- [41] Design of Buildings for the Fire Situation, Leonardo Da Vinci Pilot Project CZ/02/B/F/PP-134007.
- [42] HRN EN 1990: 2011 Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2002+A1:2005+A1:2005/ AC:2010)
- [43] Peroš, B., Boko, I.: Sigurnost konstrukcija u požaru, Split : Sveučilište u Splitu Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2015 (udžbenici i skripta).
- [44] Purkiss, J.A.: Fire safety engineering – Design of structures, Second edition. Oxford: Elsevier Ltd. 2007.
- [45] Mróz, K., Hager, I., Kornienko, K.: Material Solutions for Passive Fire Protection of Buildings and Structures and Their Performances Testing, In Procedia Engineering, Volume 151, 2016, pp. 284-291, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.388>.
- [46] Ćurić, S.: Planiranje evakuacije u visokim zgradama / završni rad - diplomski/integralni studij. Zagreb : Građevinski fakultet, 29.6. 2017., pp. 90.
- [47] Ahrens, M.U.S.: Experience with Sprinklers, 7/17", NFPA Research, Quincy, MA 02169, © July 2017
- [48] Victaulic Vortex-Fire Suppression system, <https://www.victaulic.com/systems/victaulic-vortex-hybrid-fire-extinguishing-system/>
- [49] Hi-Fog-Water mist fire protection, <http://www.marioff.com/>
- [50] Chiti, S.: Test Methods for Hypoxic Air Fire Prevention Systems and Overall Environmental Impact and Applications, COWI Research Report, 01/2010
- [51] Pathways to Career in Fire Protection Engineering 2017, Magazine.sfpe.org, <http://www.sfpe.org/>
- [52] <https://www.gculondon.ac.uk/study/coursedetails/index.php/P02924/>
- [53] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I.: Suvremeni pristup dokazu požarne otpornosti konstrukcija, GRAĐEVINAR 58 (2006) 6, pp. 455-462
- [54] Bjegović, D., Carević, M.: Zašto je potreban projekt zaštite od požara? Dani ovlaštenih inženjera građevinarstva, Opatija, 8.–10. lipnja 2017.



Utjecaj promjena antropoloških mjera na širinu evakuacijskih putova

Autori:

Dražen Leš¹

Miroslav Merćep²

¹ Ustanova za obrazovanje odraslih – VOX VIVA

² Javna vatrogasna postaja Zagreb

Utjecaj promjena antropoloških mjera na širinu evakuacijskih putova

Dražen Leš, Miroslav Merćep

Sažetak

Određivanje vremena evakuacije propisano je u hrvatskom zakonodavstvu za građevine u kojima se okuplja više od 300 ljudi ili u građevinama u kojima ima više od 50 slabo pokretnih ili nepokretnih osoba. Hidraulički model izračuna vremena evakuacije rađen je prije 50-ak godina i obuhvatio je niz istraživanja koja su se temeljila na protoku i gustoći provedenima u ono doba. Standard određivanja vremena evakuacije postavljen je prema Amerikancima i Kanađanima. S obzirom na to da su Hrvati niži od Amerikanaca i budući da raspolaćemo najnovijim podacima antropoloških mjerena, cilj je ovog rada provjeriti koliko je izračun vremena evakuacije rađen prije 50-ak godina primjeren danas.

Ključne riječi: evakuacijski putovi, vrijeme evakuacije, antropološke mjere

The effect of changing anthropological data on the width of evacuation routes

Abstract

The time assessment of the evacuation is normed (standardized) by Croatian legislation for buildings in which can be found more than 300 people or buildings with more than 50 infirm or disabled. Hydraulic time calculation model of the time of evacuation was made 50 years ago and had covered series of research, based on the flow and the density of people in that time. Croatians, as a nation, have always been smaller than American or Canadian citizens for whom the standard was made. With new anthropological data measurements, we will check is the 50 years old calculation of the evacuation time still valid.

Key words: evacuation routes, time of evacuation, anthropological data

1 Uvod

Od najranijeg školskog uzrasta djeca se susreću s pojmom evakuacije: djecu učimo kako se ponašati u slučaju opasnosti od požara, poplava, potresa i sl., kuda izaći, gdje se skloniti na sigurno, što je sigurno mjesto. Sva objašnjenja podrazumijevaju da su zadovoljeni osnovni uvjeti za evakuaciju: pravovremeno uzbunjivanje, slobodan prolaz (prohodan put, otključana vrata, vrata koja se otvaraju prema van, dovoljno široki evakuacijski putovi, dovoljno široka stubišta). Prilikom projektiranja građevine za određenu namjenu upotrebljavani su određeni parametri za izračun potrebnih širina evakuacijskih putova. Za građevine projektirane prije 100, 50, 20 pa i 10 godina primijenjeni su isti podaci. Tako propisane širine nerijetko su dodatno smanjivane kako bi se postigao veći prostor, u nadi da se požar ili neka druga opasnost neće dogoditi baš u toj zgradi. Prenamijenjene, na temelju uporabne dozvole izdane unatoč nepoštivanju zadanih širina, takve se građevine koriste i danas.

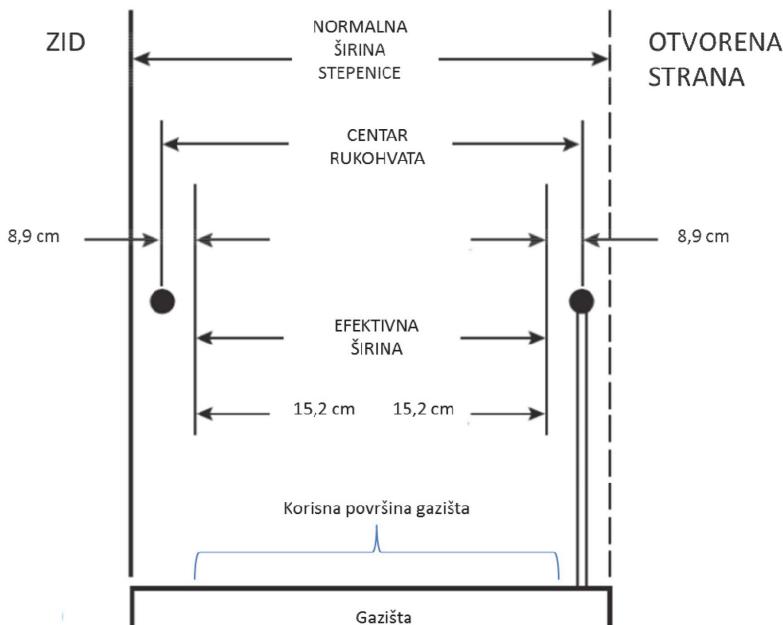
Antropološke mjere su se desetljećima mijenjale. Potaknut promjenama u antropološkim mjerama, na skupu "Hrvatska normizacija i srodne djelatnosti", održanom u Cavtatu 2003. godine, skupina hrvatskih znanstvenika s Darkom Ujevićem na čelu, profesorom na zagrebačkom Tekstilno-tehnološkom fakultetu, predstavila je projekt TEST [1] (tehnologiski istraživački-razvojni projekt) koji je za cilj imao izraditi podlogu za nove hrvatske norme za veličinu odjeće i obuće, na temelju izmjere 30.866 osoba iz 20 hrvatskih županija i Grada Zagreba. Podaci istraživanja objedinjeni su u knjizi "Hrvatski antropološki sustav", koja je autorima rada poslužila za analizu evakuacije temeljem sustava zaštite od požara.

Važnost razumijevanja širine evakuacijskih putova osobito dolazi do izražaja kada je riječ o građevinama kao što su vrtići, škole, domovi za stare i nemoćne, dječki domovi i mjesta velikih okupljanja. Hrvatska regulativa u području zaštite od požara i širine evakuacijskih putova dopušta (prepušta) samim projektantima odabir širine evakuacijskih putova za navedene građevine, iako se oni često ne snalaze u ovim kompleksnim zadacima.

2 Elementi analize evakuacijskih putova

Širine evakuacijskog stabišta prvi su put određene u Americi davne 1913. godine. One su iznosile 1,12 m, a izmjerene su prema širini dviju osoba od 0,56 m koje se kreću jedna uz drugu stabištem prema dolje [2, 3].

Pedeset godina kasnije, 1963., minimalna širina je povećavana na 1,22 m, no ubrzo se viđelo da povećanje nije donijelo veći protok, nego samo veći komfor. Proučavajući postupak evakuacije iz visokih zgrada, kao i gužve koje nastaju prilikom kretanja stabištem, kanadski inženjer i arhitekt Jake Pauls 1970. [2] zaključuje da postoji linearни odnos između kapaciteta protoka stabišta i učinkovite širine stabišta te razvija model koji je danas poznat kao "model učinkovite širine" za stabišta. Efektivna širina je manja od širina stabišta jer uzima u obzir razmak između korisnika te ogragu ili zid koji im služi prilikom kretanja stabištem.



Slika 1. Efektivna širina stubišta, dr. Jack Pauls

Efektivna širina stubišta je definirana kao širina stube minus granična crta. Za stubišta, granična crta nalazi se 0,15 m sa svake strane stube, ukupno 0,30 m. Dr. Pauls formulira ovaj model nakon promatravanja 58 vježbi evakuacija koje su se odvijale u poslovnim zgradama visine od 8 do 29 katova. Širina stubišta bila je u rasponu od 0,914 m do 2,24 m.

S obzirom na to da je srednji protok ljudi koji se spuštaju stubama proporcionalan učinkovitoj širini zida ili prema širini zida minus 0,3m, Pauls razvija jednadžbu za izračunavanje srednjeg protoka po osobi u sekundi prilikom evakuacije [2]. Taj odnos je:

$$F = 0,206(w - 0,3) \left[\frac{P}{(w - 0,3)} \right] \quad (1)$$

gdje je:

P - evakuacija (gustoća ljudi na stubama)

w - stvarna širina stube, izmjerena.

Koristeći ovu jednadžbu (1), Pauls također razvija model za određivanje širine stubišta s obzirom na zadano ukupno vrijeme evakuacije.

$$W = \frac{8696P}{T^{1,37}} + 300N \quad (2)$$

gdje je:

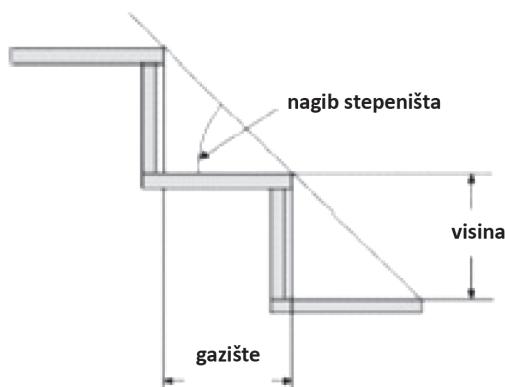
P - protok ljudi na stubama

- T - vrijeme protoka
W - ukupna širina stube u mm
N - trenutna širina stube.

Zadano vrijeme ne podrazumijeva vrijeme prije evakuacije. To je minimalno vrijeme potrebno za evakuaciju što znači da širina stubišta u jednadžbi predstavlja minimalnu potrebnu širinu. Pauls preporučuje da minimalna širina stubišta iznosi 1,4 m [2], što bi omogućilo korisnicima da se kreću u dva traka. Osim toga, ova širina stubišta omogućit će korisnicima kada se kreću sredinom stubišta da dohvate rukohvate s obje strane stuba.

Međutim, Pauls je nedavno istaknuo da taj minimalni iznos širine danas treba ispitati jer se temelji na zapažanjima od prije nekoliko desetljeća i demografski su podatci korisnika bitno drukčiji. Proučavajući kretanje ljudi stubama, američki inženjer John J. Fruin 1970. preporuča povećanje minimalne širine na 1,52 m. Kao i Pauls, i dr. Fruins uzima u obzir dvije osobe širine ramena 0,56 m, ali svakoj dodaje 0,1 m radi dinamične kretnje čovjeka. Pauls pak preporuke temelji na 0,1 m bočnog gibanja svake osobe prema vanjskom dijelu stubišta i 0,1 m između dva traka.

Templer i suradnici preporučuju širinu stuba dovoljnu da se korisnici mogu kretati rame uz rame niz stube. Za dvosmjerna stubišta preporučuju minimalnu širinu od 1,4 m između zidova, dok optimalna, koja omogućuje komfor, iznosi 1,75. Istaknuli su da bi rukohvati trebali biti na obje strane, ako postoji dvosmjeren promet. Preporuke ovih stručnjaka u vezi sa širinom stubišta prihvatio je i NFPA koji je povećao minimalnu širinu stubišta za zgrade s više od 2000 ljudi sa 1,12 m na 1,42 m. Međutim, za zgrade koje imaju manje od 2000 ljudi, minimalna širina je ostala 1,12 m, što je manje od minimuma koji preporučaju Fruin i Pauls [2]. Iako je njihov rad bio utjecajan, analiza se temelji na opažanjima i demografskim pokazateljima pojedinaca od prije tri desetljeća, a odnosila se na bočne dijelove tijela koji imaju utjecaj na širinu stuba.



Slika 2. Skica stubišta [6]

Britanski su stručnjaci donijeli preporuke za projektiranje stuba. Ovisno o tipu stubišta odredili su visinu stube, širinu gazišta te kut (nagib) stubišta: privatno stubište, javno privatno stubište i javno stubište (tablica 1.).

Tablica 1. BS 5395; preporuke za stubišta

Stubišta	Visina [mm]		Gazište [mm]		Nagib (stupnjevi)	
	optimalno	maksimalno	optimalno	maksimalno	optimalno	maksimalno
PRIVATNO	175	220	250	220	35	42
JAVNO PRIVATNO	165	190	275	250	31	38
JAVNO	150	180	300	280	28	33
Napomena						
1.	Pod pojmom privatno stubište podrazumijeva se stubište kojim se redovito služi određeni broj ljudi kojima je ono poznato, npr. stube unutar stambene zgrade.					
2.	Pod pojmom javno privatno stubište podrazumijeva se stubište kojim se povremeno ili često služi veliki broj ljudi, npr. to su uredi, dućani, zajedničke stube više stambenih zgrada.					
3.	Pod pojmom javno stubište podrazumijeva se stubište kojim se služi veliki broj ljudi, npr. mjesta javnih okupljanja.					
4.	Stube koje su namijenjene hitnim službama te ljudima s posebnim potrebama (slabo pokretni i nepokretni, slabovidni i slijepi) ne smiju biti više od 17,5 cm, a gazišta ne smiju biti manja od 25 cm.					

2.1 Ljudsko tijelo u pokretu

Prijašnji modeli kretanja donijeli su preporuke koje se odnose na širinu stubišta, a koristili su pojam elipse koja predstavlja pojedinca tijekom evakuacije. Fruin i Templer [2] analizirali su ljudsko tijelo i elipsu na temelju rezultata istraživanja američkog znanstvenika Alberta Damona koji proučavajući dimenzije na temelju širine ramena i dubine tijela zaključuje da širina ramena obične osobe iznosi 0,51 m, a vojnika 0,55 m. Jedan od izvještaja dr. Alberta Damona bio je proučavanje radnika dok stoe. Gledano odozgo kategorizirao ih je u elipsu koja je široka 0,55 m i duboka 0,30 m. Da bi se izbjegle bliske interakcije te uz pretpostavku da su osobe različito odjevene, Fruin povećava elipsu na 0,61m (sa 0,46 m) [2], a svoju odluku bazira na različitim kulturološkim i vjerskim običajima.

Elipsa od 0,61 m primjenjivala se (1960.) za projektiranje podzemne željeznice i automobile u New Yorku te za potrebe vojske kod oblikovanja komunikacijskih sustava [3].

Baveći se analizom prostora potrebnog ljudima koji se kreću stubama, a na temelju dimenzija tlocrta ljudske konture u stanju mirovanja i tijekom kretanja, godine 1960. Templer objavljuje knjigu "Standard uštede vremena, projektiranje i planiranje prostora interijera" u kojoj preporučuje minimalnu širinu stuba (bez rukohvata) 0,61 m za ugodan prolaz, iako smatra da bi optimalna širina bila 0,76 m, radi komocije.

Istraživanja temeljena na bočnom zamahu su pokazala da je potrebno dodati 0,04 m s obje strane osobe kada se spušta stubama. Tada, naime, osoba prebacuje svoju težinu naprijed i natrag spuštanjem niz stube.

Istraživanje J.J. Fruina [3] na osnovi fotografskih dokaza pokazuje da kada je prolaznost stubama gušća, a hod osobe sveden na iskorak, zamah je izraženiji i stoga je potrebno dodati objema stranama osobe 0,1 m, što je više od prethodnih istraživanja. Na račun osobne odje-

će i stubišta zida Templer pak dodaje još 0,05 m (0,025 m na svakoj strani) za svaku elipsu. Primjenom ovih brojeva, Templer konačno zaključuje da jeza ugodno i komotno kretanje stubama potrebna minimalna širina od 0,97 m između zidova, za stubišta kojima se osobe kreću rame uz rame 1,4 m, između zidova, a da je optimalna 1,8 m [2].

Kao i Fruin, i Templer je koristio elipsu za ispitivanje promjena tijekom kretanja ili evakuacije utvrdivši da na većini stubišta pojedinac zauzima dvije stube gaznog sloja, s jednom nogom na gornjem gazištu i drugom na donjem gazištu, odnosno da je određivanje brzine prelaska stubišta područje dva gazišta, a time i dimenzije koji se temelje na gaznom sloju 0,28 m po stubi, tj. 0,56 m dubine i 0,91 m širine, kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Ljudsko tijelo u pokretu

Fruin, nadalje, identificira senzornu zonu koju je smatrao tampon-zonom, tj. prostorom potrebnim kako bi osoba zadržala odnos između sebe i svoje okoline tj. predmeta ili osoba oko nje. Na stubama, senzorna zona je manja u dužini, odnosno potrebna duljina za kretanje je definirana po utorima na stubama. Analizom pješačkog prometnog toka koji se spušta stubištem, Fruin je pronašao poveznice povećanja gustoće na prostoru gdje je neto korisna površina smanjena na $1,39 \text{ m}^2$. Tada, naime, ljudi počinju usporavati. U gustoći od otprilike $0,139 \text{ m}^2$ po osobi, ljudi će se zaustaviti na cijelom stubištu jer su kretanje postale gotovo nemoguće. To bi značilo da je svaki korisnik zauzeo jedno gazište.



Slika 4. Osnovna škola - jedno dijete na jednoj stubi



Slika 5. Čovjek u pokretu

Slika 6. Čovjek u mirnom položaju



Slika 7. Osnovna škola - dvoje djece na stubi

Pauls je ispitao utjecaj gustoće na dinamiku i model evakuacije te zaključio da je koncept elipse točan u uvjetima visoke gustoće i niske brzine, međutim, gledajući odozgo, kada je gustoća mala, tijelo je drugačijeg oblika od elipse. Naime, noge pojedinca su na prednjoj i stražnjoj strani, čime se stvara krug, a ne elipsa, i zato smatra da bi kod niske gustoće ljudi krug bio bolja aproksimacija od elipse koju predlaže Fruin, gdje su noge neposredno ispod ramena.



Slika 8. Dijete na stubištu u pokretu



Slika 9. Djeca na stubištu u raskoraku

2.2 Antropološke mjere Hrvata

Svaka ozbiljna nacija vodi računa o svojim stanovnicima pa tako ni Hrvatska ne zaostaje za ostalim razvijenim zemljama Europske unije i svijeta. Pitanja o problematici antropoloških mjera Hrvata prvi su put pokrenula raspravu na savjetovanju "Hrvatska normizacija i srodne djelatnosti" održanom u Cavtatu 2003., nakon čega ugledni hrvatski znanstvenici dr. Igor Čatić, dr. Dinko Pezelj i dr. Miroslav Čavlek sustavno potiću daljnji konstruktivni razvoj ove ideje. Okupljanje 25 stručnjaka iz raznih područja pripremilo je prijedlog složenog tehnologiskog istraživačko-razvojnog projekta (STRIP) pod nazivom "Hrvatski antropometrijski sustav" (HAS). Nositelj projekta je Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu uz niz suradničkih ustanova: Institut za antropologiju, Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Na projektu su sudjelovali i stručnjaci s Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Osijeku, Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu te Ekonomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Na projektu je sudjelovao velik broj konzultanata, mjeritelja, unositelja podataka te desetak osoba koje su radile na sređivanju tehničke dokumentacije STRIP-a HAS [1].

Postoje tri temeljne konstitucije: astenična, fibrozna i piknička [5].

Astenična (leptosomna) konstitucija najčešća je od svih konstitucija, a temeljna su joj obilježja visok rast (u nas oko 175 cm), razmjerno dug prsni koš s oštrim rebrenim kutom, široka zdjelica, dugi udovi, glava sitna s uskim licem i tankim nosom.

Fibrozna (atletska) konstitucija je rijetka, približava se antičkom pojmu ljepote, a temeljne su joj odlike visok stas, snažan kostur, dobro razvijen prsni koš, snažan vrat, široka ramena, uska zdjelica, lice oblo ili u obliku četverokuta te širok nos.

Piknična (adipozna) konstitucija odlikuje se niskim rastom, širokim prsnim košem, uskim ramenima, kratkim udovima i vratom, širokom zdjelicom, a glava je velika i lice široko. Posebice je karakteristična sklonost k pretilosti u poodmaklom godinama.

Osim spomenutih postoje još gracilna, displastična i druge konstitucije (<http://medicinski.lzmk.hr/konstitucija/>).

Hrvatski je narod po svojoj konstituciji prilično raznolik s obzirom na raspon, od visokog dinarskog do punašnjeg slavonskog življa. Sama podjela hrvatskog naroda po regijama, a zatim podjela na građevine, namjene, zauzetost prostora i starosti populacije mogla bi dati detaljnije širine evakuacijskog puta ili izlaza. Prosječni Hrvat (muškarac u dobi od 17,4 - 82 godine) visok je 1,758 m, s opsegom grudi 1,022 m.

Duljina koraka odraslog muškaraca u prosjeku je 0,83 m [1]. Prosječna duljina stopala je 0,27 m. Potrebno je napomenuti da o starosti nacije ovisi i prosječna visina te širina prsa i bokova. Tako nakon 40 godina života opseg grudi muškarca izjednačava se s opsegom bokova, i to prosječno oko 1,05 m.

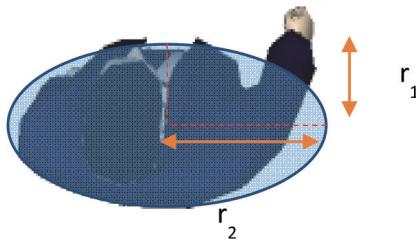
Prosječna visina žena u RH je 1,63 m, s opsegom grudi 0,99 m. Opseg bokova sličan je opsegu grudi, ali je za 0,16 m veći u prosjeku od struka i iznosi 1,04 m. Duljina koraka Hrvatica u prosjeku je 0,74 m. Prosječna duljina stopala Hrvatica je 0,25 m.

Prosječna vrijednost duljine stopala za djecu do 7 godina iznosi 0,217 m za dječake i 0,214 m, dok je duljina koraka dječaka 0,55 m, jednako kao za djevojčice. Kad je riječ o osnovnoškolcima od 7 do 15 godina, dječaci imaju prosječnu duljinu stopala 0,27 m, a djevojčice 0,25 m a duljina koraka je 0,81 za mušku djecu, a za žensku 0,78 m. Prosječna širina ramena muške djece do 7 godine u prosjeku je 0,36 m, do 15 godina je 0,45, dok širina ramena djevojčica u dobi do 7 godina iznosi 0,35 m, a do 15 godina 0,41 m.

Prikazane su prosječne vrijednosti, a ako bi se uzimali u izračun potrebne širine evakuacijskih putova, potrebno je odrediti i druge parametre koji utječu na određivanje potrebne širine evakuacijskog puta.

Na popisu stanovništva iz 2016. ukupan je broj stanovnika RH iznosio 4.238.389, od toga je bilo žena 2.218.554 ili 51,78 % i muškaraca 2.066.335 ili 48,22 %. Najviše stanovnika ima između 50-54 godine života, od čega 162.521 žena i 157.981 muškarac [7].

Projektiramo li građevine za sljedećih 50 godina, važno je uzeti u obzir starost i demografsku sliku RH, veličinu stopala, širinu ramena, opseg struka, nacionalnost, multikulturna obilježja, dužinu koraka.

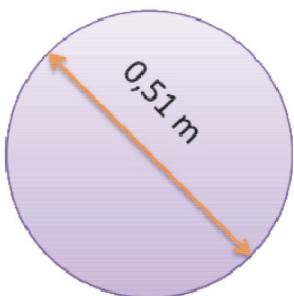


Slika 10. Opseg ljudskog tijela kao elipsa

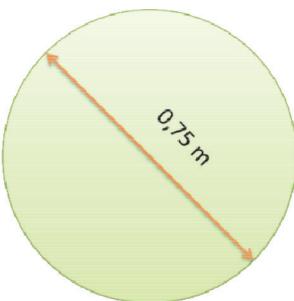
Širina ramena dječaka i djevojčica, mladića i djevojaka te muške i ženske populacije, prema [21] iznosi:

- Širina ramena dječaka dobi od 5,5 do 12,4 godine starosti: 35,9 cm
- Širina ramena djevojčica dobi od 5,5 do 12,4 godine starosti: 34,6 cm
- Širina ramena mladića dobi od 12,5 do 20,4 godine starosti: 44,1 cm
- Širina ramena djevojaka dobi od 12,5 do 20,4 godine starosti: 40,3 cm
- Širina ramena muške populacije dobi od 18,5 do 82 godine starosti: 46,6 cm
- Širina ramena ženske populacije dobi od 18,5 do 82 godine starosti: 42,2 cm.

Potrebno je razlikovati dva pojma: spol (sex) i rod (gender) [5]. Prvi se pojam odnosi na bitno biološke razlike, dok se pojmom rod označuju razlike koje su opet bitno uvjetovane socijalnim i društvenim činiocima. Spolna je različitost očigledno biološki uvjetovana. Visina spolova svakako je biološka kategorija, ali fizička snaga to nije uvijek. Ona može biti i stvar socijalnih i kulturnih utjecaja. Muški i ženski spol ne pokazuju značajne ergonomski razlike do 14. godine života. Potom nastaju razlike koje ostaju trajno tijekom preostalog dijela života. U Europi su žene niže (za 10 cm) od muškaraca. U odnosu prema trupu, udovi su im kraći. Uopće, što se dimenzija tiče, muškarci su u prednosti, osim u slučaju dimenzija zdjelice. U žena je dimenzija zdjelice veća. Potom, postoje znatne razlike u količini i raspodjeli potkožne masti. Mišićna snaga spolova je različita. Treningom žene mogu povećati snagu 15-35 %, ali im se pri tome mišićna masa ne mora kvantitativno mijenjati. Tijekom života mijenjaju se tjelesne dimenzije, ali i njihov međusobni odnos. Na primjer, novorođenče ima relativno veliku glavu, kratke udove i dugački trup koji čini oko 70 % njegove ukupne dužine. Međutim, tijekom razvoja organizma do odrasle dobi i tijekom nje to se stanje mijenja i nastupaju potpuno drugačiji odnosi [8]. Tako u odrasla čovjeka trup zauzima samo 50 % cje-lokupne dužine (visine). Poslije određene životne dobi neke se tjelesne dimenzije smanjuju (npr. visina i mišićna masa), a neke se povećavaju (težina, širina), ali ni ta pojava nije stalna. Opadanje tjelesne visine je očito, a tjelesna težina raste, dok ne počinje padati i to u muškaraca oko 50., a u žena oko 60. godine života. Anatomske razlike ne javljaju se samo između pojedinaca nego i između velikih ljudskih skupina koje nazivamo rasama. Te su razlike neosporne, a mnoge od njih su jednostavno vidljive. Poznato je iz mnogih istraživanja da postoje znatne razlike u karakternoj strukturi, duševnom zdravlju, stupnju liberalnosti ili konzervativnosti između različitih skupina. Te se razlike pripisuju utjecaju stratifikacijskih situacija na psiho seksualni razvoj pripadnika neke skupine. Bitno je napomenuti da se u siromašnijim zemljama vidno razlikuju visine i razvijenost od bogatijih zemalja, pa čak i u jednoj zemlji niži stalež je prema prosjeku u drugoj godini života niži u prosjeku za 20 mm od višeg staleža (Velika Britanija, viši stalež/niži stalež 1,75/1,72 m muškarci; 1,62/1,62 m žene).

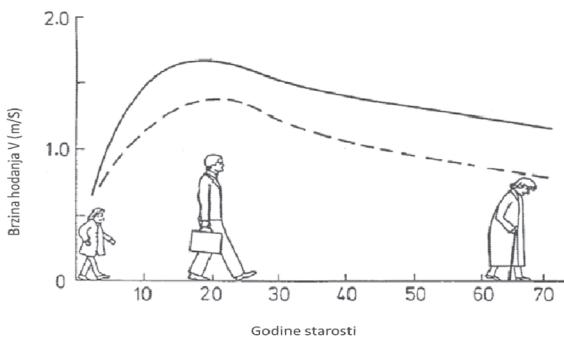


Slika 11. Veličina osobe u pokretu 1990.



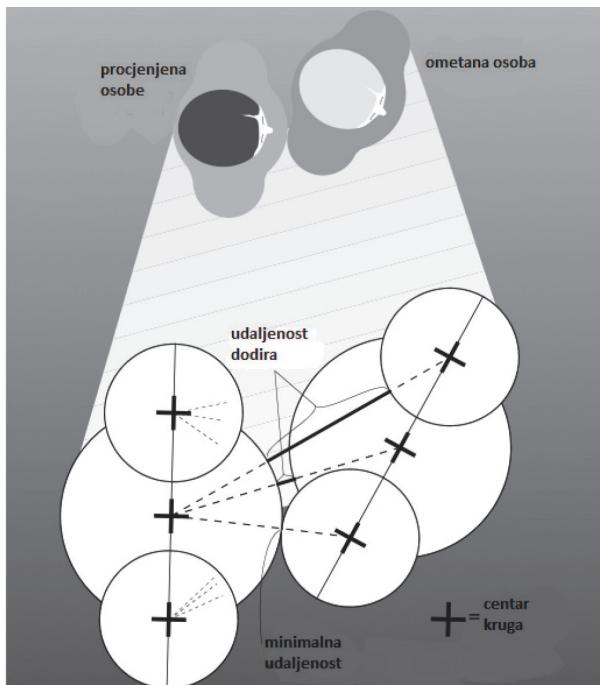
Slika 12. Veličina osobe u pokretu 2054.

Pretilos je jedan od bitnih čimbenika za određivanje širine putova za evakuaciju. Pretili ljudi su veći i tromjiji, i osim što zauzimaju više mjesta na stubištu, usporavaju protok. U svijetu je, prema Istraživanju o zdravstvenom ponašanju učenika (HBSC 2013/2014) [9] provedenom u više od 40 zemalja i regija Europe i svijeta, uključujući Hrvatsku, u dobi od 11 godina samo u 10 zemalja više pretilih učenika i učenica nego u Hrvatskoj. Udio učenika u Republici Hrvatskoj s indeksom tjelesne mase većim od vrijednosti aritmetičke sredine uvećane za jednu standardnu devijaciju pada s dobi, od 33 % u jedanaestogodišnjaka, 27 % u trinaestogodišnjaka na 24 % u petnaestogodišnjaka, dok je u učenicu pad znatnije izražen, s 20 % u dobi od 11 godina, preko 14 % u dobi od 13 godina, na 9 % u dobi od 15 godina. Prehrambe-ne navike pogoršavaju se s porastom dobi. U dobi od 15 godina samo 52 % učenika i 44 % učenica doručkuje svaki radni dan, 25 % učenika i 29 % učenica jede voće svakodnevno, a 26 % učenika i 24 % učenica piye slatka pića svakodnevno. Prema zdravstveno-statističkom ljetopisu u evidenciji medicine rada pod dijagnozom prekomjerne tjelesne mase (E65) i debljine (E66) zabilježeno je gotovo 6500 osoba u dobi od 22 do 45 godina i više od 8000 pacijenata starijih od 46 godina, dok je u djelatnosti opće medicine ta brojka znatno veća. Zabilježeno je, naime, 13600 dijagnoza prekomjerne tjelesne mase. U djelatnosti zdravstvene zaštite školske djece, mladeži i studenata debljina je zabilježena u 8,6 % učenika osnovnih i 10,3 % učenika srednjih škola. Prema "Global status report on non-communicable disease" za 2014. godinu procijenjena prevalencija osoba (18 godina i stariji) s indeksom tjelesne mase $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ u Republici Hrvatskoj iznosi 58,8 % [10].



Slika 13. Brzina hodanja s godinama starosti pada (Ando i suradnici 1988) [11]

Pri izračunu potrebne širine evakuacijskog stubišta potrebno je uzeti u obzir i osobni prostor (intimnu zonu) koji nije isti u svim zemljama svijeta. Svaka osoba uglavnom nastoji očuvati svoju intimnu zonu i dopušta pristup samo osobama s kojima je doista bliska. To su roditelji, djeca, supružnici, bliski prijatelji, rođaci i osobe s kojima je u vezi, a ona iznosi od 15 do 45 centimetara.



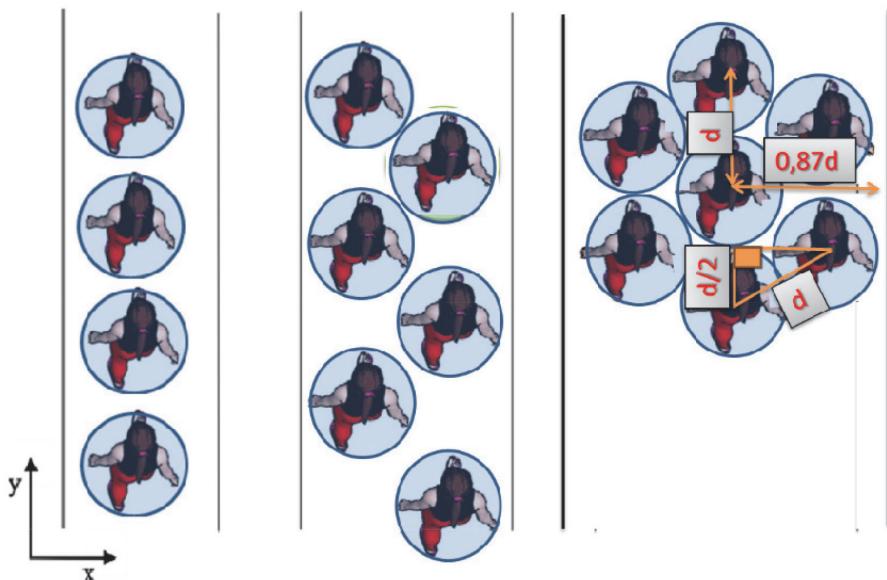
Slika 14. Opis intimne zone kod evakuacije (Simulex vektorska analiza) [11]

$$\text{bočni prostor} = \sqrt{d^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = d^2 \sqrt{\frac{3}{4}} = 0,866d \quad (4)$$

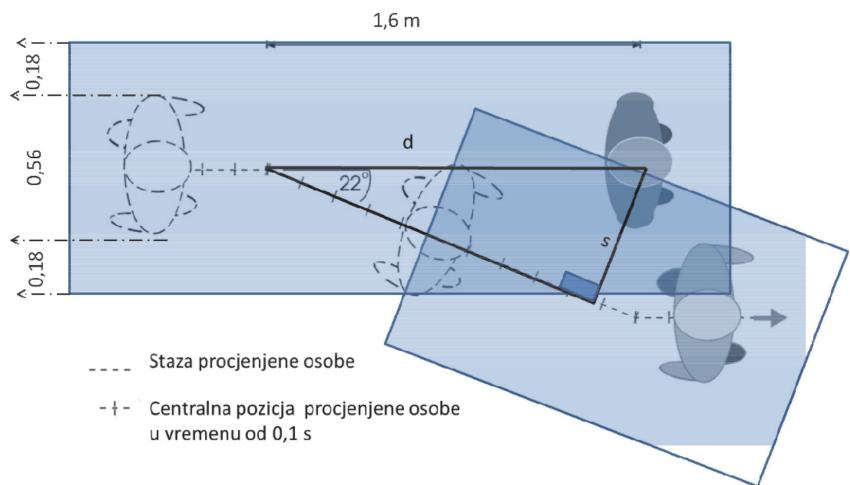
$$\text{prostor po osobi } A = 0,866 d^2 \quad (5)$$

$$\text{gustoća } \rho = \frac{1}{A} = \frac{1}{0,866d^2} = \frac{1,155}{d^2} \quad (6)$$

$$\text{osobna udaljenost } d = \sqrt{\frac{1,155}{\rho}} \quad (7)$$



Slika 15. Grafički prikaz izračuna osobnog prostora u evakuaciji



Slika 16. Potreban prostor za pretjecanje osobe [11]

3 Proračun evakuacije

3.1 Elementi analize

3.1.1 Hrvatsko zakonodavstvo

Definicija evakuacijskog puta glasi: evakuacijski put iz građevine je **posebno projektiran i izведен put koji vodi od bilo koje točke u građevini do vanjskog prostora ili sigurnog prostora u građevini, čije značajke (otpornost i reakcija na požar, širina, visina, označavanje, protupanična rasvjeta i dr.) omogućuju da osobe zatečene u požaru mogu sigurno** (samostalno ili uz pomoć spasioca) **napustiti građevinu** [12].

Zakon o zaštiti od požara (ZZOP) [12] spominje evakuaciju pri donošenju dokumenata prostornog uređenja u kojem navodi da treba voditi računa o prostornim uvjetima zaštite od požara, posebice o:

- mogućnosti evakuacije i spašavanja ljudi, životinja i imovine
- sigurnosnim udaljenostima između građevina ili njihovom požarnom odjeljivanju
- osiguranju pristupa i operativnih površina za vatrogasna vozila
- osiguranju dostaatnih izvora vode za gašenje,

uzimajući u obzir postojeća i nova naselja, građevine, postrojenja i prostore te njihova požarna opterećenja i zauzetost osobama. Propisano je istim Zakonom da su vlasnici, odnosno korisnici građevina, građevinskih dijelova i drugih nekretnina te prostora, odnosno upravitelji zgrada dužni održavati slobodnima i propisno označenima evakuacijske putove, kao i pristupe vatrogasnim vozilima.

Inspektorima ZOP dana je ovlast obustave određenih radnji ili djelatnosti kada postoji neposredna opasnost od nastajanja i širenja požara ili je ugrožena evakuacija osoba. Za slučajeve kada vlasnik ili korisnik prostora ne održava svoje evakuacijske putove prohodnjima propisana je i novčana kazna.

Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN br. 29/2013 i 87/2015) [13] propisuje detaljnije evakuaciju iz građevina. U članku 29 Pravilnika stoji da u zgradi mora biti **dovoljan broj evakuacijskih putova** odgovarajućih prostornih i drugih parametara (udaljenost, širina, visina, otpornost na požar i slično) i **dovoljan broj izlaza**. Sigurno i pravovremeno napuštanje zgrade u slučaju požara osiguravaju se primjenom odgovarajućih mjera - rasporedom i brojem evakuacijskih putova te izlaza **primjereno broju ljudi i njihovoj pokretljivosti**.

Broj evakuacijskih putova, odnosno putova za spašavanje, ovisno o broju korisnika prostora iznosi:

- najmanje dva evakuacijska puta, ako je broj korisnika manji od 500
- najmanje tri evakuacijska puta, ako je broj korisnika od 500 do 1000
- najmanje četiri evakuacijska puta, ako je broj korisnika veći od 1000.

Izračunavanje broja evakuacijskih putova

Za izračunavanje broja evakuacijskih putova i njihove širine koristi se podatak o broju korisnika, odnosno zaposjednutost prostora.

Širina evakuacijskog puta

Širina evakuacijskog puta određuje se prema broju osoba na etaži koja ima najveću zaposjednutost prostora, uz uvjet da se širina evakuacijskog puta ne smanjuje na nižim etažama građevine. Potrebna širina evakuacijskih putova određuje se kao umnožak broja osoba s koeficijentom (tablica 2.), s tim da širina evakuacijskog puta ne može iznositi manje od 1,10 metara, osim kod visoke zgrade kod koje širina evakuacijskog puta ne može iznositi manje od 1,25 metara te prostora s kapacitetom zaposjednutosti do 50 osoba kod kojih širina evakuacijskog puta može biti 0,90 metara. Svjetla širina vrata na evakuacijskom putu mora iznositi najmanje 0,90 metara, osim u prostorima u kojima se okuplja manje od 50 osoba, kad mora iznositi najmanje 0,80 metara [13].

Tablica 2. Koeficijent za izračun potrebne širine evakuacijskih putova

Prostori	Stubišta (širina po osobi) [mm]	Rampe i slično (širina po osobi) [mm]
Zdravstvena skrb, sa spriklerima	8	5
Zdravstvena skrb, bez sprinklera	15	13
Sadržaji visokog rizika	18	10
Svi ostali	8	5

3.1.2 Primjer izračuna

Potrebno je odredi broj evakuacijskih putova i njihovu širinu za prostor kasina i sličnih prostora zaigrekoji se nalazi na trećem katu (maks. 30 metara do izlaza). Površina prostora (F) je 45 x 20 m.

KORAK 1 - zaposjednutost prostora (d)

Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara.

Tablica 3. Zaposjednutost prostora

Određivanje broja osoba (zaposjednutost) nekog prostora u odnosu na njegovu namjenu i površinu	
Vrsta upotrebe	m ² (po osobi) 1
Kasino i slični prostori za igre	1.00

$$\text{zaposjednutost prostora : } d = 1,0 \frac{m^2}{\text{osobi}} \quad (8)$$

KORAK 2 - broj osoba (korisnika) u prostoru s obzirom na površinu

$$\left(\frac{F}{d}\right) = \left(\frac{45 \cdot 20}{1}\right) = 900 \text{ osoba} \quad (9)$$

Tablica 4. Potreban broj evakuacijskih stubišta prema broju korisnika

Broj evakuacijskih stubišta	Broj korisnika prostora
najmanje 2	< 500
najmanje 3	500 - 1000
najmanje 4	> 1000

KORAK 3 - širina evakuacijskih stubišta, koeficijent (C)

Tablica 5. Koeficijent (C) za izračun širine evakuacijskog stubišta

Prostori	Stubišta (širina po osobi) [mm]	Rampe i slično (širina po osobi) [mm]
Zdravstvena skrb, sa sprinklerima	8	5
Zdravstvena skrb, bez sprinklera	15	13
Sadržaji visokog rizika	18	10
Svi ostali	8	5

KORAK 4 - ukupna širina evakuacijskih stubišta (metara):

$$\text{Ukupna širina evakuacijskog stubišta } C_s = \left(\frac{F}{d} \cdot C\right) = 900 \cdot 0,008 \text{ m} = 7,2 \text{ m} \quad (10)$$

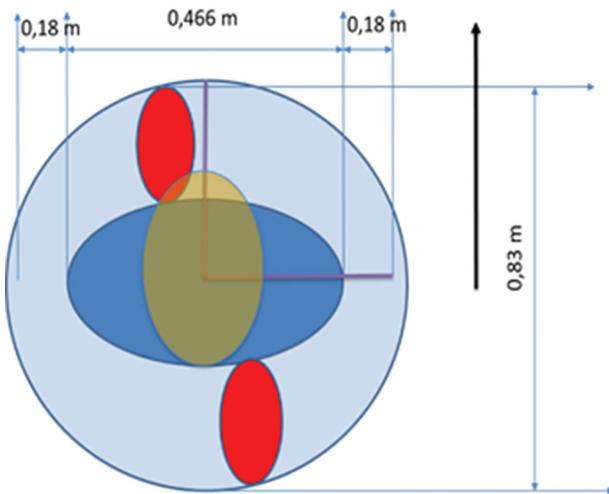
KORAK 5 - prema izračunu broja korisnika prostora potrebno je odrediti najmanji broj evakuacijskih stubišta u odnosu na najmanju širinu:

$$\frac{\text{širina svih izlaza}}{\text{najmanji broji zlaza}} = \frac{7,2 \text{ m}}{3} = 2,4 \text{ m} \leftrightarrow (3 \text{ izlaza po } 2,4 \text{ m}) \quad (11)$$

Izračun vremena evakuacije nije potreban za građevine do 300 osoba ili do 50 osoba smanjene pokretljivosti. Sve građevine koje su izvan ovih vrijednosti moraju imati izračun vremena evakuacije prema priznatim proračunima ili modelima.

Na osnovi prikazanog izračuna može se zaključiti da je Pravilnik dosta strog i pitanje je treba li tolika širina evakuacijskih stubišta ovisno o vremenu izlaska iz građevine. Moramo napomenuti da smo namjerno zanemarili činjenicu da se kasino ubraja u prostore visokog rizika (velika požarna opasnost) te da bi ta širina prema izračunu za visoki rizik bila kudikamo veća. Nismo uzeli u obzir niti osobe smanjene pokretljivosti, jer bismo morali proširiti jedno stubište za invalidsku rampu koja je min. 1,5 m.

Ako uzmemo u obzir da prosječni Hrvat u dobi od 18 do 82 godine ima širinu ramena 0,466 m [1] te mu dodamo sa svake strane po 0,18 m, dobit ćemo širinu prostora prosječnog Hrvata 0,826 m, što se razlikuje od američkog i kanadskog prosjeka koji je 0,92 m, prema Fruinu [2].



Slika 17. Prosječne dimenzije muškaraca (Hrvata) u pokretu

Antropološkim mjerjenjima utvrđeno da je prosječni korak Hrvata 0,83 m. Na temelju toga može se zaključiti da je 0,18 m dodatka sa svake strane koje je dodao Fruin prihvatljivo. Činjenici da je ljudsko tijelo u pokretu sličnije krugu nego elipsi ide u prilog antropološko mjerjenje koje je pokazalo da je prosječan korak Hrvata 0,83 m, a širina ramena od 0,466 s dodatcima od 0,36 jednako 0,826 m.

3.2 Vrijeme evakuacije

Vrijeme do početka evakuacije teško je odrediti. Je li uopće potrebna evakuacija iz zgrade sa 6 katova u kojoj se zapalio tavan? Uglavnom ne, jer vatra i dim uvijek idu prema gore. No što kada bi se zapalio podrum te iste zgrade? U tom slučaju je potrebno izvršiti evakuaciju. Tko i kada naređuje da se ljudi evakuiraju iz građevine koja je zahvaćena požarom i je li u nekim situacijama sigurnije ostati u svojem stanu i čekati dolazak spasioca (vatrogasaca)? Ovo su pitanja koja zahtijevaju detaljnju analizu svake građevine, od broja evakuacijskih izlaza, sastava gorivih komponenti, požarnih odvajanja, brzine dolaska vatrogasaca, materijala ugrađenih u građevinu, prozora, pristupa građevini, dovoljnu količinu sredstava za gašenja.

3.2.1 Prikaz analize vremena evakuacije

Za primjer smo uzeli izmišljenu građevinu (kasino iz prethodnog odjeljka). Kasino se nalazi na trećem katu građevine (na zadnjem katu), na drugom i prvom katu su uredi, a u prizemlju se nalazi trgovina mješovitom robom. Tlocrtna površina kata je 45 x 20 m (900 m^2).

Izračunom smo pokazali da je potrebno napraviti minimalno tri evakuacijska izlaza ukupne širine 7,2 m.

Prema Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN br. 29/13 i 87/15) prilog 4. tablica 1., zaposjednutost prostora ureda iznosi $9,3 \text{ m}^2$ po zaposleniku.

Prema zaposjednutosti prostora i kvadraturi, u prostoru se nalazi (po katu) $900 \text{ m}^2 / 9,3 \text{ m}^2 / \text{osobi} = 97$ osoba, na dva kata maksimalan broj osoba je 194 osobe. U prizemlju se nalazi prema tablici 1., zaposjednutosti prostora $900 \text{ m}^2 / 2,8 \text{ m}^2$ po osobi = 321 osoba. Ukupan broj osoba u građevini pr + 3 nalazi se 1415 osoba.

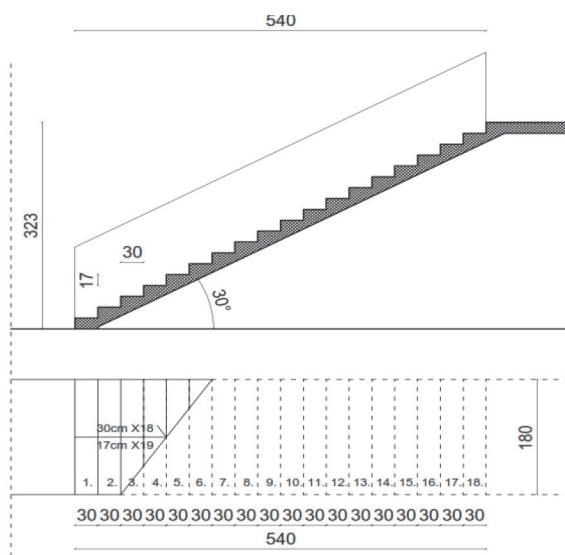
Prosječna brzina hoda po ravnem terenu u prosjeku iznosi oko $1,4 \text{ m/s}$, [14]. Što su ljudi stariji ili je gustoća ljudi veća, smanjuje se i brzina hoda, pa možemo reći da je $s = 1,4 \text{ m/s}$ (brzina hodanja). Za primjer stubišta ($17,30; k = 1,16$) i gustoće ($D_o = 3 \text{ osobe/m}^2$) smanjuje brzinu i to:

$$s = k - a \cdot k \cdot D_o \quad (12)$$

$$s = 1,16 - 0,266 \cdot 1 \cdot 3 = 0,36 \text{ m/s}$$

$k = 1,4$ (za ravni hodnik), $k = 1 - 1,23$ (za stubišta), prema [15]

$a =$ faktor za osobe $0,266 (\text{m}^2/\text{osobi})$ zadani (mjereno 1970. dr. Fruin)



Slika 18. Stubište u predmetnoj građevini

Uzmimo u obzir da su naša gazišta stuba u stubištu širine 0,3 m, visine 0,17 m s kutom stubišta od 30° , visina etaže iznosi 3,2 m. Za svladavanje visinske razlike i zadovoljavanje kuta stubišta potrebno je odrediti hoće li stubište biti dvokrako ili jednokrako. Budući da je potrebno 18 stuba, možemo uzeti jedan krak. S obzirom na broj korisnika građevine, izradit ćemo četiri stubišta širine 1,8 m, što znači da bina svakom stubištu trebale izaći 353 osobe.

Izračun protoka po jedinici širine svakog stubišta izražava se jednadžbom, prema [16]:

$$W_s = 1,8 \text{ m}$$

$$B = 0,15 \text{ (rukohvati sa svake strane)}$$

$$W_e = W_s - 2B = 1,5 \text{ m (efektivna širina stubišta)} \quad (13)$$

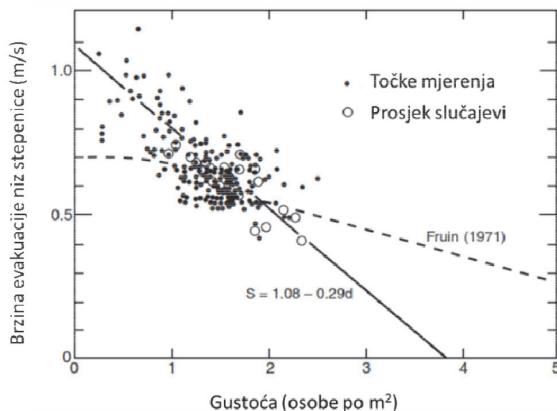
$$F_s = S D_o = 21,6 \cdot 3 = 64,8 \text{ osoba/m/min (specifični protok)} \quad (14)$$

Budući da su 353 osobe na jednom evakuacijskom izlazu, možemo izračunati vrijeme evakuacije samo za to stubište:

$$T_p = N/F_s \text{ (s)} \quad (15)$$

$$T_p = 353/64,8 \text{ osoba u minuti} = 3,6 \text{ min}$$

Prema izračunu vremena evakuacije za promatranu građevinu s podacima za mjerenu populaciju Kanađana, ukupna evakuacija građevine bit će izvršena za 3,6 minuta ako zanemarimo pritoke ljudi s katova. Iako je 3,6 minuta puno vremena, sve ovisi o vrsti gorivih tvari i sigurno bi u stubištu doprlo i malo dima (nećemo računati količinu ulaznog dima u stubište kroz zazore evakuacijskih vrata).



Slika 19. Odnos između gustoće i brzine na stepeništu u nekontroliranoj ukupnoj evakuaciji

Prosječni korak Hrvata je 0,83 m. Dakle, imamo kružnicu koja je u startu manja od opisane kružnice prosječnog Kanađanina koja iznosi 0,91 m. Potrebno je odrediti koeficijent protoka Hrvata u odnosu na koeficijent protoka Amerikanaca. To možemo odrediti prema formuli za opisanu kružnicu jednostraničnog trokuta i površine istog trokuta.

$$R = \frac{a\sqrt{3}}{3} \quad (16)$$

$$P = \frac{(2r)^2 \sqrt{3}}{4} = r^2 \sqrt{3} \quad (17)$$

$$P_A = 0,3586$$

$$P_H = 0,2979$$

$$\frac{P_A}{P_H} = 1,2038$$

$$SA = kt[1 - 0,266Do] \quad (18)$$

$$SH = kt[1 - 0,221Do] \quad (19)$$

Prema izrazu (12), za brzinu kretanja stubištem prema dolje u našem primjeru je 0,36 m/s, a za hrvatsku populaciju s obzirom na antropološke mjere, brzina kretanja je povećana na 0,49 m/s.

$$s = 1,16 - 0,221 \cdot 1 \cdot 3 = 0,49 \text{ m/s} \quad (20)$$

Prema izrazu (14), povećao se specifični protok na 88,2 osoba/m/min.

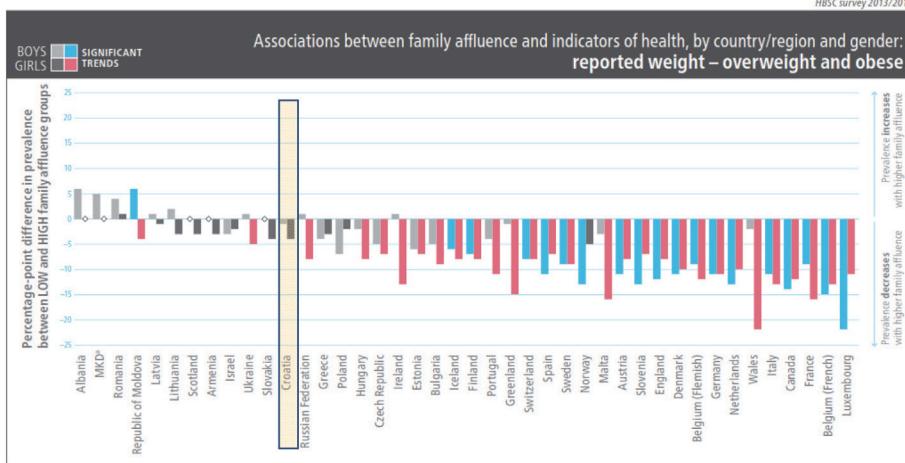
Samim povećanjem specifičnog protoka vrijeme evakuacije se smanjilo prema izrazu (15) na 2,67 min za ukupnu evakuaciju iz naše građevine.

3.3 Utjecaji na širinu evakuacijskog puta

Dječje pretilosti, multifaktorska bolest, globalna je epidemija koja predstavlja ozbiljan rizik za sadašnje i buduće zdravljje mladih ljudi. Djeca s visokim indeksom tjelesne mase (BMI) često postaju pretile odrasle osobe. Ovdje prikazani nalazi upozoravaju na proporciju težine i visine na temelju standardne krivulje prekomjerna tjelesna težina prema istraživanju svjetske zdravstvene organizacije (WHO) [17], slika 20.

Prema WHO prekomjerna težina kod djece u dobi od 11 godina predstavlja ozbiljni problem u kasnjem razvoju i životu odrasle osobe. Prema WHO, hrvatski se jedanaestogodišnjaci ubrajaju (prosječno) u sam vrh pretilosti u svijetu (44 istraživane zemlje). Prosječna pretilost ženske djece tog uzrasta iznosi 20 %, a muške 33 %. U istraživanjima WHO vidi se da djeca u RH s godinama u prosjeku gube na tjelesnoj masi. 13-godišnje djevojčice su u prosjeku pretile 14 %, dječaci 27 %, a sa 15 godina to je još i manje: djevojčice 9 %, a dječaci 24 %.

Prema podacima Hrvatske zdravstvene ankete iz 2010. godine, u Hrvatskoj je s indeksom tjelesne mase $\geq 25 \text{ kg/m}^2$, 58,47 % starijih od 18 godina, od čega 63,31 % muškaraca i 54,17 % žena.



Slika 20. Izvještaj WHO o pretilosti djece

Kod određivanja antropoloških mjera širine ramena ili dužine koraka uzet je prosjek tako da nisu izdvajani oni koji su s povećanim indeksom pretilosti. Prema tome podaci o pretilosti mogu biti korišteni za daljnja predviđanja i određivanja faktora k i a. S obzirom na to da se indeks pretilosti mjeri češće od izvođenja antropoloških mjerjenja, potrebno je uzeti korekcijske faktore pri određivanju širine evakuacijskih putova i to na način da se dobije novi faktor k_p i a_p , [16].

$$k = \frac{k_p}{f_p} \quad f_p = 1,1 \rightarrow BMI 10\% \quad (21)$$

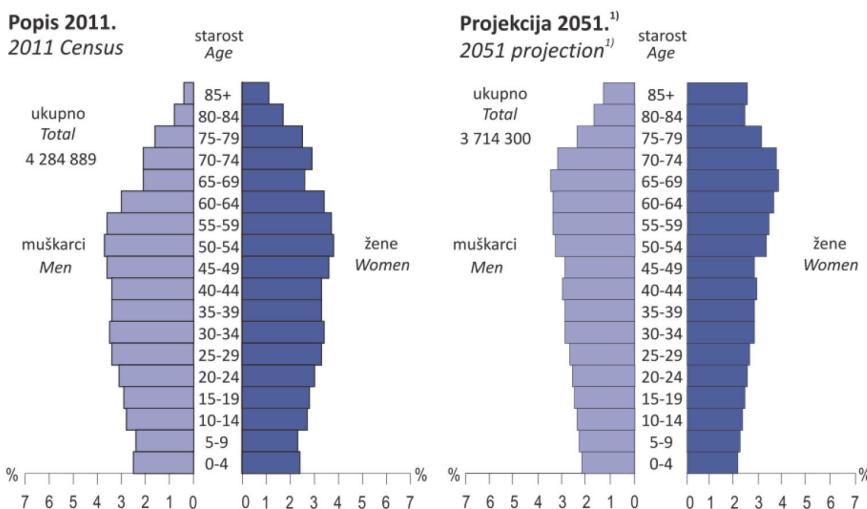
$$a = a_p \cdot f_p \quad (22)$$

Povećanje udjela starijeg stanovništva i produljenje životnog vijeka dovodi do pojačane potrebe sve većeg broja ljudi koji trebaju pomoći u staroj životnoj dobi. Ovo je još jedan pokazatelj važnosti razumijevanja izračuna vremena evakuacije u domovima za stare i nemoćne kao i u vrtićima, školama, domovima zdravlja i mjestima velikih okupljanja.

Edukacija o važnosti poznавanja putova kojima se može u slučaju bilo koje nepogode što brže izaći iznimno je značajna. Paniku i strah za ljudski život ne mogu zamijeniti široki hodnici, ali mogu spriječiti da se ne dogode velike nesreće. Svjedoci smo sve više požara u kojima najveću ulogu imaju ljudski faktori. Ne znamo kada će se što zapaliti, ali možemo predvidjeti opasnosti koje nam prijete kada do požara dođe.

Velika zarada prenamjenom obiteljskih kuća u obiteljske domove za stare i nemoćne potaknula je brojne obitelji da se počnu baviti udomiteljstvom, ne vodeći pritom računa o sigurnosti korisnika. U velik broj obiteljskih domova (nisu izuzetak niti državni) hitna pomoći ne može doći s bolničkim krevetom do pacijenta. O evakuaciji je suvišno govoriti. Takvi korisnici su na vlastitu odgovornost smješteni u domove i samo se možemo nadati da se neće ništa dogoditi (potres, poplava, požar...). U državnim domovima, u stacionarima, nepokret-

ne su osobe smještene na najviše katove, dok su na nižim katovima smještene pokretne osobe koje koliko-toliko mogu skrbiti o sebi. Puno je nelogičnosti i nebrige o skrbi za stare i nemoćne (i mi ćemo biti stari). Predviđanja starosnih skupina u 2051. za RH, prema [19], prikazano je na slici 21. Gradimo stanove i domove koje ćemo još dugo koristiti i to je potrebno imati na umu. Ukupni kapacitet smještaja i pomoći u kući za starije osobe u RH na dan 31.12.2016. iznosi 29.414 [18].



1) Varijanta srednjeg fertiliteta sa srednjom migracijom

Slika 21. Predviđanja starosnih skupina u 2051. za RH [19]

4 Zaključak

Pema podacima hrvatskih znanstvenika, antropološki podaci Hrvata bitno su se izmjenili u posljednjih pedesetak godina. Bili smo niži i mršaviji nego danas, prema podacima HZJZ očekuje se da ćemo biti deblji, a s obzirom na moderan stil i način života, tromiji i sporiji. Smanjena pokretljivost, a često i nepokretljivost starijih osoba nepromjenjiva je činjenica. Ove se činjenice ne smiju zanemariti prilikom određivanja potrebne širine evakuacijskih putova. Iako su antropološka mjerena rađena za potrebe određivanja veličine odjeće i obuće, ove su mjere autorima poslužile u analizi i određivanju prosječne veličine (širina i duljina koraka) Hrvata, kao temelj za određivanje potrebne širine evakuacijskih putova.

Prema podacima J. J. Fruina, prosječni Amerikanac ili Kanađanin, naime, zauzima $0,266 \text{ m}^2/\text{osobi}$, dok prosječni Hrvat prema izračunu i antropološkim mjeranjima zauzima $0,221 \text{ m}^2/\text{osobi}$.

Sadašnja regulativa u području zaštite od požara pri određivanju evakuacijskih putova je općenita. Zato ponekad neopravdano propisuje prevelike širine evakuacijskih putova, a ponekad neopravdano suviše male.

Ovim radom autori su željeli ponuditi podlogu za nadograđivanje koje je itekako potrebno, smatrajući da postoji mogućnost korištenja hrvatskih mjera za određivanje širina evakuacijskih putova u građevinama koje se projektiraju u našoj zemlji.

Literatura

- [1] Ujević, D., Rogela, D., Hrastinski, M., Szirovicza, L. i suradnici: Hrvatski antropološki sustav; podloga za nove Hrvatske norme za veličinu odjeće i obuće,
- [2] Blair, A.J.: The effect of stair width on occupant speed and flow of high rise buildings.
- [3] Pauls, J.L.: Suggestions on evacuation models and research questions
- [4] Bukowski, R.W.: Emergency Egress From Buildings
- [5] Mikšić, D.: Uvod u ergonomiju.
- [6] Scott, A.: Falls on Stairways
- [7] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske; Žene i muškarci u Hrvatskoj 2016.
- [8] Muftić, O., Milčić, D.: Ergonomija i sigurnost
- [9] <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/growing-up-unequal-hbsc-2016-study-20132014-survey>
- [10] Milanović, S.M., Uhernik, A.I., Fister, K., Mihel, S., Kovac, A., Ivanković, D.: Five-year cumulative incidence of obesity in adults in Croatia: the CroHort study.
- [11] Thompson, P., Nilsson, D., Boyce, K., McGrath, D.: Egress & Evacuation models
- [12] Zakon o zaštiti od požara, NN br.92/10
- [13] Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara NN 29/13 i 87/15
- [14] CFPA EUROPE; European guidelines No19:2009;
- [15] Harold, E., Nelson, B., MacLennan, H.A.: Emergency Movement
- [16] BRANZ 2008; Exit Width Provisions for Emergency Egress, Sudy Report No. 193 (2008);
- [17] WHO; international report from the 2013/2014 survey; Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being
- [18] Strategije socijalne skrbi za starije osobe u RH za razdoblje od 2017. do 2020. godine; NN 97/2017
- [19] HZJZ - Hrvatsko zdravstveni statistički ljetopis 2016.

BURSTLINING SANACIJA BEZ ISKOPAVANJA



PREDNOSTI U ODNOSU NA KLASIČNU SANACIJU:

- **izvođenje radova višestruko je brže**
 - bez rješavanja imovinsko-pravnih odnosa
 - bez ishodovanja građevinske dozvole
 - kraće vrijeme pripreme projekta
 - zemljani radovi svedeni su na minimum
- **nema opasnosti od oštećenja
okolne infrastrukture**
- **manje buke i prašine**

NAMJENA:

- sanacija tlačnih i gravitacijskih cjevovoda
- sanacija betonskih, azbest-cementnih, keramičkih, lijevano željeznih, čeličnih, PP, PVC i PE cijevi

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE:

- sanacija cjevovoda promjera od DN80 do DN1000
- mogućnost povećanja promjera do 50 % u odnosu na postojeću cijev
- sanacija sa jednog okna do 250 m, ovisno o vrsti tla i uvjetima položenog cjevovoda
- sanacijom se mogu ugraditi PE, lijevano željezne, poliesterske i PVC cijevi

IND-EKO d.o.o.

Korzo 40, HR-51000 Rijeka
tel.: +385 51 336 093, fax.: +385 51 336 022
e-mail: info@ind-eko.hr www.ind-eko.hr



GRAĐEVINAR

Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera

- Znanstveno-stručni članci
- Stručno-informativni prilozi

Časopis redovito izlazi 12 puta godišnje od 1949. godine

Citiranost:
Science Citation Index Expanded

Radovi se tiskaju na hrvatskom jeziku, a od broja 1/2012 svi radovi u on-line izdanju su u cijelosti na hrvatskom i engleskom jeziku

Najveći znanstveno-stručni časopis iz građevinarstva u Hrvatskoj



UDK 624.045(05)-002 | CODEN: GZDVE | ISSN 0950-2465 | Tiskarica - Poljoprinsavci

GRAĐEV

Volumen 60 / Volumen 60
Str. 1-402 / str. 403-480
Broj 1 / Broj 2
Svibanj 2013 / August 2013

Croatian Association of Civil Engineers
Journal of the Croatian Association of Civil Engineers

Volume 60 / Volumen 60
Str. 393-1068 / str. 393-1068
Rujan 2013 / September 2013

Croatian Association of Civil Engineers
Journal of the Croatian Association of Civil Engineers

Hrvatski Graditeljski Forum 2013
www.hgf.org.hr

Hrvatski Graditeljski Forum 2013
19.-20. studenoga 2013.
www.hgf.org.hr/hgf

GRAĐEVINAR

Volumen 60 / Volumen 60
Str. 669 - 970 / str. 669 - 970
Listopad 2013. / October 2013

Croatian Association of Civil Engineers, Zagreb, Berislavićeva 6

Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, Zagreb, Berislavićeva 6

10/2013





BAZENI SVETICE ZAGREB -
brušeni beton kao fasadni panel



MOST KRK - RUCONBAR -
sustav za zaštitu od buke



PRVA ECO SANDWICH KUĆA
Koprivnica

...pratimo sve zahtjeve suvremene arhitekture...



ARHEOLOŠKI PARK PRINCIPIJ,
Rijeka - lamele od lijevanog bijelog betona

PROIZVODNI PROGRAM:

- betonski opločnici
- obloge stuba
- fasadne obloge
- HŽ program
- specijalni betonski elementi
- predgotovljeni AB zidovi
- montažni stubišni krakovi
- AB stropne ploče
- AB montažne hale
- dodatni betonski elementi

NOVITETI:

- ECO-SANDWICH paneli
- RUCONBAR - zidovi za zaštitu od buke



BETON LUČKO d.o.o.

Puškarićeva 1b,
10250 LUČKO

www.betonlucko.hr



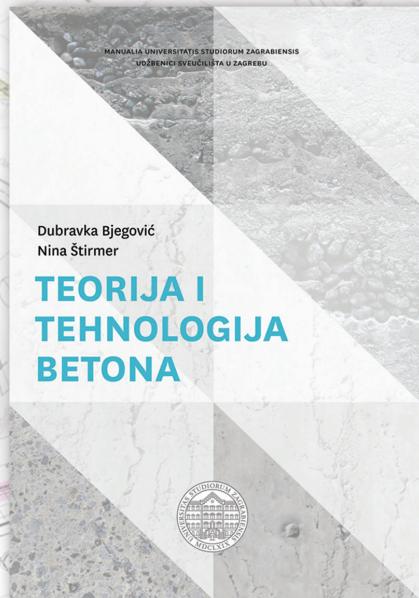
ŠETNICA ČIKAT Mali Lošinj -
opločnici PITAGORA od lijevanog betona



LIDO BEVANDA BEACH RESORT
Opatija - betonski opločnici LIDO

**TEHNIČKA PRIPREMA I
KONSTRUKCIJSKI BIRO U LUČKOM:**
00385/1/6599-742, 00385/1/6599-750,
info@betonlucko.hr

**PODRŠKA I PRIPREMA PROJEKATA
BETONSKE GALANTERIJE,
LUČKO:**
00385/1/6599-714, 00385/1/6599-700,
info@betonlucko.hr



Dubravka Bjegović
Nina Štrimer

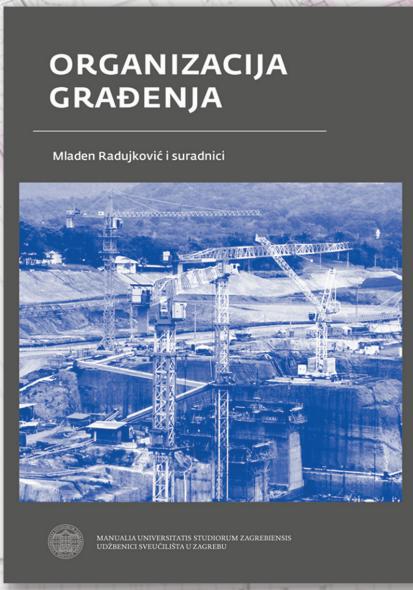
TEORIJA I TEHNOLOGIJA BETONA

MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGREBIENSIS
UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Betonske konstrukcije

1

Zorislav Sorić
Tomislav Kišiček



ORGANIZACIJA GRAĐENJA

Mladen Radujković i suradnici

MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGREBIENSIS
UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Nelinearna statika greda i okvira

Mladen Meštirović



NOVO U PONUDI



IZDANJE

Teorija i tehnologija betona:
Betonske konstrukcije 1:
Organizacija građenja:
Nelinearna statika greda i okvira:

CIJENA (s PDV-om)

400,00 kn
300,00 kn
252,00 kn
252,00 kn

Narudžba knjiga: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/izdavstvo/>



**HRVATSKI GRADITELJSKI
FORUM 2017**

30. studeni i 1. prosinac 2017.

Građevinski fakultet
u Zagrebu

Njemačka obiteljska tvrtka HAURATON već više od 60 godina diljem cijelog svijeta predstavlja inovativna rješenja oborinske odvodnje. Naš široki spektar linijske i točkaste odvodnje kao i visoko učinkovitih separatora i infiltracijskih građevina pruža maksimalnu sigurnost projektantima, izvođačima i investitorima. Naša inženjerska rješenja osiguravaju optimalne hidrauličke parametre, veliku čvrstoću elemenata i vrhunski dizajn proizvoda. Tehnička podrška tvrtke HAURATON na brz i susretljiv način pruža najveću pomoć pri izradi projekata i ugradnji proizvoda.

Cijeli niz reprezentativnih referenci duž cijelog svijeta su garancija kvalitete i pouzdanosti naših proizvoda.

HAURATON HRVATSKA d.o.o., Zelinska 7, 10000 Zagreb

Prodaja: 091 3091 408, Tehnička podrška: 091 3091 409

ured@hauraton.hr



www.hauraton.hr

GRAĐEVINAR

Journal of the Croatian Association of Civil Engineers

- Scientific and Professional Papers
- Professional news items

The journal is published regularly
12 times a year since 1949.

Abstracted/Index in:
Science Citation Index Expanded

Papers are published in Croatian language and, as of the first issue of GRAĐEVINAR for 2012, all papers in the online edition are entirely in Croatian and English

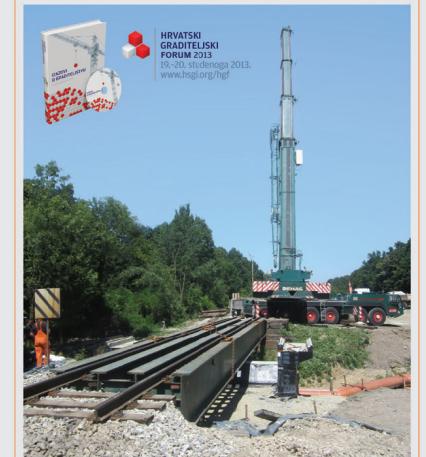
The biggest scientific & professional journal of civil engineering in Croatia



UOK 626-6905-062 | CODEN GRAVDE | ISSN 0950-2465 | Tiskalica - Poltarina pločena IP-u d.d. u poslovnom uredu | 10000 Zagreb
GRAĐEVINAR
Volumen 65 / Volume 65
Str. 965 - 970 / pp. 965 - 970
Listopad 2013. / October 2013

Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, Zagreb, Berislavićeva 6
Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, Zagreb, Berislavićeva 6

10/2013





HIDROPROJEKT-ING

HIDROPROJEKT-ING, Odjel Miramarska

Miramarska 38, 10000 Zagreb-HR

tel: +385 1 6159-012; +385 1 6159-013

fax: +385 1 6150-125

info_zg38@hp-ing.hr

HIDROPROJEKT-ING, Odjel Rijeka

Trg 128 brigade HV br. 10, 51000 Rijeka-HR

tel: +385 51 371-073

fax: +385 51 371-058

info_ri@hp-ing.hr

www.hp-ing.hr

Štrbačić, Šuker, Vrana, Kavčić, Jagoda Likić, Mesić, Danko Šafar, Jadranka Pavletić, Nataša Todorović Rex, Nino Rex, Damir Šafar, Dario Vuković, Dora Babelić Mioč, Branka Čenad, Jelena Kantoci, Zoran Kovačev, Mladen Lisić, Jagoda Likić, Mladen Lisić, Emir Mešić, Danko Mihelčić, Dragutin Mihelčić, Zrinko Pašalić, Jadranka Pavletić, Velimir Pliverić, Siniša Radićević, Nataša Todorović Rex, Nino Rex, Damir Šafar, Martina Tadić, Danilo Suchy, Mladenka Sučić, Damir Šafar, Martina Andrić, Antonio Vukelja, Davor Vuković, Dorian Andrić, Mladenka Žikić, Davorka Babelić Mioč, Branka Giljanović, Ana Kujović, Jelena Kantoci, Zoran Kovačev, Sebastian Krivić, Luka Jelić, Jelena Kantoci, Zoran Kovačev, Siniša Radićević, Karolina Kujović, Jagoda Likić, Mladen Lisić, Goran Mačukat, Luka Magaš, Vladimir Mandl, Emir Mešić, Danko Mihelčić, Dragutin Mihelčić, Bojan Novak, Lovro Panić, Zrinko Pašalić, Jadranka Pavletić, Velimir Pliverić, Tomislav Povjjeć, Siniša Radićević, Nataša Todorović Rex, Nino Rex, Davor Stanković, Nino Steinbauer, Hynek Suchy, Mladenka Sučić, Damir Šafar, Martina Tadić, Danijela Topić-Gašpar, Antonio Vukelja, Dario Vuković, Damir Andrić, Ivana Bolanča, Marijana Čenad, Jelena Kantoci, Zoran Kovačev, Sebastian Krivić, Svetozar Kuculo, Karolina Kujović, Mladen Lisić, Goran Mačukat, Luka Magaš, Vladimir Mandl, Farda Likić, Mladen Lisić, Dragutin Mihelčić, Bojan Novak, Lovro Panić, Siniša Radićević, Jadranka Pavletić, Velimir Pliverić, Tomislav Povjjeć, Siniša Radićević, Nataša Todorović Rex, Nino Rex, Davor Stanković, Nino Steinbauer, Hynek Suchy, Damir Šafar, Martina Tadić, Danijela Topić-Gašpar, Antonio Vukelja, Dario Andrić, Ivana Bolanča, Marijana Čenad



9 770024 596063

- Most Pelješac – današnji investicijski prioritet u Hrvatskoj
- Djelatnost ispitivanja i prethodnih istraživanja
- Standardizirani ugovori o građenju za javne naručitelje
- Sustav kontrole gradnje i neki rizici realizacije investicijskih projekata
- Rizici u velikim i kompleksnim projektima
- Pregled građevina bespilotnim letjelicama i daljinski upravljanim podmornicama
- Gdje je nestao inženjer?
- Problematika zapošljavanja mladih nakon završetka diplomske studije na građevinskim fakultetima u Hrvatskoj
- Gospodarenje građevnim otpadom - izazovi i prilike
- Građevni otpad i postupanje s njim tijekom gradnje
- Troškovno optimalne analize i rješenja za gotovo nulte energetske zgrade i primjeri iz prakse
- Razvoj koncepata gotovo nultih energetskih zgrada
- Utjecaj zrakopropusnosti na energetsku učinkovitost zgrada
- Zaštita od požara u građevinama
- Utjecaj promjena antropoloških mjera na širinu evakuacijskih putova