

# Sadržaj

1. Uloga regulative u razvoju graditeljstva Lino Fučić .....	9
2. Izazovi u održavanju mostova: ocjenjivanje stanja i ocjenjivanje sigurnosti Ana Mandić Ivanković, Marija Kušter Marić, Dominik Skokandić .....	41
3. Obnova i rekonstrukcija povijesnih mostova u Ninu nakon katastrofalne poplave 2017. godine Davor Grandić, Leo Matešić, Goran Grget .....	67
4. Izazovi u obnovi tvrđava Brod i Stara Gradiška Željka Perković, Darija Perković .....	99
5. Izazovi u obnovi zgrada željezničkih kolodvora: iskustva iz Hrvatske i svijeta Miroslav Prpić .....	137
6. Rizik od potresa u Hrvatskoj i mjere njegova ublažavanja prema iskustvima nedavnih potresa u Albaniji Josip Atalić, Marta Šavor Novak, Mario Uroš, Maja Baniček .....	149
7. Karakteristike materijala za gradnju iz aspekta požarne otpornosti konstrukcija i pouzdanost Eurokoda Neno Torić, Ivica Boko.....	187
8. Smjernice za izradu idejnih projekata infrastrukturnih građevina - željeznička infrastruktura Stjepan Kralj, Snježana Đurišić.....	205
9. Investicije u izgradnju i modernizaciju građevina Ministarstva obrane Republike Hrvatske Tihomir Tandarić, Tomislav Grozdanović, Velimir Anić .....	221
10. Analiza obveza proizvođača otpada u gospodarenju građevnim otpadom prema propisima Republike Hrvatske Vedrana Lovinčić Milovanović.....	241
11. Postupanje s muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda - primjeri dobre prakse Dražen Vouk.....	261
12. Rekonstrukcija i dogradnja putničkog terminala Zračne luke Split Hrvoje Patekar .....	299





## Uloga regulative u razvoju graditeljstva

Autor:  
dr. sc. Lino Fučić

Hrvatska banka za obnovu i razvitak  
Zagreb, Strossmayerov trg 9

## Uloga regulative u razvoju graditeljstva

Lino Fučić

### Sažetak

Rad se referira na stanje građevno-tehničke regulative (GTR) nakon donošenja Zakona o građenju 1992. te na tadašnja očekivanja u vezi s njezinim dalnjim razvojem u kontekstu osamostaljenja RH. U radu se daje pregled razvoja GTR u razdoblju od 1992. do danas. Sagledava se utjecaj razvoja GTR na graditeljstvo u reguliranom području. Analizira utjecaj nekih vanjskih okolnosti na razvoj GTR i procjenjuje stupanj ostvarivanja očekivanja iz 1992. Zaključuje kako bi bilo korisno izraditi strategiju razvoja graditeljstva s odgovarajućim sadržajem o razvoju GTR čiji razvoj mora biti nezavisan od utjecaja koji nisu stručno utemeljeni i gospodarski odnosno poslovno opravdani.

**Ključne riječi:** graditeljstvo, sustav kontrole gradnje, zakonodavni okvir, građevno-tehnička regulativa, tehnički propisi

## The role of regulation in the development of construction sector

### Abstract

The paper refers to the state of construction and technical related regulation (CTR) after the passing of the Construction Act in 1992 and expectations regarding its further development in the context of Croatia's independence. Provides an overview of the development of CTR since 1992 till today. Considers the impact of CTR development on construction in the regulated area. It analyzes the impact of some external circumstances on the development of CTR and estimates the degree to which expectations from 1992 have been met. Concludes that it would be useful to compose a construction sector development strategy with relevant content on the development of CTR, whose development must be independent of influences that are not professionally based and economically or commercially justifiable.

**Key words:** construction sector, building control system, legislative framework, construction and technical related regulation, technical regulation

## 1 Uvod

Povod za ovaj rad je ponovno čitanje članka pod naslovom "Uloga regulative u razvoju graditeljstva", autora Vasje Simića, dipl.ing.građ., objavljen u zborniku Sabora hrvatskih graditelja za 1993. godinu [1]. Autor, u vremenu oko godine dana nakon stupanja na snagu zakona koji, u novim okolnostima neovisnosti Republike Hrvatske, na novi način uređuje gradnju, raspravlja o zatećenoj građevno-tehničkoj regulativi i ulozi buduće regulative u razvoju graditeljstva.

Tekst je informativan iz mnogo razloga: daje nam presjek tadašnjeg stanja, očekivanja koja autor ima od državnih institucija i od gospodarskih subjekata sektora graditeljstva, te otkriva neke od zacrtanih ideja koje su trebale obilježiti stvaranje hrvatske građevno-tehničke regulative u okvirima promijenjenog društveno-političkog uređenja i od (tada očekivanog) skorog pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji.

Od objave članka prošlo je više od četvrt stoljeća. Hrvatska je u tom razdoblju doživjela značajne promjene. Jedna od možda najvažnijih, gledano iz aspekta izrade i donošenja građevno-tehničke regulative i njezine uloge u razvoju graditeljstva, jest svakako usklajivanje s pravilima europskog tehničkog zakonodavstva – obvezu koju je Hrvatska morala ispuniti u okviru pristupanja Europskoj uniji. U kojoj su se mjeri obistinila predviđanja iz 1993. godine i ima li kakvih preostalih obveza, ideja ili očekivanja koje nisu ispunjene, analizirat će se u ovom radu.

Vasja Simić, dipl.ing.građ., svojedobno jedan od vodećih stručnjaka u području razvoja i poznavanja građevno-tehničke regulative. U razdoblju prije 1991. godine obnašao je različite dužnosti povezane s razvojem i implementacijom građevno-tehničke regulative (šef građevinsko-urbanističkog odsjeka SO Črnomerec u Zagrebu, republički pa zatim glavni građevinski inspektor SRH). Bio je predavač na FGZ Zagreb za predmet Građevinska regulativa te voditelj i koordinator poslova standardizacije Koordinacijskog odbora građevinskih instituta bivše države. Autor je ili koautor većeg broja knjiga, članaka i rada iz područja razvoja i primjene građevno-tehničke regulative.

## 2 Očekivanja o razvoju građevno-tehničke regulative 1993. godine

Kakva su bila očekivanja o razvoju građevno-tehničke regulative 1993. godine, možemo pro-suditi iz uvodno spomenutog članka [1].

### 2.1 Opća zakonska (državna) regulativa

U prvom dijelu članka izlaže se, u najkraćim crtama, pregled stanja koje je nastalo donošenjem Zakona o građenju iz 1992. godine [2] (dalje: ZoG92) i njegovim podzakonskim aktima koji će uređivati kontrolu projekata, građevinski dnevnik i stručni ispit. Te podzakonske akte naziva se "općom zakonskom (državnom) regulativom" (pojam "državna" se vjerojatno ističe kako bi se naglasila razlika od, kasnije spomenute, autonomne regulative; danas: regulativa koja uređuje uvjete za osobe koje obavljaju određene poslove vezane za gradnju, i regulativa koja uređuje način postupanja upravnih tijela ili se odnosi na izradu i postupanje s dokumentacijom koja prati gradnju [3] (dalje: propisi o osobama/postupcima/

dokumentaciji). Iznesena predviđanja i očekivanja podudaraju se sa stavovima iznesenim u intervjuu koji je tadašnji ministar graditeljstva dao godinu dana ranije povodom donošenja ZoG92 (intervju sa Zdenkom Karakašem, ministrom graditeljstva i zaštite okoliša Republike Hrvatske objavljen je u časopisu "Građevinar" br. 44, 1992. godine), koji se mogu sažeti u nekoliko osnovnih značajki: radi se o Zakonu koji uređuje pouzdanost građevina i sigurnost njezinih korisnika, te odgovornosti sudionika u gradnji; uređuje upravne aspekte povezane s gradnjom građevina radi zaštite javnog i pojedinačnih interesa; daje okvir za djelatnosti projektiranja i građenja te ostavlja puno prostora za autonomno razvijanje odnosa među sudionicima u gradnji i kvalitetu građenja zasnovanom na ugovornim odnosima.

## **2.2 Tehnička zakonska (državna) regulativa**

Zanimljiviji dio teksta jest kratka analiza postojećeg stanja onog dijela građevno-tehničke regulative koju se naziva "tehničko zakonskom (državnom) regulativom" (danasa: regulativa koja razrađuje temeljne zahtjeve za građevinu - tehnički propisi i propisi vezani uz građevne proizvode [3]) (dalje: tehnički propisi+). Konstatira se stanje nastalo preuzimanjem Pravilnika o tehničkim normativima te Naredbi o obveznom atestiranju proizvoda koji se rabe u graditeljstvu od bivše državne tvorevine. Donošenjem Zakona o preuzimanju Zakona o standardizaciji koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuje kao republički zakon, "Narodne novine" br. 53/91, preuzeti su u hrvatski pravni sustav i njegovi podzakonski akti i standardi. Posebno se naglašava starost preuzetih akata: navodi se njihova prosječna starost više od 7 godina, dok su neki stariji od 14 godina (analiza načinjena za potrebe ovog rada pokazuje da je prosječna starost preuzetih propisa bila 9,2 godine, s time da su neki bili stari i 27 godina), kao i vrlo slaba usklađenost preuzetih standarda (danasa: norme) s međunarodnim ISO standardima. Naglašava se i činjenica da je velik broj standarda nosio oznaku "standard s obveznom primjenom", čime su zapravo stavljeni u status kakav imaju i propisi, te da se radi o pristupu koji nije u skladu s europskim načelima.

U okviru tog razmatranja, posebno se naglašava da je za daljnji razvoj ovog vida regulative nužno donošenje Zakona o normizaciji (iznosi se očekivanje da će taj zakon biti donesen do objave članka), kako bi se stvorile pretpostavke za rad u području hrvatske normizacije. Donošenje hrvatskih norma smatra se presudnim za stvaranje nove građevno-tehničke regulative, jer, kako se ispravno zapaža, radi se o zatvorenim i konzistentnim sustavima u kojima propisi i norme moraju biti međusobno usklađeni i koji (sustavi) moraju imati svoju cjelokupnu infrastrukturu (odgovorne osobe, ospozobljena ispitna tijela i sl.) da bi mogli uspješno funkcionirati. Pri tome se naglašava da propisi služe da bi se norme mogle primijeniti.

## **2.3 Autonomna regulativa**

U članku se slijedi glavna teza postavljena ZoG92, a to je da se radi samo o okviru unutar kojega obveznici primjene Zakona (investitori i profesionalne osobe koje je investitor dužan angažirati) imaju jasno definirane obveze dok se velik dio odnosa između sudionika u gradnji treba urediti autonomnom regulativom (regulativom koja ne potječe od zakonodavca već ju donose i njezinu primjenu ugovaraju sami gospodarski subjekti - sudionici obveznih odnosa) [4]. U tom se smislu zastupa teza da je to prostor u kojem postoji potreba za razvijanjem mehanizama stvaranja autonomne regulative i potreba za navikavanjem da gospodarski subjekti imaju interesa razvijati takve dokumente.

## 2.4 Očekivanja o razvoju građevno-tehničke regulative

Na koncu razmatranja, postavljaju se glavne odrednice o načinu na koji bi se građevno-tehnička regulativa trebala razvijati, tko bi trebao biti sudionik tog razvoja i s kakvom ulogom i odgovornostima (tablica 1.).

**Tablica 1. Glavne odrednice načina razvoja građevno-tehničke regulative – očekivanja 1992. godine**

	Opća zakonska (državna) regulativa (danas: propisi o osobama/ postupcima/dokumentaciji)	Tehničko zakonska (državna) regulativa (danas: tehnički propisi+)	Autonomna regulativa
Opis	uređuje: - uvjete za osobe koje obavljaju određene poslove vezane za gradnju, i - postupanja upravnih tijela ili se odnosi na izradu i postupanje s dokumentacijom koja prati gradnju	razrađuje temeljne zahtjeve za građevinu	pravila čiju primjenu ugovaraju sami gospodarski subjekti - sudionici obveznih odnosa
Primjer	uredbe; pravilnici; naputci	- preuzeti pravilnici o tehničkim normativima, pravilnici o tehničkim mjerama i uvjetima, naredbe i pravilnici o obveznom atestiranju itd. (danas: priznata tehnička pravila); - tehnički propisi, pravilnici vezani uz građevne proizvode	uzance; opći tehnički uvjeti; metode rada, izrade dokumentacije i kalkulacije; tehnički uvjeti; normativi utroška rada i materijala te pružanja usluga
Donositelj	regulator (zakonodavac odnosno resorno ministarstvo)	regulator (zakonodavac odnosno resorno ministarstvo); upućivanje na norme (norme priprema i/ili prihvaća nacionalno normirano tijelo)	komore, banke, poduzeća, druge asocijacije
Stanje 1992. godine	ostavljeni na snazi: - Pravilnik o vođenju građevinskog dnevnika (NN 43/78.); - Pravilnik o programu i načinu polaganja stručnih ispita za obavljanje poslova u izgradnji objekata (NN 23/89.). - Pravilnik o određivanju objekata za koje se obavlja kontrola tehničke dokumentacije (NN 36/83.).	preuzeto od bivše državne tvorevine: - najmanje 35 Pravilnika i Naredbi - veći broj standarda; Ostavljen na snazi: - Pravilnik o prostornim standardima, urbanističko-tehničkim uvjetima i normativima za sprječavanje stvaranja arhitektonsko-urbanističkih barijera (NN 47/82)	ostavljene na snazi: - Posebne uzance o građenju (SL 18/77)
Planirani razvoj	donijeti propise o kontroli projekata, građevinskom dnevniku i stručnom ispitu	donijeti tehničke propise i odrediti obveznu primjenu hrvatskih norma	velik dio odnosa između sudionika u gradnji urediti autonomnom regulativom

Uprkos nekim podacima i tezama iznesenim u članku koji se mogu smatrati upitnim (popis preuzetih podzakonskih akata, međuodnos propisa i norma), vrijednost članka je u tome da nam predstavlja osnovne konture onoga što danas nazivamo *sustav kontrole gradnje* kakav je bio zamišljen nakon osamostaljenja Republike Hrvatske. Nadalje, kao posebno važan element ovoga članka nalazi se to što se naglašava da resorno ministarstvo treba pratiti primjenu propisa, kako bi pravovremeno i na ispravni način interveniralo u sustav.

### **3 Razvoj hrvatske građevno-tehničke regulative nakon 1992. godine**

Razvoj hrvatske građevno-tehničke regulative nakon osamostaljenja Republike Hrvatske možemo promatrati na dvije razine – na razini skupine zakona koji uređuju ili sudjeluju u uređivanju užeg područja graditeljstva te na razini podzakonskih akata koji se donose na osnovi tih zakona. Nadalje, i jedna i druga razina akata može se promatrati u okviru tri značajna razdoblja. Prvo razdoblje počinje s donošenjem ZoG92, a završava s formalnim početkom obveznog usklađivanja hrvatske građevno-tehničke regulative s pravnom stečevinom Europske unije 2001. godine kad je potpisana Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju između Republike Hrvatske, s jedne strane, i Europskih zajednica i njihovih država članica, s druge strane [5] (dalje: SSP). To je razdoblje obilježeno gotovo nikakvim razvojem regulative iz skupine tehnički propisi+.

Druge razdoblje je od početka usklađivanja regulative s pravnom stečevinom Europske unije do dana pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji, a ono je obilježeno vrlo intenzivnim razvojem regulative iz te skupine i postavljanjem standarda pisanja podzakonskih akata nove generacije, osobito tehničkih propisa.

Treće razdoblje obuhvaća razdoblje nakon pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji do danas, i obilježeno je nešto manjim intenzitetom razvoja građevno-tehničke regulative, osobito u dijelu tehničkih propisa+.

#### **3.1 Zakoni koji uređuju gradnju**

Razvoj građevno-tehničke regulative na zakonodavnoj razini je od 1991. godine, kada su u trenutku osamostaljenja Republike Hrvatske sustav kontrole gradnje uređivali Zakon o izgradnji objekata iz 1981. godine, Zakon o prostornom planiranju i uređivanju prostora iz 1980. godine, Zakon o građevinsko-urbanističkoj inspekciji iz 1980. godine i Zakon o standardizaciji iz 1988. godine, bio vrlo dinamičan i podložan čestim promjenama. Prva tri zakona su bili republički zakoni, i kao takvi su bez posebne zakonodavne procedure nastavili vrijediti nakon osamostaljenja Republike Hrvatske; kako je već spomenuto, Zakon o standardizaciji je bio savezni zakon, te je za njega donesen Zakon o preuzimanju Zakona o standardizaciji koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuje kao republički zakon kojim je uređena primjena tog Zakona i njegovih podzakonskih akata u Republici Hrvatskoj.

Temeljni zakon kojim se uređuje gradnja je Zakon o gradnji (gradnja: prema sadašnjoj definiciji iz Zakona o gradnji, obuhvaća projektiranje, građenje i stručni nadzor; prema mišljenju autora ovog rada, gradnja obuhvaća sve što je uređeno Zakonom o gradnji). Zakonu o gradnji iz 2013. godine [6] (dalje: ZoG13), koji je još na snazi prethodila su (nakon Zakona o izgradnji objekata)

još četiri zakona, a sustav kontrole gradnje dodatno je uređivalo (ili još uvijek uređuje) odnosno sudjeluje u njegovom uređivanju još 18 zakona. Analiza dinamike donošenja tih zakona, zajedno s njihovim izmjenama i dopunama, pokazuje da se radi o ukupno 60 zakonskih akata kojima se, počevši sa ZoG92 uređuje sustav kontrole gradnje. Jednostavnom računicom dolazimo do podatka da je (u prosjeku) jedna promjena nastajala svakih 5 - 6 mjeseci.

No, osim dinamičnosti, skupina zakona koji uređuju sustav kontrole gradnje mijenjala se i po obuhvatu područja koje uređuje te načinom rješavanja pojedinih pitanja.

Tako je ZoG92 [2] uređivao građenje (danас gradnju), projektiranje, održavanje građevine, određivao je tehnička svojstva kojima moraju udovoljavati građevine (kasnije bitni zahtjevi iz građevine, danas temeljni zahtjevi za građevine), te ustrojstvo i postupanje građevne inspekcije (danas građevinska inspekcija). Popis tehničkih svojstava kojima moraju udovoljavati građevine jasno pokazuje da je jedan od bitnih dokumenata koji se uzimao u obzir pri donošenju ovog Zakona bila europska Direktiva Vijeća 89/106/EEZ [7] (najčešće nazvana Direktivom o građevnim proizvodima, *Construction products directive*, dalje: CPD), koja definira bitne zahtjeve za građevinu, čime je već 1992. godine iskazana jasna namjera za buduće usklađivanje hrvatskog građevno-tehničkog zakonodavstva s europskom pravnom stečevinom. Isto se navodi i u spomenutom članku [1].

Izmjenom Zakona 1995. godine, ukinut je posebni zakon koji je uređivao građevinsko-urbanističku inspekciju (Zakon o građevinsko-urbanističkoj inspekciji, "Narodne novine" br. 18/80, 27/87, 47/89 i 26/93), a ZoG92 je dopunjeno odgovarajućim odredbama vezanim za građevinsku inspekciju. U okviru toga, kao nova mjera uveden je institut zatvaranja gradilišta s ciljem da se obudza vrlo raširena pojava bespravne gradnje. Nešto ranije, 1994. godine donesen je i novi Zakon o prostornom uređenju [8] (dalje: ZoPU94), kojim se umjesto dodatačnjih uvjeta uređenja prostora, kao bitnog dokumenta u procesu projektiranja građevina, u pravni sustav Republike Hrvatske uvodi lokacijska dozvola.

Zakonom koji je slijedio, Zakonom o gradnji iz 1999. godine [9] (dalje: ZoG99), područje koje zakon uređuje nije mijenjano u odnosu na ZoG92. Međutim, u vezi s uvjetima koje moraju ispunjavati osobe koje obavljaju poslove projektiranja i stručnog nadzora građenja, područje koje uređuje ZoG99 je usklađeno s posebnim Zakonom o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu iz 1998. godine [10] (dalje: ZoHKAIG98). Nadalje, ovim je zakonom predviđena i obveza da izvođači koji su registrirani kao pravne osobe moraju ispunjavati i određene dodatne uvjete da bi mogli obavljati djelatnost građenja. Uveden je i institut nostrifikacije projekata izrađenih u inozemstvu, a s ciljem jasnog definiranja odgovornosti projektanata uvedena je obveza projektanata da izrade izjavu o tome da je njihov glavni ili idejni projekt izrađen u skladu s odredbama posebnih zakona i drugih propisa odnosno s posebnim uvjetima. Učinjeni su i pomaci u smislu definiranja uporabe građevnih proizvoda, no, kako će se vidjeti pri analizi donošenja podzakonskih akata, bez velikog uspjeha.

Zakonom o gradnji iz 2003. godine [11] (dalje: ZoG03) uređivalo se projektiranje, građenje, uporaba i uklanjanje građevine, tehnička svojstva, uporabljivost i promet građevnih proizvoda te ustrojstvo građevinske inspekcije. Nadalje, određivali su se bitni zahtjevi (danас temeljni zahtjevi za građevine) i drugi uvjeti za građevinu te se uređivala provedba upravnih i drugih postupaka kao i prava i obveze tijela državne uprave, pravnih i fizičkih osoba s tim u vezi. Ovdje je bitno napomenuti da su i ZoG93 i ZoG99, baš kao i ZoG03, uređivali uporabu i uklanjanje građevine te provedbu upravnih i drugih postupaka te prava i obveze tijela

državne uprave, pravnih i fizičkih osoba s tim u vezi, međutim to nije bilo izričito navedeno u njihovim uvodnim odredbama. Prema tome, područja koja su se uređivala ZoG03 na novi način su bili uporabljivost i promet građevnih proizvoda te drugi uvjeti za građevinu. Uređivanjem uporabljivosti i prometa građevnih proizvoda u skladu s institutima predviđenim CPD-om [7] stvoreni su uvjeti za postupnu prilagodbu hrvatske industrije građevnih proizvoda i prateće infrastrukture kvalitete (normizacija, akreditacija i mjeriteljstvo, sve kao temelj za uređivanje poslova ocjenjivanja sukladnosti i certificiranja građevnih proizvoda) europskom sustavu, a od drugih uvjeta posebno treba istaknuti uređivanje uvjeta pristupačnosti građevina koji je ZoG03 stavio u jednaku razinu kao i bitne zahtjeve za građevinu. Ispravnost ovoga pristupa potvrdila se 2011. godine donošenjem europske Uredbe o građevnim proizvodima u kojoj je pristupačnost građevina uvedena kao jedan od temeljnih zahtjeva za građevine. Treća, vrlo značajna novost toga Zakona bilo je uvođenje obveze stalnog stručnog usavršavanja za osobe koje pružaju profesionalne usluge u graditeljstvu, te uvođenje obveze ispunjavanja propisanih uvjeta za projektantske uredi. Nadalje, obveza ispunjavanja propisanih uvjeta za izvođače-pravne osobe proširena je na sve izvođače. Praćenjem ispunjavanja obveze stalnog stručnog usavršavanja i uvođenjem suglasnosti kojima se dokazuje da gospodarski subjekti ispunjavaju propisane uvjete, izrazila se jasna volja zakonodavca da se kompetencijama i sposobnostima profesionalnih osoba i gospodarskih subjekata upravlja. Ispravnost ovoga pristupa potvrđuju aktualne aktivnosti Ujedinjenog Kraljevstva, koje je nakon teških posljedica požara na Grenfell Toweru u Londonu 2017. godine pokrenulo široku akciju izmjene građevinskog regulatornog okvira. U tom novom pristupu uređivanju sustava kontrole gradnje, jedna od središnjih tema jest kompetentnost i sposobnost sudionika u gradnji [12, 13.]. Međutim, izmjenom ZoG03 iz srpnja 2004. godine (članak 15., izmjene i dopune ZoG03, "Narodne novine" br. 100/04) [11] suglasnost za projektantske uredi je ukinuta, a slična je sudbina zadesila i obvezu stalnog stručnog usavršavanja (ukinuta 2015. godine pa ponovno nedavno uspostavljena), kao i obveza ispunjavanja određenih uvjeta sposobnosti izvođača (ukinuto 2015. godine).

Velika promjena u uređivanju sustava kontrole gradnje dogodila se 2007. godine kada se donošenjem Zakona o prostornom uređenju i gradnji [14] (dalje: ZoPUG07) jednim zakonom uredilo dva upravna područja: prostornog uređenja i gradnje. Tako je ZoPUG07 uređivao sustav prostornog uređenja, gradnju, nadležnosti tijela državne vlasti i tijela jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave u upravnim i drugim postupcima, te upravni i inspekcijski nadzor. Kako bi analiza uređivanja sustava prostornog uređenja prerasla okvire ovog rada, spomenut će se samo da je pojam "gradnje" po ZoPUG07 obuhvaćao projektiranje, građenje, uporabu i uklanjanje građevina. Kao i prethodni zakoni, i ovaj Zakon je uređivao temeljne zahtjeve i druge uvjete za građevine, no nije više uređivao uporabljivost i promet građevnih proizvoda, jer je za to područje 2008. godine donesen posebni Zakon o građevnim proizvodima [15] (dalje: ZoGP08) kojim je u pravni sustav RH u cijelosti prenesen CPD [7], tj. tada važeća pravna stečevina Europske unije u vezi s građevnim proizvodima. Isto tako, ovim Zakonom se više nisu propisivali posebni uvjeti koje radi obavljanja poslova i djelatnosti projektiranja, građenja i stručnog nadzora moraju ispunjavati osobe i gospodarski subjekti, već se to područje uredilo Zakonom o arhitektonskim i inženjerskim poslovima i djelatnostima u prostornom uređenju i gradnji iz 2008. godine [16] (dalje: ZoAIPDPUG08). Njime je, između ostalog, u hrvatski pravni sustav preuzeto i europsko pravno nasljeđe ve-

zano za slobodu pružanja usluga. Obveza izdavanja suglasnosti glede ispunjavanja dodatnih uvjeta (osim registracije za djelatnost građenja ili izvođenja pojedinih radova) za izvođače su ostale, no uz tu razliku da su uvjeti propisani neposredno ovim Zakonom, a ne više putem odgovarajućeg pravilnika, kako je to bilo uređeno ZoG03 [11].

Razvoj sustava kontrole gradnje je, na zakonodavnoj razini, nastavljen 2013. godine donošenjem danas važećeg ZoG13 [6] koji uređuje projektiranje, građenje, uporabu i održavanje građevina, provedbu upravnih i drugih postupaka s tim u vezi kao i temeljne zahtjeve i druge uvjete za građevinu, te se u Republiku Hrvatsku prenosi pravna stečevina Europske unije u dijelu energetske učinkovitosti zgrada. Istovremeno s njime doneseni su i Zakon o prostornom uređenju [17] (dalje: ZoPU13) i Zakon o građevinskoj inspekciji [18] (dalje: ZoGI13), koji su i danas na snazi. Nešto ranije iste godine donesen je i Zakon o građevnim proizvodima [19] (dalje: ZoGP13) kojim je stavljen izvan snage ZoGP08, a hrvatski pravni sustav je (ponovo) usklađen s europskim pravnim nasleđem, tj. promijenjenom europskom regulativom koja uređuje građevne proizvode iz 2011. godine (Uredba (EU) br. 305/2011 Europskog parlamenta i Vijeća od 9. ožujka 2011. koja propisuje usklađene uvjete trgovanja građevnim proizvodima i ukida Direktivu Vijeća 89/106/EEZ, Službeni list Europske unije L 88, 4.4.2011., str. 5). Kao neke od interesantnih novosti ZoG13 bitno je napomenuti da je uredio maksimalna dopuštena odstupanja pri građenju (čl. 19.) te da je nadzornim inženjerima uveo dodatnu obvezu provjere glavnog projekta kao dio stručnog nadzora (čl. 58.) i ukinuo obvezu izrade izvedbenog projekta za glavninu građevina (čl. 74.).

Aktualno stanje uređivanja sustava kontrole gradnje na zakonodavnoj razini nastavljeno je trenutno važećim Zakonom o komorama arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju [20] (dalje: ZoKAKIGPU15) i Zakonom o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje, oba iz 2015. godine [21] (dalje: ZoPDPUG15). Tim je Zakonom stavljen van snage ZoAIPDUG08 i dodatno je uređeno pružanje usluga u skladu s pravnom stečevinom Europske unije. Od novosti koje su značajno utjecale na razvoj graditeljstva, ovim je Zakonom ukinuta obveza izvođača da imaju suglasnost resornog ministarstva koja se odnosila na ispunjavanje dodatnih uvjeta za obavljanje djelatnosti građenja odnosno izvođenja pojedinih radova. Isto tako, ukinuta je i obveza stalnog stručnog usavršavanja projektanta, nadzornih inženjera te voditelja građenja i voditelja radova. Istovremeno, uređeno je da voditelji građenja odnosno voditelji radova moraju postati članovi odgovarajuće strukovne Komore. U vezi s tim dvjema zadnjim promjenama u sustavu kontrole gradnje uvedene 2015. godine, važno je napomenuti da se recentnim (2019. godine) promjenama u ZoKAKIGPU15 obvezno članstvo voditelja građenja i voditelja radova u strukovnim Komorama ukida (čl. 2.), a obveza stalnog stručnog usavršavanja profesionalnih osoba ponovo vraća (čl. 23.). Zadnji zakon (u trenutku pisanja ovoga rada) kojim je unesena promjena u sustav kontrole gradnje jest Zakon o državnom inspektoratu [22] (dalje: ZoDI18) koji na novi način uređuje ustroj i postupanje građevinske inspekcije, ali zadržava postojeći ZoGI13 [18] na snazi dok se ne dovrše postupci po tom Zakonu.

Osim zakona koji su navedeni u ovom kratkom pregledu, u proteklom razdoblju su na snazi bili (ili još uvijek jesu) i Zakon o postupanju s objektima građenjem protivno prostornim planovima i bez odobrenja za građenje iz 1992. godine [23] (uređivao je materiju nezakonite gradnje), Zakon o postupanju i uvjetima gradnje radi poticanja ulaganja iz 2009. godine [24] (uređivao je do konca 2013. godine izdavanje "rješenja za građenje"; drugim riječima ovim

Zakonom je uveden paralelni sustav izdavanja akta na temelju kojeg je dopušteno građenje, s obzirom na to da je – kako to proizlazi iz naziva Zakona - bilo ocijenjeno da sustav uspostavljen samo dvije godine ranije donesenim ZoPUG07 [14] nije dovoljno učinkovit u smislu ulaganja) i dva Zakona o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama [25, 26] (iz 2011. i 2012. godine, oba uređuju uvjete i način ozakonjenja nezakonito izgrađenih zgrada).

U ovom pregledu važno je spomenuti još i Zakon o obveznim odnosima [27], koji uređuje ugovorne odnose u cjelini, pa tako i u graditeljstvu. Međutim, kako se ne radi o zakonu koji sudionicima u gradnji nameće neke obveze u odnosu na zahtjeve i uvjete koje moraju ispuniti građevine, već samo uređuje njihove ugovorne odnose, taj Zakon nije uključen u daljnja razmatranja.

### 3.2 Podzakonski akti od 1992. do 2001. godine

#### 3.2.1 Podzakonski akti ZoG92

Podzakonski akti iz skupine propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji koji su trebali biti doneseni temeljem ZoG92 [2] imali su, uprkos propisanom roku od šest mjeseci od stupanja Zakona na snagu, zanimljivu dinamiku donošenja.

Pravilnici kojima se uređuje područje kontrole projekata te vođenje građevinskog dnevnika doneseni su u roku od približno sedam mjeseci od kada je Zakon stupio na snagu, no za pravilnik kojim se uređuje polaganje stručnog ispita trebalo je znatno duže vrijeme: novi je pravilnik objavljen tek 2005. godine i to nakon što je ZoG03 [11] u sustav kontrole gradnje uvedena i obveza stalnog stručnog usavršavanja za profesionalne osobe. Koji su bili razlozi da se s promjenom pravilnika čekalo toliko dugo, može se samo nagađati.

Izmjenom Zakona iz 1995. godine, kada se u ZoG92 unose odredbe o građevinskoj inspekciji, predviđeno je donošenje nekoliko podzakonskih akata kojima se uređuje rad inspekcije. Dva od tih pravilnika su donesena u relativno kratkom roku od donošenja izmjena ZoG92, dok je za treći, koji je uredio način zatvaranja gradilišta, trebalo nešto više vremena i on je donesen izvan propisanog roka.

Međutim, što se tiče propisa iz skupine tehnički propisi+, napretka nije bilo. Vjerojatan uzrok tome je formulacija koja je korištena u ZoG92, prema kojoj (čl. 13.) "Radi postizanja tehničkih svojstava bitnih za građevinu..." ministar "... donosi tehničke propise i određuje obveznu primjenu određenih hrvatskih normi." [2]. Odredba u neku ruku zbujuje jer se cijeni da je u suprotnosti s načelima primjene norma na kojem počiva europsko tehničko zakonodavstvo [28], tj. da:

- a) zakonodavac (Hrvatski sabor) postavi zahtjev koji treba biti ispunjen; taj je uvjet bio ispušten, *tehnička svojstva bitna za građevinu* (danas *temeljni zahtjevi*) definirani su ZoG92;
- b) regulator (u ovom slučaju je to ministarstvo nadležno za upravne poslove graditeljstva) definira u kojem slučaju se može smatrati da je zakonski zahtjev glede temeljnog zahtjeva za građevinu ispunjen; isto se uređuje tehničkim propisom koji treba:
  - definirati tehnički i/ili funkcionalni sklop koji je namijenjen ostvarivanju temeljnih zahtjeva za građevinu,
  - odrediti zahtijevane/tražene performanse tih sklopova, i
  - urediti kriterije prema kojima će se ocjenjivati te performanse;

- c) regulator u tehničkom propisu navede one hrvatske norme primjenom kojih sudionici u gradnji mogu biti sigurni da će postići propisane performanse tehničkih i/ili funkcionalnih sklopova;
- d) regulator smatra da je upravo zbog primjene tih norma ispunjena pravna prepostavka o ispunjavanju propisanih zahtjeva, tj. da je temeljni zahtjev za građevinu postignut;
- e) primjena norma nije obvezna i sudionik u gradnji smije primijeniti i drugu tehničku specifikaciju od norme koja je navedena u tehničkom propisu, no u tom slučaju pravna prepostavka o ispunjavanju propisanog zahtjeva nije automatski ispunjena i mogu se tražiti dodatni ili drugi dokazi.

Kako vidimo, formulacija koja se koristi u ZoG92 ne ispunjava u potpunosti uvjete iz ovoga načela, jer upućuje na obveznu primjenu norma. Neovisno o tome (jer zakonska odredba ne upućuje ministra da sve norme proglaši obveznim) prepreka je nastala i s dosezima hrvatske normizacije. Naime, Zakon o normizaciji [29] bio je donesen tek sredinom 1996. godine, pa je razumljivo da posao na izradi tehničkih propisa nije mogao niti započeti.

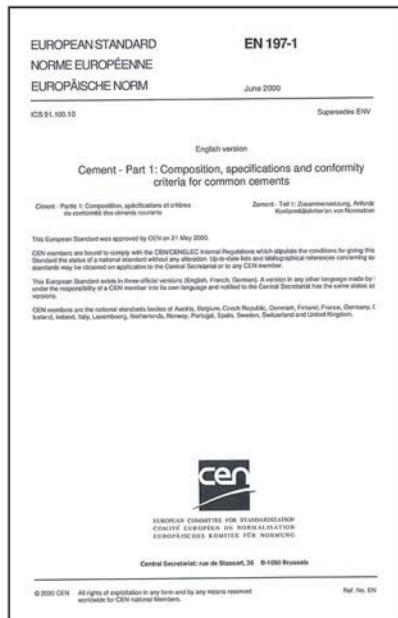
Ovaj zastoj u razvoju građevno-tehničke regulative pokušalo se prekinuti koncem 1997. godine. Tada je resorno ministarstvo objavilo "Javno nadmetanje za izradu prijedloga tehničkih propisa iz područja graditeljstva, prema Zakonu o građenju (NN 77/92, 82/92 i 33/95; oglas o raspisivanju javnog nadmetanja objavljen je 4.studenog 1997. u *Narodnim novinama* br. 117/97). Ono što posebno privlači pozornost u tekstu toga javnog nadmetanja jesu "posebne zadaće" koje su se odnosile na "prijevod i prilagodbu" odnosno na "prijevod i usklađenje" većeg broja europskih (EN i ENV) norma/prednorma te nekih međunarodnih (ISO) norma. Naime, prema tadašnjem Zakonu o normizaciji [29], hrvatske norme priprema (što bi sasvim sigurno podrazumijevalo "prijevod i prilagodbu" odnosno "prijevod i usklađenje") Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo (čl. 9. st. 1.). Isti Zakon uređuje (čl. 10.) da se za pripremu prijedloga hrvatskih normi osnivaju tehnički odbori koji su stručna radna tijela ravnatelja Zavoda, dok su članovi tehničkih odbora priznati stručnjaci imenovani na prijedlog pravnih osoba iz gospodarstva, mjerodavnih tijela državne uprave, gospodarske i obrtničke komore, zainteresiranih ustanova i drugih pravnih osoba.

Koliko je poznato, u nekom prihvatljivom roku od objave tog javnog nadmetanja rezultati nisu bili takve prirode da bi se mogli donijeti novi hrvatski tehnički propisi. Jedan od uzroka može biti i činjenica da su u to vrijeme i rezultati europske normizacije u dijelu implementacije CPD bili izuzetno skromni. Naime, prva usklađena europska norma povezana s CPD-om [7] bila je Norma za cement EN 197-1 (EN 197-1 Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements, slika 1.) koja je prihvaćena tek 2000. godine – dakle više od deset godina nakon što je CPD bila donesena i tri godine nakon što je objavljen javni natječaj.

U takvoj je situaciji razumljivo da bi razvoj, priprema i izrada izvornih hrvatskih norma, kojima bi se do prihvatanja europskih usklađenih norma zamijenili preuzeti standardi bivše države, bio pristup s uititim rezultatima. Naime, u takvom bi scenariju, slijedom budućih (u to vrijeme očekivalo se da se radi o bliskoj budućnosti) obveza u okviru pristupanja Europskoj uniji, Republika Hrvatska u nekom trenutku morala prihvati europske norme i istodobno ukinuti primjenu svojih (nedavno izrađenih) oprečnih izvornih hrvatskih norma. Sve bi to bio velik teret za stručnu zajednicu, posebno ako se uzme u obzir činjenica da

se normizacijske aktivnosti temelje na dobrovoljnem radu stručnjaka u okviru nacionalnog normirnog tijela.

Imajući ove činjenice na umu, ideja o povjeravanju gospodarskom subjektu izrade prijedloga tehničkih propisa iz područja graditeljstva koji bi (sukladno europskim načelima) trebali upućivati na norme, s time da se u taj posao službeno ne uključi nacionalno normirno tijelo koje je jedino mjerodavno za pripremu hrvatskih norma, iz današnje se perspektive čini u najmanju ruku upitnom.



Slika 1. Naslovna stranica EN 197-1:2000 (izvor: CEN)

### 3.2.2 Podzakonski akti ZoG99

Donošenjem ZoG99 [9] unesene su značajne promjene u dijelu propisa o osobama/postupcima/ dokumentaciji.

U dijelu uvjeta za osobe koje obavljaju određene poslove vezane za gradnju, ZoG99 uvodi obvezu izvođača koji su registrirani kao pravne osobe da za započinjanje obavljanja djelatnosti moraju imati suglasnost resornog ministarstva. Za propisivanje uvjeta i mjerila za izdavanje suglasnosti predviđeno je donošenje posebnog podzakonskog akta (čl. 21. st. 4.). Taj pravilnik, čiji nacrt je izrađen još 2001. godine [30], a temeljen je (između ostalog) i na ideji poticanja upravljanja kvalitetom građenja, nažalost nije donesen. Jedan od razloga su bila očekivanja da će se na europskoj razini donijeti odgovarajuća norma, no to se na koncu nije ostvarilo [31]. Propisi u vezi s kontrolom projekata (čl. 24. st. 3. i čl. 48. t. 7.) doneseni su u propisanom roku od godine dana, iako je Pravilnik o kontroli projekata doživio svoje novo izdanje već u rujnu 2000. godine. Pravilnik kojim se uređuje polaganje stručnog ispita (čl. 37. st. 3.), kako je već ranije napomenuto, nije donesen niti na temelju ZoG99.

Od podzakonskih akata kojima bi se uređivalo vrste projekata za određene vrste građevina (čl. 39. st. 6.) donesena su dva pravilnika: jedan koji je u okviru priprema za veliki razvoj hrvatske cestogradnje uredio vrste i sadržaj projekata za javne ceste i time otklonio potencijalne prijepore pri projektiranju i odobravanju projekata i drugi koji je nakon višegodišnjeg zanemarivanja propisa iz 1982. godine (Pravilnik o prostornim standardima, urbanističko-tehničkim uvjetima i normativima za sprječavanje stvaranja arhitektonsko-urbanističkih barijera, Narodne novine br. 47/82) osigurao primjenu pravila pristupačnosti u građevinama. Međutim, pravilnik kojim bi se uređivalo uvjete i mjerila za održavanje i projektiranje velikih brana (čl. 46. st. 3.) nije donesen.

Pravilnik koji uređuje obvezni sadržaj izjave projektanta o usklađenosti glavnog odnosno idejnog projekta s odredbama posebnih zakona i drugih propisa odnosno s posebnim uvjetima (čl. 47. st. 6.) donesen je vrlo brzo nakon stupanja ZoG99 na snagu, baš kao i pravilnik (čl. 49. st. 5) kojim su uređeni postupak nostrifikacije, način ovjere projekta, sadržaj potvrde te druga pitanja vezana za nostrifikaciju projekata. Vođenje građevinskog dnevnika uređeno je na novi način podzakonskim aktom (čl. 67. st. 3.) koji je donesen unutar propisanog roka. Podzakonski akti vezani za rad i postupanje građevinske inspekcije (čl. 80. st. 6, čl. 82. st. 7.) doneseni su vrlo brzo nakon stupanja ZoG99 na snagu, dok je pravilnik kojim se uređuje zatvaranje gradilišta (čl. 90. st. 6) noveliran znatno kasnije.

I u dijelu vezanom za tehničke propise+ donošenjem ZoG99 dolazi do promjena. Manje suštinska promjena je da su do tada definirana *tehnička svojstva bitna za građevinu* preimenovana u *bitne zahtjeve za građevinu*. Međutim, značajnija promjena u tom dijelu je rezultat promišljanja o sustavu kontrole gradnje u godinama prije donošenja Zakona, u kojem, s aspekta donošenja tehničkih propisa+, posebno može zanimati konačno usklađenje zakonskog teksta s onim dijelom teksta CPD-a [7] koji se odnosi na *bitne zahtjeve*. Naime, u tekstu ZoG92 je bilo definirano osam tehničkih svojstava bitnih za građevine tj. dva više (pozidanost i zaštita od korozije) nego što ih definira CPD. Rasprave o ta dva tehnička svojstva provedene prije donošenja ZoG99 pokazale su da bi Republika Hrvatska, ukoliko ih želi zadržati u svojem sustavu kontrole gradnje, morala samostalno izraditi temeljne dokumente za njih i, u skladu s tim, samostalno izraditi skupove odgovarajućih izvornih hrvatskih norma. Promjenom koja je nastala donošenjem ZoG99, ta su dva *tehnička svojstva* ukinuta (glava II. BITNI ZAHTJEVI ZA GRAĐEVINU, čl. 7., 8., 9., 10., 11., 12.) [9], te je dvojba o dva "suvršna" *bitna zahtjeva* (danas *temeljna zahtjeva*) riješena.

Pitanje tehničkih propisa ovim se Zakonom uređuje formulacijom (čl. 14.): "Bitni zahtjevi za građevinu ... te tehnička svojstva koja moraju ispunjavati građevni proizvodi, razrađuju se, odnosno propisuju se temeljnim dokumentima i tehničkim propisima, a u skladu s međunarodnim i harmoniziranim europskim propisima iz tog područja." [9].

Analizom ovakve formulacije dolazi se do zaključka da se Republika Hrvatska odlučila svoje građevno-tehničko zakonodavstvo temeljiti na nečemu što ima status međunarodnih i harmoniziranih europskih propisa. To bi značilo da je postojalo uvjerenje da se na europskoj razini razvijaju zajednički (harmonizirani, usklađeni) dokumenti kojima je svrha regulirati zahtjeve za tehničke i/ili funkcionalne sklopove koji, kao dio građevine, osiguravaju ispunjavanje nekog bitnog zahtjeva.

Prema informacijama koje su nam dostupne iz vremena izrađivanja prvih verzija europskih usklađenih dokumenata koji su trebali služiti za projektiranje građevinskih nosivih konstruk-

cija, sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća postojala je ideja o donošenju, uvjetno rečeno "harmonizirane europske građevno-tehničke regulative". Na to upućuju tzv. "Prvi Eurokodovi" (slika 2.) koje je objavila Europska komisija uz pomoć *Standing Committee on Construction* u kojem interes država članica zastupaju njihovi predstavnici [32]. Međutim, dokumenti Europske komisije iz 1989. i 1990. godine (okvirni mandat Europske komisije BC/CEN/11-89 i inicijalni mandat BC/CEN/10-90) ne ostavljaju nikakve dvojbe da se europsko građevinsko tehničko zakonodavstvo neće razvijati u tom pravcu, već da će se integracija zajedničkog europskog tržišta raditi putem normizacije. Stoga je formulacija korištena u ZoG99 godine tim manje shvatljiva, jer je doslovno onemogućila donošenje tehničkih propisa, budući da međunarodnih i harmoniziranih europskih propisa za područje graditeljstva nije bilo niti ih se namjeravalo izraditi.



Slika 2. Prvi Eurokodovi (izvor: Joint Research Center)

Rezultat ovakvih zakonskih odredbi u ZoG92 [2] i ZoG99 [9] bio je taj da je do konca 2001. godine, kada je potpisana SSP [5], prosječna starost preuzetih podzakonskih akata bivšeg Zakona o standardizaciji dosegla 19,2 godine (slika 3.). Na ovom mjestu se mora spomenuti da su analize resornog ministarstva pokazale da je popis preuzetih podzakonskih akata drugačiji od popisa navedenog u uvodno spomenutom članku [33].

U dijelu uređivanja građevnih proizvoda, ZoG99 je predviđao donošenje većeg broja podzakonskih akata koji su trebali pobliže urediti njihovu uporabu. Tako je bilo predviđeno da će ministar utvrditi popis građevnih proizvoda za koje dobavljač mora imati dokaz uporabljivosti (čl. 16. st. 4.) te onih nad kojima bi se provodio inspekcijski nadzor (čl. 82. st. 8). Isto tako, podzakonskim aktima se trebalo urediti način dokazivanja uporabljivosti kao i postupak i načini ispitivanja te posebni uvjeti dokazivanja za određene građevne proizvode (čl. 17. st. 1.). Nadalje, bilo je predviđeno da će propisati postupak i način davanja te sadržaj tehničkog dopuštenja i svjedodžbe o ispitivanju kao i uvjete i mjerila za davanje ovlasti pravnoj osobi koja daje te dokumente. Nažalost, ništa od tih očekivanja nije se ispunilo, tj. podzakonski akti nisu doneseni, vjerojatno iz razloga što je zamišljeni sustav dokazivanja uporabljivosti, tehničkih dopuštenja i svjedodžbi o ispitivanju bio nekompatibilan s preuzetim sustavom obveznog atestiranja, a nije odgovarao niti sustavu kakav je predviđen CPD-om [7]. Kratki pregled donošenja podzakonskih akata temeljenih na odredbama ZoG92 i ZoG99 u razdoblju 1991.-2001. prikazan je u tablici 2.

**Tablica 2. Pregled donošenja podzakonskih akata u razdoblju 1992. do 2001.**

<b>Propis</b>	<b>Zakon</b>	<b>NN</b>
<i>Pravilnik o kontroli projekata</i>	ZoG92	47/93
<i>Pravilnik o davanju ovlaštenja za kontrolu projekata</i>	ZoG92	53/93
<i>Pravilnik o uvjetima, načinu i obrascu vođenja građevinskog dnevnika</i>	ZoG92	53/93
Pravilnik o stručnom ispitnu te upotpunjavanju i usavršavanju znanja osoba koje obavljaju poslove graditeljstva	ZoG92	
Pravilnik o načinu zatvaranja i označavanja zatvorenog gradilišta, odnosno građevine	ZoG92	49/95
Pravilnik o službenoj iskaznici građevinskog inspektora i građevinskog nadzornika	ZoG92	44/95
<i>Pravilnik o načinu vođenja očeviđnika o obavljenim inspekcijskim pregledima građevinske inspekcije</i>	ZoG92	1/98
Popis građevnih proizvoda za koje dobavljač mora imati dokaz uporabljivosti	ZoG99	
Pravilnik o dokazivanja uporabljivosti i ispitivanja građevnih proizvoda	ZoG99	
Pravilnik o tehničkom dopuštenju i svjedodžbi o ispitivanju građevnih proizvoda	ZoG99	
Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje ovlaštenja za kontrolu projekata	ZoG99	2/00
Pravilnik o kontroli projekata	ZoG99	7/00
Pravilnik o vrsti i sadržaju projekata za javne ceste	ZoG99	53/02
Pravilnik o projektima potrebnim za osiguranje pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i drugim osobama smanjene pokretljivosti	ZoG99	104/03
Pravilnik o uvjetima i mjerilima za održavanje i projektiranje velikih brana	ZoG99	
Pravilnik o sadržaju izjave projektanta o usklađenosti glavnog odnosno idejnog projekta s odredbama posebnih zakona i drugih propisa	ZoG99	98/99
Pravilnik o nostrifikaciji projekata	ZoG99	98/99
Pravilnik o uvjetima i načinu vođenja građevnog dnevnika	ZoG99	6/00
Pravilnik o službenoj iskaznici inspektora i nadzornika u građevnoj inspekciji	ZoG99	98/99
Pravilnik o načinu obavljanja inspekcijskog nadzora građevne inspekcije	ZoG99	9/00
<i>Pravilnik o načinu zatvaranja i označavanja zatvorenog gradilišta odnosno građevine</i>	ZoG99	72/03
Popis građevnih proizvoda nad kojima se provodi inspekcijski nadzor	ZoG99	
Napomena: propisi čiji nazivi su tiskani u <i>kurzivu</i> doneseni su nakon roka propisanog odgovarajućim zakonom; prazno polje u stupcu „NN“ označava propis koji nije donesen temeljem zakona koji je propisao njegovo donošenje		

### 3.3 Podzakonski akti od 2001. do 2013. godine

Značajna promjena u vezi sa cjelokupnim tehničkim zakonodavstvom, pa tako i onoga koje se odnosi na graditeljstvo, jest potpisivanje Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju (SSP) 2001. godine [5]. Taj dokument u svojem 73. članku jasno definira u kojem pravcu se treba razvijati hrvatsko tehničko zakonodavstvo.

#### **Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju (SSP), Članak 73**

Normizacija, mjeriteljstvo, ovlašćivanje i ocjena sukladnosti

1. Hrvatska će poduzeti potrebne mjere kako bi postupno postigla usklađenost s tehničkim propisima Zajednice i europskom normizacijom, mjeriteljstvom i ovlašćivanjem te postupcima za ocjenu sukladnosti.
2. U tu će svrhu stranke u ranoj fazi započeti:
  - promicati uporabu tehničkih propisa Zajednice i europskih norma, te postupaka ispitivanja i ocjene sukladnosti;
  - zaključivati, po potrebi, Europske protokole za ocjenu sukladnosti;
  - poticati razvoj infrastrukture za kakvoću: normizaciju, mjeriteljstvo, ovlašćivanje i ocjenu sukladnosti;
  - promicati sudjelovanje Hrvatske u radu specijaliziranih europskih organizacija, osobito u Europskom odboru za normizaciju, Europskom odboru za elektrotehničku normizaciju, Europskom institutu za telekomunikacijske norme, Europskoj suradnji na ovlašćivanju, u Europskoj suradnji u zakonskom mjeriteljstvu i u EUROMET-u.

Važno je napomenuti da se pojam "tehnički propisi Zajednice" u čl. 73. SSP-a odnosi na direktive "Novog pristupa" ("New approach" directives) [34], kakva je, u trenutku potpisivanja SSP-a bila npr. CPD [7]. Prema pravu Europske unije, direktive (directives) su dokumenti koji se prenose (transponiraju) u pravne sustave država članica, za razliku od uredbi (regulations) koje se primjenjuju neposredno, bez potrebe za prenošenjem. Slijedom tako definiranih politika razvoja tehničkog zakonodavstva, pri donošenju ZoG03 se formulacija odredbe koja uređuje donošenje tehničkih propisa (čl. 16.) znatno izmijenila i uređivala je da se oni (tehnički propisi) donose: "... u skladu s načelima usklađivanja europskog tehničkog zakonodavstva" [11]. Takva je formulacija ostavila Republici Hrvatskoj mogućnost da bez odstupanja od obveza preuzetih SSP-om:

- a) razvija svoje nacionalno građevno-tehničko zakonodavstvo u skladu sa svojim nacionalnim potrebama i dinamikom prilagođenom sposobnostima hrvatskoga gospodarstva da usvoji europska pravila proizvodnje i trgovine građevnim proizvodima, a da se istovremeno
- b) ne ugrožava stupanj sigurnosti građevina koji se postizao primjenom propisa preuzetih 1991. godine.

Rezultat ovakvog pristupa bila je objava prvog hrvatskog tehničkog propisa, Tehničkog propisa za cement za betonske konstrukcije 2005. godine [35]. Donošenjem toga tehničkog propisa završeno je dugo razdoblje bez promjena u razvoju tehničkih aspekata građevno-tehničke regulative. U tom trenutku, propisi preuzeti od bivše državne tvorevine bili su prosječno stari 23,2 godine (slika 3.).

U okviru razmatranja tehničkih propisa+ koji su doneseni na temelju ZoG03 [11] (i kasnije na temelju ZoPUG07 [14]) važno je napomenuti da je Zakon uredio i pitanje propisa preuzetih od bivše države, koji su tim Zakonom dobili status *priznatih tehničkih pravila*. Prijelaznim odredbama ZoG03 (čl. 215.), ravnatelj Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo dobio je obvezu dostaviti ministarstvu mjerodavnom za upravne poslove graditeljstva prijedlog popisa priznatih tehničkih pravila i taj bi popis bi onda ministar utvrđio. Nažalost, obveza dostave prijedloga popisa nije ispunjena, tako da je i nakon te odredbe stručna javnost (ali i pravni sustav Republike Hrvatske) ostala zakinuta za sveobuhvatni popis priznatih tehničkih pravila koja se, snagom obveza iz Zakona o preuzimanju Zakona o standardizaciji, a kasnije i ZoG03, mora primjenjivati u gradnji.

Nadalje, pri uređivanju uvjeta za implementaciju CPD-a (što se razrađivalo upravo podzakonskim aktima iz skupine tehnički propisi+), ZoG03 je uredio sve bitne elemente sustava ocjenjivanja sukladnosti, donošenja tehničkih dopuštenja, izdavanja certifikata, izdavanja izjave o sukladnosti i označavanja građevnih proizvoda te uvjete prema kojima domaće pravne osobe mogu dokazati da su sposobne provoditi određene aktivnosti u sustavu. Odredbe Zakona, zajedno s:

- pravilnicima koji su s njima u vezi doneseni, a koji pravilnici imaju "horizontalni" karakter, tj. razrađuju dio sustava, neovisno o pojedinim građevnim proizvodima, te
- tehničkim propisima, koji imaju "vertikalni" karakter, tj. razrađuju uvjete za točno određene građevne proizvode koji su povezani s tehničkim i/ili funkcionalnim sklopom na koji se tehnički propis odnosi,

učinile su mogućim postupni prijelaz provedbe kontrole nad građevnim proizvodima sa sustava preuzetog 1991. godine koji se temelji na obveznom atestiranju, na europski sustav koji se temelji na ocjenjivanju i (dijelom) certificiranju sukladnosti građevnih proizvoda. Postupnost je bila bitna, jer je omogućila svim sudionicima postupka (proizvođačima građevnih proizvoda, pravnim osobama ovlaštenim za pojedine radnje u sustavu te sudionicima u gradnji) da se prilagode i usvoje novi sustav.

Razumljivo je da su tehnički propisi, osim komponente koja je uređivala primjenu građevnih proizvoda, u jednakoj mjeri bili usmjereni i na moderan način postavljanja traženih/zahtijevanih performansi tehničkog i/ili funkcionalnog sklopa. U to je doba definiran i standarni oblik tehničkih propisa koji reguliraju projektiranje, građenje i održavanje tehničkog i/ili funkcionalnog sklopa te primjenu građevnih proizvoda za njegovu izvedbu. Nositelj izrade tehničkih propisa bila je ustrojstvena jedinica resornog ministarstva mjerodavna za graditeljstvo, koja je za rad na propisima uz vlastite stručne kapacitete osigurala sudjelovanje priznatih stručnjaka iz gospodarstva, akademske zajednice i tijela državne uprave, a uspostavljena je i vrlo bliska suradnja s Hrvatskim zavodom za norme kao nacionalnim normirnim tijelom koje usvaja hrvatske norme na čiju primjenu tehnički propisi upućuju te s Hrvatskom akreditacijskom agencijom.

Tablica 3. Pregled donošenja tehničkih propisa+ u razdoblju 2001. do 2013. godine

Propis	Zakon	NN
Pravilnik o tehničkim dopuštenjima za građevne proizvode	ZoG03	
Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda	ZoG03	1/05
Tehnički propis za cement za betonske konstrukcije	ZoG03	64/05
Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama	ZoG03	79/05
Tehnički propis za betonske konstrukcije	ZoG03	101/05
<i>Pravilnik o osiguranju pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti</i>	ZoG03	151/05
Tehnički propis za prozore i vrata	ZoG03	69/06
Tehnički propis za zidane konstrukcije	ZoG03	1/07
Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada	ZoG03	3/07
Tehnički propis za dimnjake u građevinama	ZoG03	3/07
Tehnički propis za drvene konstrukcije	ZoPUG07	121/07
Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama	ZoPUG07	87/08
Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada	ZoPUG07	110/08
Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama	ZoPUG07	110/08
Tehnički propis za čelične konstrukcije	ZoPUG07	112/08
Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda	ZoGP08	103/08
Pravilnik o tehničkim dopuštenjima za građevne proizvode	ZoGP08	103/08
Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda	ZoGP08	113/08
Tehnički propis za spregnute konstrukcije od čelika i betona	ZoPUG07	119/09
Tehnički propis za betonske konstrukcije	ZoPUG07	139/09
Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije	ZoPUG07	5/10
Tehnički propis o građevnim proizvodima	ZoPUG07	33/10
<i>Pravilnik o osiguranju pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjenom pokretljivosti</i>	ZoPUG07	78/13
Tehnički propis za aluminijske konstrukcije	ZoPUG07	80/13
Napomena: propisi čiji nazivi su tiskani u kurzivu doneseni su nakon roka propisanog odgovarajućim zakonom; prazno polje u stupcu "NN" označava propis koji nije donesen temeljem zakona koji je propisao njegovo donošenje		

Iako se, radi konzistentnosti sustava, nastojalo staviti izvan snage priznata tehnička pravila, tehnički propisi (ako je to potrebno) sadržavaju i odredbe o njihovoj odgovarajućoj primjeni, ponekad i uz određenu modifikaciju. Na koncu, radi osiguranja nesmetanog građenja onih građevina za koje su projekti izrađeni u skladu s priznatim tehničkim pravilima, tehnički propisi sadrže i prijelazne odredbe koje omogućavaju ugradnju građevnih proizvoda čija uporabljivost za građenje je dokazana prema novim pravilima.

Razvoj tehničkih propisa+ donesenih na temelju ZoG03 [11] i ZoPUG07 [14] prikazan je u tablici 3. Ono što se može zaključiti jest da je pristup koji je prvi put omogućen donošenjem ZoG03 dao pozitivne rezultate, jer je taj pristup zadržan u ZoPUG07, te se donošenje tehničkih propisa i stavljanje izvan primjene priznatih tehničkih pravila nastavilo na opisani način primjerenim intenzitetom do 2013. godine kada je donesen aktualni ZoG13 [6].

Kako se vidi u tablici, propis koji bi uređivao tehnička dopuštenja za građevne proizvode nije donesen temeljem ZoG03 [11], nego se to dogodilo tek 2008. godine temeljem ZoGP08 [15]. Iako je donošenje pravilnika i ovlašćivanje pravnih osoba sukladno tom pravilniku bilo predviđeno ZoG03, slab interes proizvođača građevnih proizvoda za korištenjem ovog instituta nije stvarao poticajnu klimu za rad na tom pravilniku.

Što se tiče propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji, pregled nastajanja tih akata u razdoblju od 2001. do 2013. godine prikazan je u tablici 4. U tablici nisu navedeni podzakonski akti koji se odnose na upravno područje prostornog uređenja kao ni akti iz područja unutarnjeg ustrojavanja komora u graditeljstvu. Količina podzakonskih akata o osobama/postupcima/dokumentaciji koji su predviđeni za donošenje na temelju ZoG03 [11] i ZoPUG07 [14] velik je, i analiza utjecaja na razvoj graditeljstva svakog od njih premašilo bi okvir ovoga rada. Međutim, neki od njih, zbog njihovog znatnog utjecaja, zaslužuju pozornost.

Tijekom razdoblja od donošenja ZoG03 pa do prestanka primjene ZoPUG07, iako se kontinuirano radilo na izradi i pripremi Pravilnika o obveznom sadržaju i opremanju glavnog projekta građevina [36], do njegove objave ipak nije došlo. Cjeni se da je nedonošenje tog pravilnika, uz trend sve većeg usitnjavanja projektantskih ureda u kojima mlađi projektanti nisu u mogućnosti od starijih kolega primiti znanja vezana za projektiranje, jedan od razloga za današnju kvalitetu projekata u vezi s kojom se mogu postaviti brojna pitanja.

Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje suglasnosti za započinjanje obavljanja djelatnosti građenja je svojim vrlo zahtjevnim uvjetima (uprkos znatno skromnijim i realnijim zahtjevima koje je predlagalo povjerenstvo za izradu tog propisa [37]) postavio pred izvođače, pokazao da se hrvatsko građenje oslanja u velikoj mjeri na priučenu radnu snagu. U prijelaznom roku za početak primjene toga propisa, izvođači koji su tražili suglasnost resornog ministarstva suočili su se s ozbiljnim manjkom kvalificirane radne snage kakva se pravilnikom tražila. Rješenje se pronašlo u ubrzanim tečajevima ospozobljavanja za obavljanje radova u graditeljstvu. Iako su mnogi izvođači u početku implementacije ovog propisa iskusili znatne poteškoće, izvođačka je zajednica tijekom vremena prihvatile suglasnosti. Bio je to institut koji je s tržišta uklonio one gospodarske subjekte kojima graditeljstvo nije bilo primarni oblik poslovanja (pa stoga nisu niti imali niti razvijali graditeljske sposobnosti), a ipak su mogli (nelojalno) konkurrirati "pravim" izvođačima. Donošenjem ZoPDPUG15, suglasnosti su ukinute.

Treći podzakonski akt iz skupine propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji je Pravilnik o stručnom ispitnu te upotpunjavanju i usavršavanju znanja osoba koje obavljaju poslove

graditeljstva. Pravilnik predstavlja razradu odredbe ZoG03 [11] o obvezi polaganja stručnog ispita i o obvezi stalnog stručnog usavršavanja odgovornih osoba u graditeljstvu. U tom drugom dijelu, propis je bio koncipiran na način da obveznik stručnog usavršavanja može, uz razmjerno mali trošak vremena, tijekom pet godina prikupiti propisani broj bodova, od čega je 20% bodova trebalo biti iz područja građevno-tehničke regulative. Na taj se način osiguralo stručno usavršavanje svih odgovornih osoba i ujedno se osiguralo usvajanje znanja o intenzivnim promjenama u regulativi. Posljedica primjene pravilnika bila je povećana ponuda seminara i drugih oblika usavršavanja, te stvaranje navike kod stručnih osoba da dio svojeg vremena odvoje za stalno stručno usavršavanje. Međutim, kao i u slučaju suglasnosti izvođačima, stalno stručno usavršavanje je prestalo biti obvezom donošenjem ZOKAKIG-PU15, no nedavnom izmjenom toga zakona, neki oblik obveznosti je opet uspostavljen. Što se tiče ostalih podzakonskih akata koji nisu doneseni, uzrok tomu treba tražiti u ograničenim kapacitetima resornog ministarstva. Naime, uz intenzivno donošenje tehničkih propisa+ nisu bili osigurani dostačni kapaciteti i ostali uvjeti za rad na ostaloj regulativi. Međutim, mora se napomenuti da je za veći broj pravilnika postojao podzakonski akt donesen temeljem ZoG99, koji se nakon donošenja ZoG03 i ZoPUG07 nastavio primjenjivati.

Tablica 4. Pregled donošenja propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji, 2001.- 2013. godina

Propis	Zakon	NN
Pravilnik o uvjetima za građenje i uporabu građevnih proizvoda koji se smatraju povoljnijim za okoliš	ZoG03	
Pravilnik o uvjetima za obavljanje poslova ispitivanja i istraživanja	ZoG03	
<i>Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje suglasnosti za započinjanje obavljanja djelatnosti građenja</i>	ZoG03	89/06
Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje ovlaštenja za kontrolu projekata	ZoG03	
Pravilnik o uvjetima za obavljanje djelatnosti projektiranja <sup>1</sup>	ZoG03	
<i>Pravilnik o stručnom ispitu te upotpunjavanju i usavršavanju znanja osoba koje obavljaju poslove graditeljstva</i>	ZoG03	82/05
Pravilnici o uvjetima za građenje, održavanje i projektima za određene vrste građevina	ZoG03	
Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina	ZoG03	
Pravilnik o kontroli projekata	ZoG03	
Pravilnik o nositrifikaciji projekata	ZoG03	
Pravilnik o uvjetima i načinu vođenja građevnog dnevnika	ZoG03	
Pravilnik o tehničkom pregledu građevine	ZoG03	108/04
Pravilnik o održavanju građevina	ZoG03	
Pravilnik o radnim mjestima, uvjetima i ovlastima za inspekcijski nadzor <sup>2</sup>	ZoG03	16/04
Pravilnik o načinu obavljanja inspekcijskog nadzora građevinske inspekcije	ZoG03	
Pravilnik o načinu označavanja građevine opasnom <sup>3</sup>	ZoG03	
<i>Pravilnik o načinu zatvaranja i označavanja zatvorenog gradilišta</i>	ZoG03	2/05
Pravilnik o glavnom projektu izrađenom prema ZoG99	ZoG03	
Pravilnik o objavi dokumenata i akata na web-u ministarstva	ZoG03	
P. o stručnom ispitu te upot. i usavr. znanja osoba koje obavljaju poslove prost. uređenja i graditeljstva	ZoPUG07	24/08

**Tablica 4. Pregled donošenja propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji, 2001.- 2013. godina - nastavak**

Propis	Zakon	NN
Pravilnik o uvjetima za građenje i uporabu građevnih proizvoda koji se smatraju povoljnijim za okoliš	ZoPUG07	
P. o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada	ZoPUG07	113/08
Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada	ZoPUG07	113/08
Pravilnik o prethodnim istraživanjima i ispitivanjima na gradilištu	ZoPUG07	
Pravilnik o prethodnim istraživanjima i ispitivanjima na gradilištu vezano za zaštitu od požara	ZoPUG07	
Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje ovlaštenja za kontrolu projekata	ZoPUG07	
Pravilnici o uvjetima za građenje, održavanje i projektima za određene vrste građevina	ZoPUG07	
Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina	ZoPUG07	
Pravilnik o kontroli projekata	ZoPUG07	
Pravilnik o nostrifikaciji projekata	ZoPUG07	
<i>Pravilnik o jednostavnim građevinama i radovima</i>	ZoPUG07	21/09
Pravilnik o tehničkom pregledu građevine	ZoPUG07	
Pravilnik o održavanju građevine <sup>4</sup>	ZoPUG07	
<i>Pravilnik o službenoj iskaznici inspektora građevinske inspekcije MZOPUG</i>	ZoPUG07	126/10
<i>Pravilnik o načinu zatvaranja i označavanja zatvorenog gradilišta</i>	ZoPUG07	66/10
Pravilnik o suglasnosti za započinjanje obavljanja djelatnosti građenja	ZoAIPDPUG08	43/09
Pravilnik o potrebnim znanjima iz područja upravljanja projektima	ZoAIPDPUG08	45/09
Pravilnik o priznavanju inozemnih stručnih kvalifikacija <sup>5</sup>	ZoAIPDPUG08	

<sup>1,3</sup> pravilnici nisu doneseni jer su ukinuti izmjenom ZoG03 iz 2004. godine

<sup>2</sup> ova pitanja uređena su Uredbom o unutarnjem ustrojstvu Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva

<sup>4</sup> uz ovaj Pravilnik, ZoPUG07 u čl. 272 st. 2. upućuje da donošenje posebnog zakona o održavanju građevina; nije donesen

<sup>5</sup> nije donesen jer je ukinut Zakonom o reguliranim profesijama i priznavanju inozemnih stručnih kvalifikacija, NN 124/09

Napomena: propisi čiji nazivi su tiskani u *kurzivu* doneseni su nakon roka propisanog odgovarajućim zakonom; prazno polje u stupcu "NN" označava propis koji nije donesen temeljem zakona koji je propisao njegovo donošenje

### 3.4 Podzakonski akti nakon 2013. godine

Od donošenja ZoG13 [6], zamjećuje se određeno usporavanje u dalnjem razvoju tehničkih propisa i postupnog ukidanja priznatih tehničkih pravila. Tako je 2015. godine donesen poseban tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području. Tim se propisom periodički mijenja odnosno dopunjuje popis usklađenih norma i smjernica za tehničko dopuštenje, tj. prate se promjene tih popisa na europskoj razini. Iste godine donesen je i novi propis koji uređuje racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama, kao jedan od niza tehničkih propisa kojima se to područje uređuje još od 2005. godine. I tu se radi o dalnjem usklađivanju s europskim napretkom u uređivanju područja energetske učinkovitosti. Nešto kasnije, 2017. godine donesen je Tehnički propis za građevinske konstrukcije, koji u svojoj biti i nije novi propis, već se radi o komplikaciji svih prethodno donesenih tehničkih propisa za posebne vrste konstrukcija. Godinu dana kasnije donesen je novi tehnički propis kojim se uređuju građevni proizvodi, no i u tom dijelu se radi u najvećoj mjeri o usklađivanju tog propisa s činjenicom da se popis građevnih proizvoda u usklađenom području uređuje drugim propisom. Stvarna promjena i novost jest donošenje Tehničkog propisa za staklene konstrukcije 2017. godine, jer se njime uredilo područje staklenih konstrukcija koje do sada u pravnom sustavu Republike Hrvatske nije bilo uređeno. Premda se radi o sadržaju koji pripada u Tehnički propis za građevinske konstrukcije, ovaj je propis objavljen kao zaseban. Dinamika i sadržaj tehničkih propisa+donesenih nakon 2013. godine prikazani su u tablici 5.

**Tablica 5. Pregled donošenja tehničkih propisa+ u razdoblju nakon 2013. godine**

Propis	Zakon	NN
Tehnički propis o građevnim proizvodima	ZoG13	35/18
Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama	ZoG13	128/15
Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području	ZoG13	4/15
Tehnički propis za građevinske konstrukcije	ZoG13	17/17
Tehnički propis za staklene konstrukcije	ZoG13	53/17
<i>Pravilnik o tijelima, dokumentaciji i postupcima tržišta građevnih proizvoda<sup>1</sup></i>	ZoGP13	118/19

<sup>1</sup> iz sadržaja Pravilnika nije sasvim jasno jesu li obuhvaćeni svi sadržaji koji su ZoGP13 predviđeni da se uređuju pravilnikom  
Napomena: propisi čiji nazivi su tiskani u *kurzivu* doneseni su nakon roka propisanog odgovarajućim zakonom

U dijelu donošenja propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji, zamjećuje se da su propisi koji su predviđeni za donošenje doista i doneseni, od kojih znatan dio i unutar propisanog roka. Pregled donošenja dan je u tablici 6.

**Tablica 6. Pregled donošenja ostalih propisa u razdoblju nakon 2013. godine**

<b>Propis</b>	<b>Zakon</b>	<b>NN</b>
<i>Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina</i>	ZoG13	64/14
<i>Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima</i>	ZoG13	79/14
<i>Pravilnik o tehničkom pregledu građevine<sup>1</sup></i>	ZoG13	46/18
<i>Pravilnik o kontroli projekata</i>	ZoG13	32/14
<i>Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje ovlaštenja za kontrolu projekata</i>	ZoG13	32/14
<i>Pravilnik o sadržaju i izgledu ploče kojom se označava gradilište</i>	ZoG13	42/14
<i>Pravilnik o sadržaju pisane Izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine</i>	ZoG13	43/14
<i>Pravilnik o uvjetima i načinu izdavanja potvrde hrvatskim državljanima i pravnim osobama za ostvarivanje prava pružanja usluga regulirane profesije energetskog certificiranja i energetskog pregleda zgrade u državama ugovornicama Ugovora o Europskom ekonomskom prostoru</i>	ZoG13	47/14
<i>Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju</i>	ZoG13	48/14
<i>Pravilnik o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, obrascu, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera</i>	ZoG13	111/14
<i>Pravilnik o održavanju građevina</i>	ZoG13	122/14
<i>Pravilnik o kontroli energetskog certifikata zgrade i izvješća o redovitom pregledu sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi</i>	ZoG13	73/15
<i>Pravilnik o osobama ovlaštenim za energetsko certificiranje, energetski pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradama</i>	ZoG13	73/15
<i>Pravilnik o uvjetima i načinu izdavanja potvrde osobama iz država ugovornica Ugovora o europskom gospodarskom prostoru za pružanje usluge energetskog certificiranja i energetskog pregleda zgrade u RH te priznavanju inozemnih stručnih kvalifikacija za pružanje usluga energetskog certificiranja i energetskog pregleda zgrade</i>	ZoG13	77/15
<i>Pravilnik o materijalno-tehničkim uvjetima za rad građevinskih inspektora</i>	ZoGI13	42/14
<i>Pravilnik o službenoj iskaznici i znački građevinskog inspektora</i>	ZoGI13	42/14
<i>Pravilnik o načinu zatvaranja i označivanja zatvorenog gradilišta</i>	ZoGI13	42/14
<i>Pravilnik o potrebnim znanjima iz područja upravljanja projektima</i>	ZoPDPUG15	85/15
<i>Pravilnik o stručnom ispitnu osoba koje obavljaju poslove graditeljstva i prostornoga uređenja</i>	ZoPDPUG15	129/15
<i>Pravilnik o načinu označavanja građevine opasnom</i>	ZoDI18	116/19
<i>Pravilnik o načinu zatvaranja i označavanja zatvorenog gradilišta</i>	ZoDI18	116/19
<i>Pravilnik o materijalno-tehničkim uvjetima za rad građevinskih inspektora</i>	ZoDI18	116/19
<i>Pravilnik o službenoj iskaznici i znački inspektora Državnog inspektorata</i>	ZoDI18	84/19

<sup>1</sup> obveza donošenja ovog pravilnika uvedena je izmjenom ZoG13 iz 2017. godina

Napomene: propisi čiji nazivi su tiskani u kurzivu doneseni su nakon roka propisanog odgovarajućim zakonom; propis o osiguranju pristupačnosti građevina u ZoG13 više nije predviđen – kako je pristupačnost postala jedan od temeljnih zahtjeva, to se područje uređuje tehničkim propisom

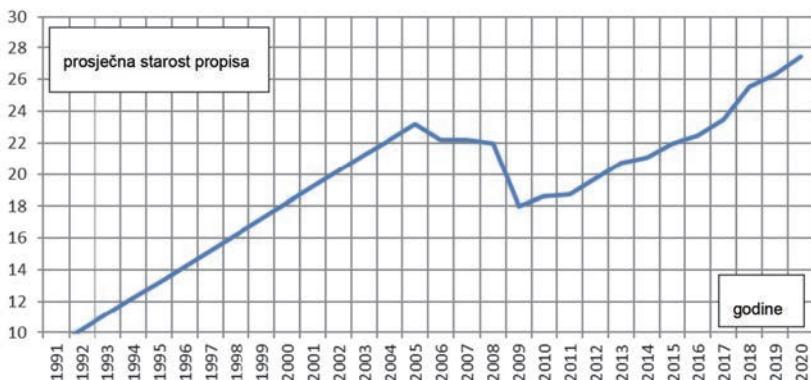
Koliko god činjenicu da su svi propisi doneseni treba pozdraviti, kao i u slučaju tehničkih propisa+, određeni broj tih propisa je zapravo prijepis prije donesenih propisa, uz određene modifikacije.

Sličan je slučaj i s propisom koji uređuje obvezni sadržaj i opremanje projekata građevina. Kako je već rečeno, taj je propis od 2003. godine (kad je prvi put predviđen za donošenje u ZoG03 [11]) nekoliko puta bio potpuno pripremljen, tako da je 2014. godine (kad je konačno objavljen) trebalo samo napraviti odgovarajuće prilagodbe u odnosu na ZoG13 [6]. To, međutim, ne umanjuje značenje njegova donošenja i konačnog uređivanja ovog područja, koje je iznimno važno za razvoj graditeljstva i kvalitetu usluge u graditeljstvu, baš kao i donošenje potpuno novog propisa koji uređuje stručni nadzor.

U okviru ovog osvrta na propise o osobama/postupcima/dokumentaciji predviđenih u ZoG13, svakako se treba naglasiti i to da je konačno donesen i propis o održavanju građevina.

### 3.5 Rekapitulacija donošenja podzakonskih akata za razdoblje od 1992. do danas

Kada se objedine podaci o preuzimanju podzakonskih akata bivšeg Zakona o standardizaciji i donošenju tehničkih propisa+, za koje je jedna od bitnih odrednica kvalitete njihovo stalno osvježavanje novim tehničko-tehnološkim spoznajama, dobiva se grafički prikaz (slika 3.) iz kojeg je vidljiva prosječna starost ovog skupa propisa.



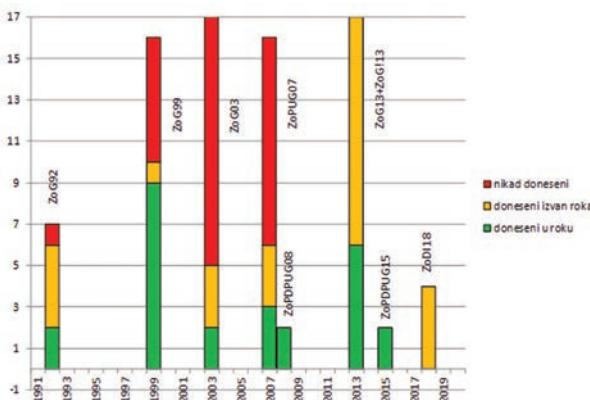
Slika 3. Grafički prikaz promjene prosječne starosti tehničkih propisa+

**Metodološke napomene za izračun prosječne starosti tehničkih propisa+:**

1. Uzeta su obzir sva priznata tehnička pravila koja su poimence navedena\* u prijelaznim odredbama hrvatskih tehničkih propisa odnosno u prijelaznim odredbama ZoGP13; za priznata tehnička pravila koja su navedena u ZoGP13, s obzirom na to da nije naveden datum prestanka njihove primjene, uzeto je da su i danas (djelomično) u primjeni\*
2. Uzeti su u obzir svi hrvatski tehnički propisi te pravilnici kojima se uređuje područje građevnih proizvoda
3. Uzet je u obzir i Pravilnik o osiguranju pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjenom pokretljivosti ("Narodne novine" broj 78/13), te pravilnici koji mu prethode, s obzirom na to da je pristupačnost građevina sadržana u temeljnog zahtjevu "Sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe" te stoga ovaj Pravilnik pripada u kategoriju tehničkog propisa
4. Uzima se da propis na datum 31.prosinca godine u kojoj je objavljen ima starost "0" godina, a da od 1.siječnja do 31.prosinca iduće godine ima starost "1" godinu

\* analiza koja bi uzela u obzir i "sva priznata pravila na koja ova priznata pravila upućuju" (tj. svi preuzeti standardi na koje upućuju poimence navedena priznata tehnička pravila) prelazi okvire ovoga rada

Nadalje, objedinjavanjem podataka o donošenju propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji, kod kojih starost tih propisa ima manju važnost od same činjenice jesu li uopće doneseni i je li donošenje bilo u propisanom roku, dobiva se grafički prikaz (slika 4.) iz kojeg je vidljiv odnos propisa koji su doneseni u roku i izvan roka kao i onih koji uopće nisu doneseni u tijeku primjene zakona koji ih je predvio.



Slika 4. Grafički prikaz donošenja propisa o osobama/postupcima/dokumentaciji

## 4 Autonomna regulativa

Dinamiku i domete razvoja autonomne regulative u proteklom razdoblju je teško ocijeniti. Kako se radi o raznorodnim dokumentima i velikom broju potencijalnih donositelja takve regulative, u ovom će se pregledu spomenuti samo nekoliko dokumenata, koji na određeni način ilustriraju stanje i daju prilično jasnu sliku o razumijevanju značenja autonomne regulative i stupnju spremnosti gospodarskih subjekata da ju razvijaju.

U području plinske djelatnosti objavljen je 2002. godine u izdanju Hrvatske stručne udruge za plin iz Zagreba dokument pod nazivom "Tehnički propisi za plinske instalacije HSUP-P 600". Tim su se dokumentom uređivala tehnička pitanja vezana za projektiranje, izvođenje, uporabu i održavanje plinskih instalacija. Korisnici dokumenta su bili gospodarski subjekti koji se bave distribucijom plina, ali i oni koji sudjeluju u projektiranju, izvođenju i održavanju plinskih instalacija. Kako je naziv dokumenta izazivao zabunu (plinske instalacije su jedan od tehničkih sklopova građevine, a tehnički propis je dokument kojeg je ovlašten donijeti resorni ministar), Hrvatska stručna udruga za plin je dokument preimenovala i izdala pod novim nazivom "Tehnička pravila za projektiranje, izvođenje, uporabu i održavanje plinskih instalacija."

Drugi primjer autonomne regulative su normativi rada i materijala u građevinarstvu, odnosno, njihovo nepostojanje. Naime, premda se tijekom proteklih tridesetak godina u raznim prigodama mogao čuti stav kako bi bilo vrlo korisno da se utvrde zajednički normativi rada i materijala u graditeljstvu ("zajednički" zato što neki gospodarski subjekti imaju normative utvrđene kao interne akte, ali ih koriste za vlastite potrebe), za sada se još nije skupila dovoljno velika kritična masa zainteresiranih gospodarskih subjekata koja bi pokrenula rad na normativima. Pozitivni pomak se dogodio samo u dijelu suhe gradnje, za koju je Ceh uslužnog obrta Hrvatske obrtničke komore objavio 2008. godine "Normative i opise za suhu gradnju".

Treći primjer su "Opći tehnički uvjeti za radove na cestama" Hrvatskih cesta, treće izdanje iz 2001. godine. Uvidom u taj dokument (ali i samim znanjem o tome da se zakonodavni okvir graditeljstva od 2001. godine znatno izmjenio), može se utvrditi da je ovaj dokument zastario te da zbog neusklađenosti s propisima može u nekim slučajevima predstavljati smetnju u građenju neke ceste.

Posebne uzance o građenju iz 1977. godine su vjerojatno najpoznatiji primjer autonomne regulative. Tijekom proteka vremena, što zbog promjene zakonodavnog i društvenog okvira, što zbog zastarjelosti, njihova je primjena postajala sve više upitna. Međutim, gospodarska zajednica, baš kao i u slučaju normativa za građevinske radove, nije se odlučila na njuhovu novelaciju. U tom se kontekstu nalazi zanimljivom odredba ZoG13 (čl. 199.) [6] kojom se daje "ovlast" Hrvatskoj gospodarskoj komori i Hrvatskoj udruzi poslodavaca da utvrde i objave nove Posebne uzance o građenju (neobično, jer ova vrsta dokumenata pripada u autonomnu regulativu, pa iz same prirode takve regulative proizlazi da će gospodarski subjekti samostalno odlučiti treba li im ili ne dokument toga tipa). Pri tome nije jasno zbog čega je izostavljena Hrvatska obrtnička komora s članstvom obrtnika iz graditeljske djelatnosti i zbog čega se na sličan način nije uredilo i utvrđivanje drugih vidova autonomne regulative (općih tehničkih uvjeta i slično). Posebne uzance o građenju još uvijek nisu objavljene.

## 5 Rasprava

Kako se vidi iz danog pregleda razvoja građevno-tehničke regulative u protekla gotovo tri desetljeća, očekivanja iz 1993. godine [1] ostvarila su se u manjoj mjeri, osobito u dijelu razvoja autonomne regulative kao i očekivanja da se područje graditeljstva može urediti s razmjerno malim brojem podzakonskih akata.

### 5.1 Zakoni

Ako se razmatra razvoj građevno-tehničke regulative na zakonodavnoj razini i utjecaj te razine akata na graditeljstvo, brojnost i učestalost promjena u zakonima koji uređuju ili sudjeluju u uređivanju sustava kontrole gradnje (bez obzira na činjenicu da nisu sve promjene bile značajne ili većeg obuhvata) rezultiraju znatnom pravnom nesigurnošću kako investitora, tako i ostalih sudionika u gradnji, jer je vjerojatnost da jedan građevinski projekt bude započet i završen unutar istog pravnog okvira vrlo malena. Da se ne radi o zanemarivom riziku za sve sudionike u gradnji, prepoznato je i u dokumentu "Okvir za izradu strategije razvoja hrvatskog graditeljstva 2017.-2020." [38]. U njemu se navodi da među strateške ciljeve ulazi i "smanjivanje investicijskih rizika primjereno pravnim i institucijskim okvirom", koji bi podrazumijevao promjenu zakonodavne prakse, tj. treba smanjiti rizike zbog "čestih izmjena zakonskih odredbi i ostalih regulatornih akata, primjerice preko prijelaznih odredbi" (str. 52).

Velik broj promjena u zakonodavnom okviru u proteklom razdoblju djelomično se može opravdati potrebom usklađivanja hrvatskog zakonodavstva sa zakonodavstvom Europske unije. Razumljivo je da je za potrebe usklađivanja uveden i velik broj novih ili drugačijih pravnih instituta, što je u nekim slučajevima imalo utjecaj na promjene u graditeljstvu. Jesu li te promjene uvijek imale pozitivan utjecaj na razvoj graditeljstva, moralno bi biti predmet posebnih analiza, no svakako se može ustvrditi da je snalaženje profesionalnih osoba i gospodarskih subjekata u graditeljstvu u učestalim promjenama zakonodavstva zasigurno otežano i stvara pravnu i poslovnu nesigurnost koja se nepovoljno reflektira na njihov osobni profesionalni odnosno gospodarski razvoj. Tome posebno pridonosi i nerijetko mijenjanje načina kako je uređena pojedina materija (uspostava i ukidanje obvezе stalnog stručnog usavršavanja; uvođenje, promjena i ukidanje obvezе ishođenja suglasnosti za izvođače; promjena u načinu definiranja dopuštenih odstupanja pri građenju; ...).

### 5.2 Podzakonski akti

U okviru ocjene u vezi s ispunjenjem očekivanja o razvoju podzakonskih akata s početka devedesetih godina prošlog stoljeća, može se konstatirati da su se očekivanja vezana za tehničke propise+ ostvarila na drugačiji način i u drugo vrijeme od onoga što se najavljivalo [1]. S time u vezi nije zanemarivo da i danas imamo u primjeni neka od priznatih tehničkih pravila preuzetih 1991. godine. Ovoj bi se konstataciji moglo prigovoriti da se radi o podzakonskim aktima bivšeg Zakona o standardizaciji koji imaju samo formalno-pravni status još uvijek ne-ukinutih propisa, a da se stvarno ne primjenjuju. Uzme li se da je taj prigovor opravdan, i da se umjesto takvog priznatog tehničkog pravila primjenjuje "nešto drugo" (ili možda ništa), tada se mora postaviti i pitanje: koji je pravni temelj za primjenu tog "nečeg drugog" i je li onaj tko primjenjuje to "nešto drugo" izložen opasnosti da, u slučaju da se

dogodi kakva havarija ili drugi oblik neispunjavanja temeljnog zahtjeva za građevinu bude stegovno, prekršajno ili kazneno procesuiran.

Nastavno na to, razmatranjem onoga što pokazuje grafički prikaz promjene prosječne starosti tehničkih propisa+ (slika 3.), nameće se još jedno pitanje – je li sadašnji intenzitet i sadržaj promjena u ovoj skupini podzakonskih akata (skupini koja je namijenjena razradi ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu) učinkovit. Naime, nakon prijelomne 2005. godine, trend osuvremenjivanja tehničkih propisa+ je postao povoljan, tj. ti su se propisi donosili dovoljno intenzivno da se prosječna starost cijelokupnog korpusa ove vrste podzakonskih akata smanjivala (uz malo kolebanje 2010.-2011. godine). Međutim nakon 2011. godine uočava se opet povratak na trend prosječnog starenja propisa kakav je zabilježen između 1991. i 2005. godine, tako da je 2017. godine prosječna starost tehničkih propisa+ dosegla istu razinu koju je imala 2005. godine.

Nadalje, u dijelu građevno-tehničke regulative koja uređuje uvjete za osobe odnosno uvjete za postupke i dokumentaciju u graditeljstvu, analizom udjela ovih akata koji su doneseni u zakonom propisanom roku, u odnosu na one koji su doneseni izvan roka ili nikad nisu doneseni, može se uočiti da je u novije vrijeme situacija povoljnija nego je to bila (slika 4.). Time je, nakon višegodišnjih pravnih praznina zbog nedonošenja propisa, znatno smanjen osjećaj pravne nesigurnosti svih koji sudjeluju u gradnji kao i krajnjih korisnika njihovih usluga.

### **5.3 Razvoj građevno-tehničke regulative**

U svakom slučaju, analize pokazuju da razvoju građevno-tehničke regulative Republike Hrvatske nedostaje kontinuiteta i dosljednosti. Nedostatak kontinuiteta se ogleda u tome da se zakonom uredi neko zakonsko rješenja no onda provedbeni propisi učestalo kasne ili se nikad ne donesu. Primjeri su brojni. Što se tiče nedostatka dosljednosti, i tu ne nedostaje primjera – od uvođenja suglasnosti za izvođače pa odustajanja od tog instituta; od uvođenja obveznog stručnog usavršavanja ili obveze označavanja građevina opasnim, preko ukidanja pa ponovnog uvođenja tih obveza; ... U takvom se regulatornom okruženju teško može očekivati da će građevno-tehnička regulativa pozitivno pridonositi razvoju graditeljstva, da-pače, može se očekivati da će u nekim slučajevima imati i štetan utjecaj.

Vratimo li se na očekivanja iz 1993. godine, neovisno o količini ispunjenih odnosno neispunjениh očekivanja, možemo reći da je glavna poruka uvodno spomenutog članka bila: treba pratiti primjenu propisa, pa onda racionalno intervenirati u sustav kontrole gradnje ako neki instituti pokazuju da nisu učinkoviti ili su kontraproduktivni [1]. U tom smislu, novija istraživanja [39] pokazuju da imamo samo djelomično uređen sustav prikupljanja podataka o tome kako se primjenjuju propisi, ali isto tako da nemamo ni na koji način uređen sustav koji govori o tome tko je dužan te podatke prikupljati, objediniti, obraditi, te na temelju njih i predlagati intervencije u sustav. Slijedom toga, valjalo bi urediti modele i postupke praćenja primjene građevno tehničke regulative.

Uz to, Republika Hrvatska nema dugoročnih strateških dokumenata povezanih s razvojem graditeljstva. Jedna od sasvim razumljivih posljedica takvog pristupa jest, u okolnostima u kojima nema jasno definiranih strateških ciljeva, i visoki intenzitet promjene građevno-tehničke regulative na zakonskoj i podzakonskoj razini. Stoga se nalazi korisnim predložiti da se u nekoj budućoj strategiji razvoja graditeljstva posveti odgovarajuća pozornost razvoju gra-

đevno-tehničke regulative koji (razvoj) mora postati nezavisan od utjecaja koji nisu stručno utemeljeni i gospodarski odnosno poslovno opravdani. Već spomenuti Okvir za izradu strategije razvoja hrvatskog graditeljstva 2017.-2020. [38] o razvoju građevno-tehničke regulative govori vrlo malo: kao mjeru za ostvarivanje strateškog cilja "smanjivanja investicijskih rizika primjerom pravnim i institucijskim okvirom" (str. 57), vezuje se primjena prioritetnih osi "Klimatske promjene i upravljanje rizicima" i "Zaštita okoliša i održivost resursa" (str. 65). Budući da iz rečenog dokumenta nisu razvidna daljnja pojašnjenja kako bi se primjenom instrumenata koji podupiru ove dvije prioritetne osi moglo postići ostvarivanje mjere "smanjivanja investicijskih rizika" koji proizlaze iz "čestih izmjena zakonskih odredbi i ostalih regulatornih akata", u nekoj budućoj izradi strateških dokumenata graditeljstva bit će nužno preciznije odrediti potrebne mјere.

Da bi se ostvario željeni razvoj građevno-tehničke regulative, osim dugoročnih strateških dokumenata koje donosi Hrvatski sabor (kako bi se smanjio utjecaj promjena povezanih s izbornim ciklusom) i sâmog sustava praćenja uspješnosti sustava kontrole gradnje trebalo bi osigurati da se gospodarski dio graditeljstva, korisnici graditeljskih usluga, tijela državne uprave i šira javnost mogu osloniti na specijalizirano ekspertno tijelo koje će se skrbiti o graditeljskoj struci. Naime, iz prethodnih analiza se može zaključiti da je pozitivan trend u razvoju dijela građevno-tehničke regulative uslijedio tek kada su se slijedom političkog okruženja (potpisivanjem SSP-a) stvorili uvjeti da se pristupi izradi tehničkih propisa. U tom je razdoblju (od potpisivanja SSP-a do pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji) postojao kontinuitet u intenzivnoj izradi tehničkih propisa, sinergija s drugim resorima (nadležnim za *infrastrukturu kvalitete te za direktive Novog pristupa*), stručnom javnosti i akademском zajednicom. Pri tome se između povjerenstava za izradu propisa u resornom ministarstvu, tehničkih odbora u Hrvatskom zavodu za norme i akreditacijskih postupaka u Hrvatskoj akreditacijskoj agenciji postigao primjeren stupanj koordinacije koji je omogućio ne samo donošenje tehničkih propisa+ nego i njihovu uspješnu implementaciju.

Može se zaključiti da je uspješna izrada i razvoj građevno-tehničke regulative rezultat jasnog i nepromjenjivog strateškog cilja, čvrste suradnje i dobre koordinacije svih dionika sustava. U tom smislu formiranje specijaliziranog ekspertnog tijela:

- a) koje će imati dostačne kapacitete i kompetencije da može osmislići i provoditi planirane zadaće donošenja i/ili održavanja građevno-tehničke regulative, i
- b) u čijem bi osnivanju i radu, ali i u korištenju njegovih usluga, uravnoteženo sudjelovali i pružatelji i korisnici graditeljskih usluga, znanstvenoistraživačka zajednica, javnost i Republika Hrvatska, moglo bi biti jamac razvijanja građevno-tehničke regulative koja bi ispunjavala uvjete stručne, poslovne i gospodarske opravdanosti.

Za takav pristup potrebno je strateški se opredijeliti za model u kojem će izrada, razvoj, obnavljanje i održavanje regulative biti u rukama profesionalnog, kadrovski ekipiranog i kompetentnog tijela koje ima srednjoročni i dugoročni plan rada na regulativi koji (plan) ima uporište u strategiji graditeljstva.

## 6 Zaključak

Prikazana retrospektiva od četvrt stoljeća razvoja građevno-tehničke regulative i razumijevanje mogućih dobrih i loših rezultata njezine primjene u razvoju graditeljstva, daje uvid u mogućnosti za poboljšanje sadašnjeg sustava kontrole gradnje i (na širem planu) razvoja struke koja ima značajno mjesto u gospodarstvu Hrvatske.

Pri tome nam dosadašnja iskustva i misao iz uvodno spomenutog članka (citat) "Regulativa nastaje kao odraz stanja u određenom vremenu s težnjom da to stanje unaprijedi. Ona mora otvarati puteve razvoju i pratiti razvoj kako ne bi zaostala za praksom i postala njegovom smetnjom." [1] mogu biti poticaj.

## Literatura

- [1] Simić, V.: Uloga regulative u razvoju graditeljstva, *Sabor hrvatskih graditelja*, Crikvenica, pp. 825-834, 1993.
- [2] Zakon o građenju, Narodne novine br. 77/92, 82/92, 33/95
- [3] Fučić, L.: Građevno-tehnička regulativa u Republici Hrvatskoj, *Graditeljstvo i okoliš*, Brijuni, pp. 1-11
- [4] Simović, V. (urednik): *Leksikon građevinarstva*, Masmedia, 2002.
- [5] Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju između Republike Hrvatske, s jedne strane, i Europskih zajednica i njihovih država članica, s druge strane, <http://www.mvep.hr/hr/hrvatska-i-europska-unija/hrvatska-i-europska-unija/proces-stabilizacije-i-pridruzivanja-/sporazum-o-stabilizaciji-i-pridruzivanju/>
- [6] Zakon o gradnji, Narodne novine br. 153/13, 20/17, 39/19, 125/19
- [7] Council Directive of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products (89/106/EEC), OJ L 040, 11-02-1989, str. 12-26
- [8] Zakon o prostornom uređenju, Narodne novine br. 30/94, 68/98, 61/00, 32/02 i 100/04
- [9] Zakon o gradnji, Narodne novine br., 52/99, 75/99, 117/01 i 47/03
- [10] Zakon o hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu, "Narodne novine" br. 47/98
- [11] Zakon o gradnji, Narodne novine, 175/03, 100/04
- [12] Hackitt, J.: *Building a Safer Future, Independent Review of Building Regulations and Fire Safety: Final Report*, UK government publications, 2018.
- [13] RAISING THE BAR, [https://www.frmjournal.com/news/news\\_detail.competence-steering-group-launches-interim-report.html](https://www.frmjournal.com/news/news_detail.competence-steering-group-launches-interim-report.html)
- [14] Zakon o prostornom uređenju i gradnji, "Narodne novine" br. 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, 50/12 i 55/12
- [15] Zakon o građevnim proizvodima, "Narodne novine" br. 86/08 i 25/13
- [16] Zakon o arhitektonskim i inženjerskim poslovima i djelatnostima u prostornom uređenju i gradnji "Narodne novine" br., 152/08, 124/09, 49/11 i 25/13
- [17] Zakon o prostornom uređenju, "Narodne novine" br. 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19
- [18] Zakon o građevinskoj inspekciji, "Narodne novine" br. 153/13

- [19] Zakon o građevnim proizvodima, "Narodne novine", 76/13, 30/14, 130/17, 39/19
- [20] Zakon o komorama arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju, "Narodne novine" br. 78/15, 114/18, 110/19
- [21] Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje, "Narodne novine" br. 78/15, 118/18, 110/19
- [22] Zakon o državnom inspektoratu, "Narodne novine", 115/18
- [23] Zakon o postupanju s objektima građenim protivno prostornim planovima i bez odobrenja za građenje, "Narodne novine" br. 33/92
- [24] Zakon o postupanju i uvjetima gradnje radi poticanja ulaganja, "Narodne novine" br. 69/09
- [25] Zakon o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama, "Narodne novine" br. 90/11
- [26] Zakon o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama, "Narodne novine" br. 86/12
- [27] Zakon o obveznim odnosima »Narodne novine«, br. 35/05, 41/08, 125/11, 78/15, 29/18
- [28] European Commision: *Methods of referencing standard in legislation with an emphasis on European Legislation*, European Communities, 2002.
- [29] Zakon o normizaciji, "Narodne novine" br. 55/96
- [30] Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, *Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje suglasnosti pravnim osobama za obavljanje djelatnosti gradnje i izvođenje pojedinih radova na građevini*, Predmet klasifikacijske oznake 360-01/01-01/0105, 2001.
- [31] Fučić, L., Završki, I.: Licenciranje izvođača: ciljevi i mogućnosti, *Hrvatski graditeljski forum 2013*, Zagreb, pp. 203-217, 2013.
- [32] Joint Research Center - Eurocodes, Time line, <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/showpage.php?id=12>
- [33] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Pregled tehničkih propisa iz područja graditeljstva*, Predmet klasifikacijske oznake 018-04/06-01/12, 2006.
- [34] Norme za industrijske proizvode, [www.mingo.hr](http://www.mingo.hr) > 37-vodic-norme-lowresfinalweb
- [35] Tehnički propis za cement za betonske konstrukcije, "Narodne novine" br. 64/05 i 74/06
- [36] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju glavnog projekta građevina*, Predmet klasifikacijske oznake 360-01/04-04/0001, 2004.
- [37] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Pravilnik o uvjetima i mjerilima za davanje suglasnosti za započinjanje obavljanja djelatnosti građenja*, Predmet klasifikacijske oznake 360-01/05-04/0008, 2005.
- [38] Čupić, B., Pletikapić, Z., Savić, Z., Sever, Z., Vedriš, M.: *Otvor za izradu strategije razvoja hrvatskog graditeljstva 2017.-2020.* Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja Republike Hrvatske, 2017.
- [39] Fučić, L.: Praćenje uspješnosti sustava kontrole gradnje, *Sabor hrvatskih graditelja 2016.*, Cavtat, pp 203-217, 2016.





## Izazovi u održavanju mostova: ocjenjivanje stanja i ocjenjivanje sigurnosti

Autori:

Izv. prof. dr. sc. Ana Mandić Ivanković

Doc. dr. sc. Marija Kušter Marić

Dominik Skokandić

Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet  
Zagreb, Kačićeva 26

## Izazovi u održavanju mostova: ocjenjivanje stanja i ocjenjivanje sigurnosti

Ana Mandić Ivanković, Marija Kušter Marić, Dominik Skokandić

### Sažetak

U ovome se radu daje pregled najvažnijih smjernica za svladavanje izazova u održavanju postojećih mostova. Smjernice su proizašle iz različitih, ali međusobno povezanih istraživanja kojima se Katedra za mostove Građevinskog fakulteta bavi više od desetljeća. Katedra na temelju ovakvih smjernica nastoji obrazovati novu generaciju inženjera konstruktora koji će biti sposobljavani za optimalno održavanje postojeće infrastrukture u kojoj su upravo mostovi ključne i kritične točke.

**Ključne riječi:** mostovi, održavanje, ocjenjivanje, vizualni pregledi, oštećenja, nerazorne metode ispitivanja, mjerjenje prometa u pokretu, vrednovanje informacija

## Challenges in maintaining bridges: condition assessment and safety assessment

### Abstract

This paper briefly reviews most important guidelines for assessing challenges in maintaining of existing bridges. These guidelines resulted from various research projects which have been conducted on Chair for bridges of the Faculty of Civil Engineering over the last decade. Based on presented guidelines and experience of its employees, Chair for bridges seeks to educate new generation of structural engineers, ones that will be dedicated to optimal management and maintenance of existing bridges, as a key parts of global transportation infrastructure networks.

**Key words:** bridges, maintenance, assessment, visual inspections, deterioration, non-destructive test methods (NDT), weigh-in-motion (WIM), value of information (Vol) analysis

## 1 Uvod

Svjesni činjenice da će se budući inženjeri - konstruktori u većem broju slučajeva baviti održavanjem postojeće infrastrukture negoli projektiranjem novih mostova, tijekom obrazovanja poseban naglasak stavlja se na ocjenjivanje postojećih mostova. To uključuje i ocjene njihovog stanja, ali i ocjene njihovih razina sigurnosti odnosno pouzdanosti i to u smislu nosivosti, ali i uporabivosti. Stoga je Katedra za mostove Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu proteklih nekoliko godina sudjelovala u radu različitih nacionalnih i međunarodnih istraživanja i aktivnosti kako bi na temelju razmjene iskustava i znanja te znanstvenih istraživanja unaprjeđivala postojeće stanje u ocjenjivanju i održavanju mostova kao najkritičnijih sastavnica prometne infrastrukture:

**Ocenjivanje pouzdanosti postojećih mostova** (2013.-2016.), istraživanje je financiralo Sveučilište u Zagrebu u sklopu godišnjih kratkoročnih finansijskih potpora istraživanjima, posvećeno razvoju postupaka ocjenjivanja postojećih mostova radi njihovog učinkovitog održavanja i korištenja kroz razvijanje vrijedne veze između pojedinih pokazatelja učinkovitosti (eng. *performance indicator*) i odgovarajućeg svojstva učinkovitosti konstrukcije mosta (eng. *structural performance*).

**Influence of concrete damage on reinforcement corrosion - computer simulation and in service performance of bridges: CODEbridges** [1] (2017.-2019.), istraživanje u suradnji sa Sveučilištem u Stuttgartu (UoS IWB i MPA) i pet društava za gospodarenje cestama u Hrvatskoj financirao je Fond "Jedinstvo uz pomoć znanja" (UKF - *Unity through knowledge fund*), temeljeno na eksperimentima u laboratoriju, mjerjenjima na postojećim mostovima i numeričkom modeliranju degradacije konstrukcije s ciljem definiranja proaktivnog pristupanja rješavanju globalnog problema kloridima izazvane korozije čelika u betonu;

**Quality specifications for road bridges, standardisation at a European level** [2] (2014.-2019.), europska COST akcija TU 1406, u sklopu koje se istraživala veza između tradicionalnih vizualnih pregleda i ključnih pokazatelja učinkovitosti cestovnih mostova;

**Quantifying the value of structural health monitoring** [3] (2014.-2019.), europska COST akcija TU1402, u sklopu koje su se razvijali pokazni primjeri za kvantificiranje vrijednosti Bridge-Weigh-in-Motion B-WIM mjerjenja u ocjenjivanju postojećih mostova za optimizaciju strategije upravljanja;

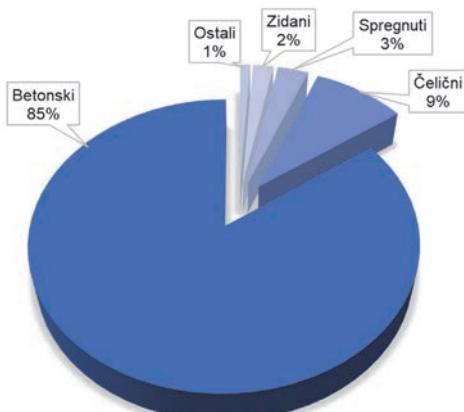
**Ključni pokazatelji učinkovitosti postojećih mostova** (2019.), istraživanje financirano od strane Sveučilište u Zagrebu u sklopu godišnjih kratkoročnih finansijskih potpora istraživanjima, koje se bavi identificiranjem ključnih pokazatelja učinkovitosti postojećih mostova s obzirom na prometno opterećenje te seizmičko djelovanje, a uzimajući u obzir njihovu dotrajalost s jedne strane (oštećenja, korozija) te njihove potencijalne zalihe s obzirom na konstrukcijski sustav, robusnost i oblikovanje detalja.

**Durability of reinforced concrete structures - Croatian and Canadian practices:** CROCAN-DY (2019.-2020.), hrvatsko-kanadski istraživački projekt finansirala je Fondacija prof. dr. sc. Jasne Šimunić-Hrvoić. U tom projektu sudjeluju Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet primijenjene znanosti i inženjerstva Sveučilišta u Torontu i Autocesta Rijeka - Zagreb d.d. U okviru projekta analiziraju se cestovni mostovi koji su izloženi velikim količinama soli za odleđivanje, tj. analiziraju se metode održavanja i sanacija i metode predviđanja daljnog tijeka degradacije te proaktivnih mjera za smanjenje utjecaja soli za odleđivanje na trajnost mostova.

Važnost istraživanja i izobrazbe u području ocjenjivanja postojećih mostova nužna je kako bismo proizveli smjernice temeljene na suvremenim spoznajama primjenjive u praksi te poučili novu generaciju inženjera konstruktora koji se bave mostovima, a koji će kombinirati znanja različitih disciplina (iz područja konstrukcija, materijala, trajnosti, upravljanja,...). Uvezši u obzir da je izgradnja većine današnje europske prometne infrastrukture započela 60-ih godina prošlog stoljeća, postaje jasna činjenica da se sve veći broj europskih mostova približava svojem projektiranom uporabnom vijeku. Gorućem problemu idu u prilog i izvanredna događanja te otkazivanja mostova posljednjih godina.

## 2 Stanje i upravljanje mostovima u Europi i Hrvatskoj

Ocjena stanja i održavanje postojećih cestovnih i željezničkih mostova, kao sastavnih dijelova prometne infrastrukturne mreže, ključni su za njeno funkcioniranje. Mnogi su mostovi na europskim prometnicama pred dostizanjem ili su već dostigli svoj projektirani uporabni vijek i to zahtijeva velika ulaganja kako bi se osiguralo njihovo buduće nesmetano korištenje. Razlog tome je što je glavni dio današnje europske mreže autocesta, poznate pod nazivom Transeuropska mreža prometnice (TEN-T), izgrađen prije više od pola stoljeća. Inicijalna izgradnja započela je 20-ih godina u Italiji te 30-ih u Njemačkoj, no najveći razvitak zabilježen je u razdoblju nakon Drugog svjetskog rata i nastavljen tijekom 60-ih prošlog stoljeća [4].



Slika 1. Vrste mostova na TEN-T prometnicama prema gradivu [5]

Najveći dio mostova na TEN-T prometnicama izgrađen je upotrebom armiranog i prednapetog betona, kao što je navedeno u detaljnem istraživanju provedenom u sklopu istraživačkog projekta SERON [5] i prikazano na slici 1. Kako su za projektiranje i izgradnju primjenjeni stariji propisi i norme u kojima projektiranje trajnosti i uporabnog vijeka nije bilo razvijeno kao u suvremenim propisima, velik broj tih mostova podložan je ozbiljnom propadanju uslijed korozije armaturnog i prednapetog čelika.

S obzirom na to da je uporabni vijek za mostove prema starim propisima bio samo 50 godina, prepostavlja se da je ona dosegnuta kod više od polovice od gotovo milijun mostova na europskim prometnicama. Samim time, njihova sigurnost i uporabivost dovedena je u pitanje zbog neadekvatnog održavanja, a pritisak javnosti dodatno se povećao nakon tragičnog rušenja vijadukta u Genovi u kolovozu 2018. Genovski most izgrađen je i pušten u promet 1967. godine, a u 90-im godinama izведен je projekt sanacije i ojačavanja, te su postavljeni senzori koji su omogućili 24-satni monitoring ponašanja mosta uslijed prometnog djelovanja. Unatoč svemu, za vrijeme jake oluje u kolovozu 2018. godine, jedan od ovješenih raspona otkazao je bez prethodne najave (slika 2.), te prouzročio smrt više od 40 osoba. Zbog tajnosti istrage, stvarni razlozi rušenja još uvijek nisu dostupni javnosti, ali prepostavka je da most nije bio adekvatno održavan [4].



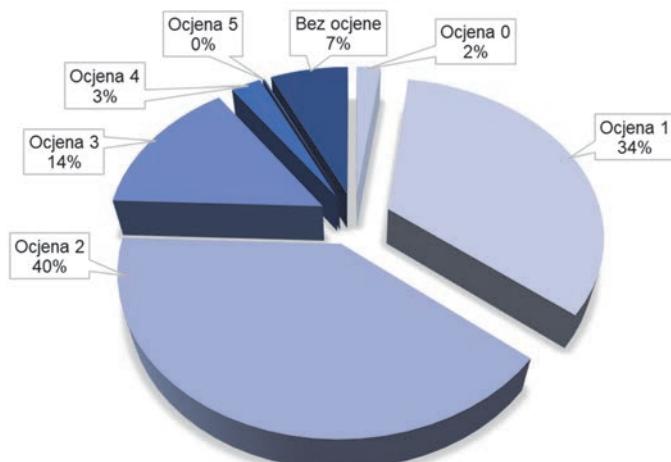
Slika 2. Urušeni raspon Genovskog mosta (Piero Cruciatti/AFP, Getty Images)

Zbog katastrofalnih posljedica, rušenje Genovskog mosta dovelo je stanje postojeće europske infrastrukture u fokus javnosti, što je rezultiralo mnogim nacionalnim izvještajima o stanju postojećih mostova, kao i nalazu Europske komisije [6] iz 2019. godine kojim je zaključeno da su potrebna veća ulaganja i istraživanja u ocjenu stanja i održavanje "starije" prometne infrastrukture u Evropi.

Ovaj zaključak potvrđen je i finansijskim izvješćem o ukupnim ulaganjima u održavanje prometne infrastrukture u odabranim evropskim zemljama. Finansijsko izvješće otkriva trend povećavanja ulaganja u održavanje prometne infrastrukture prije početka recesije, nakon čega slijedi nagli pad i stabilizacija prosjeka više od 30 % manjeg u 2014. u odnosu na godine prije recesije. Ove brojke "skrivaju" još veće varijacije u pojedinim EU zemljama, kao recimo u Italiji gdje se ukupni budžet za održavanje prometnica smanjio za čak 45 % u razdoblju od samo nekoliko godina.

Službeni podaci o starosti mostova na autocestama i cestama u Hrvatskoj nisu dostupni javnosti, no mostovi na autocestama ipak su relativno noviji u odnosu na europski projekti. Razlog tome je razvitak hrvatske mreže autocesta, koja iako je počela u 1970. godinama, svoj najveći razvitak doživjela je u posljednja dva desetljeća, te su pripadni mostovi noviji i izgrađeni po suvremenim propisima za projektiranje trajnosti i uporabnog vijeka.

Međutim, većina mostova na državnim cestama te u gradskim područjima izgrađena je prije više od 40 godina, pa su potrebitni adekvatni postupci ocjenjivanja stanja te sustavi njihovog upravljanja i održavanja. Podaci o stanju tih mostova nisu dostupni javnosti, no u sklopu projekta u kojem su sudjelovali zaposlenici Katedre za mostove, izrađeno je izvješće o stanju za više od 1100 cestovnih mostova na temelju detaljnih vizualnih pregleda. Rezultati izvješća prikazani su na slici 3., prema ljestvici ocjena od 0 do 5, ocjena 0 predstavlja mostove bez ikakvih oštećenja, dok je ocjena 5 najgora i podrazumijeva iznimno oštećenje te hitno zatvaranje mosta. Ocjene 1 i 2 uglavnom sugeriraju pogreške u izvedbi, a ocjena 3 označava mostove i elemente mostova koji su izloženi procesu dotrajavanja materijala. Ocjena 4 karakterizira mostove i nosive elemente s uznapredovalim procesom dotrajavanja [7].



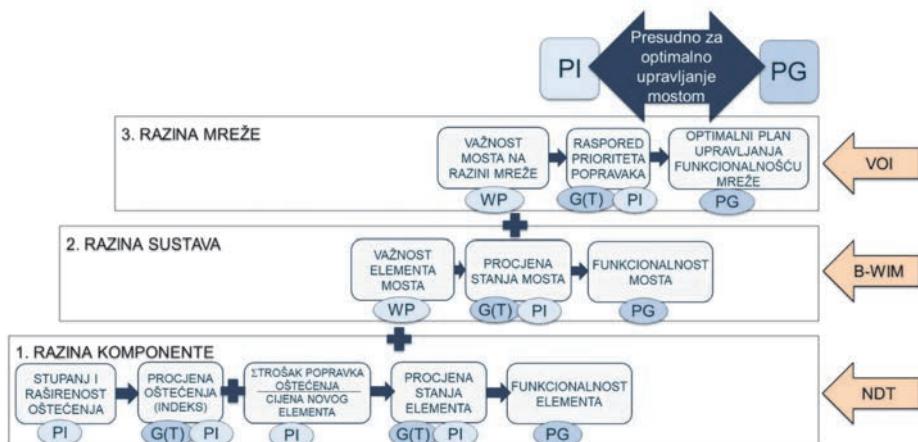
Slika 3. Ocjena stanja hrvatskih cestovnih mostova u 2010. godini [7]

Kroz projekte navedene u uvodu, Katedra za mostove je prikupila podatke o trenutačnom stanju u gospodarenju mostovima u Hrvatskoj. Dobila ih je od nekoliko društava za upravljanje, građenje i održavanje cesta, a to su: Hrvatske autoceste, Autocesta Rijeka - Zagreb, Hrvatske ceste, Grad Zagreb te Županijska uprava za ceste Krapinsko - zagorske županije.

Sva ta društva imaju ažurirani popis mostova, ali su sustavi gospodarenja mostovima uspostavljeni samo u Hrvatskim autocestama d.o.o. i Hrvatskim cestama d.o.o. [7, 8]. Oba sustava gospodarenja mostovima, i Hrvatskih autocesta i Hrvatskih cesta, imaju odgovarajući algoritam za ocjenu stanja svakog konstrukcijskog elementa na temelju opsežnih podataka o uočenim oštećenjima, pri čemu je onaj Hrvatskih autocesta pohranjen u računalnom sustavu, a onaj Hrvatskih cesta primjenjuje se ručno. Ocjenjivanje stanja drugih cestovnih mostova provodi se bez standardizirane procedure za vizualni pregled te su rezultati manje objektivni, što posebno vrijedi za mostove na cestama nižeg razreda (županijske, lokalne i nerazvrstane ceste) [7, 8]. Rezultati periodičnih vizualnih pregleda osnova su za izradu programa održavanja mosta i donošenje odluka o pojačanom održavanju (popravcima, ojačanjima i rekonstrukciji) [7]. Posebni vizualni pregled, nadopunjen ispitivanjima na terenu i/ili laboratorijskim ispitivanjima, obično se provodi nakon što je donesena odluka o nužnosti radova pojačanog održavanja s ciljem utvrđivanja opsega i složenosti radova sanacije [8].

### 3 Ocjenjivanje stanja mostova

U sklopu rada na europskoj akciji TU 1406 [2] predložen je postupak ocjenjivanja mostova uz međudjelovanje pokazatelja i ciljeva učinkovitosti (eng. *performance indicators* - PI i *performance goals* - PG) kroz tri razine s ciljem optimalnog upravljanja mrežom mostova [9-11] (slika 4.).



Slika 4. Ocjenjivanje stanja mostova od oštećenja elementa preko stanja mosta do prioriteta u upravljanju na razini mreže; dijelovi u strelicama s desne strane prikazuju smjernice za razvoj i unaprjeđenje na pojedinim razinama dane u nastavku rada [9]

Ocenjivanje mosta započinje ocjenjivanjem oštećenja pojedinog elementa, što podrazumijeva otkrivanje oštećenje, ali i identificiranje uslijed čega je nastalo te kakav mu je utjecaj na stanje odgovarajućeg elementa mosta. Dakle, riječ je o cilju ili zadatku na razini elementa (eng. *goal/task G (T)*). Na temelju ocjene oštećenja, a znajući o mogućnostima i troškovima popravka takvoga oštećenja, kao sljedeći zadatak postavlja se procjena stanja elementa. Kako bi se na drugoj razini utvrdio utjecaj oštećenja pojedinog elementa na učinkovitost (funkcionalnost) cjelokupnog mosta, treba ocijeniti i važnost svakog pojedinog elementa i to u smislu sigurnosti konstrukcije, prometne sigurnosti i trajnosti. Stoga se uvode težinski parametri (eng. *weighting parameters - WP* za svaki pojedini kriterij). Na trećoj razini treba uključiti i važnost mosta u sklopu cjelokupne cestovne mreže, uzimajući u obzir kriterije važnosti ceste, obujma prometa i veličine mosta, a kako bi se postigao konačni cilj - rangiranje prioriteta u održavanju između promatranih mostova mreže.

Oštećenja se otkrivaju u sklopu pregleda mostova koji mogu obuhvaćati vizualne preglede, nerazorne i razorne metode ispitivanja te praćenje ponašanja konstrukcije - monitoring. Na temelju kreiranja i analize cjelokupne baze podataka europskih zemalja, u većini zemalja jedini pokazatelj učinkovitosti koji se primjenjuje u praksi upravljanja mostovima jest indeks stanja (eng. *condition index* ili *condition rating* ili *deterioration index* i slično ovisno o zemlji) - pokazatelj koji se uglavnom dobiva vizualnim pregledom. Ipak, neke zemlje poput Danske ili Nizozemske počele su primjenjivati i suvremene znanstveno razvijene pokazatelje vezane uz načela preostalog vijeka uporabe, indekse pouzdanosti, pokazatelje robusnosti odnosno osjetljivosti mostova.

### **3.1 Od ocjene oštećenosti do ključnih pokazatelja funkcionalnosti mosta**

Prikazat će se jedinstven postupak ocjenjivanja mostova za rangiranje prioriteta koji je razvijen kombiniranjem stvarnih postupaka u hrvatskoj praksi ocjenjivanja mostova s teoretski postavljenom sistematizacijom ključnih pokazatelja učinkovitosti mostova, dobivenom na temelju istraživanja na europskoj razini [12, 13].

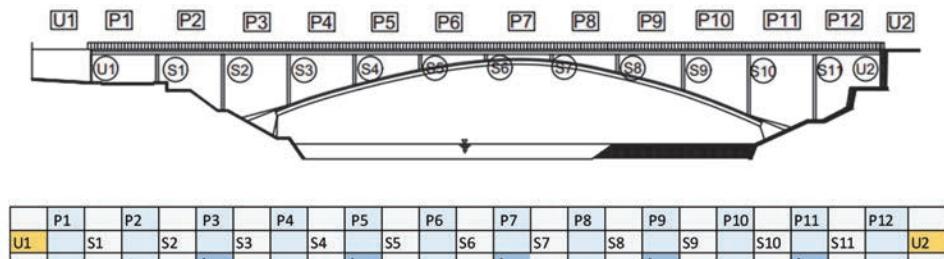
#### **3.1.1 Oštećenja povezana s komponentama**

Pregledi mostova općenito se provode na razini komponenata (elemenata) mostova koji formiraju tri glavna podsustava mostova: donji ustroj, gornji ustroj odnosno glavna nosiva konstrukcija i prometna površina. Postoji veliki popis oštećenja koja se moraju promatrati tijekom vizualnih pregleda. Reduciran popis pojmove vezanih uz pokazatelje učinkovitosti, koji je uspostavljen tijekom analiziranja baze podataka različitih europskih upravitelja mostovima kroz rad radne grupe 1 europske COST akcije TU 1406 [9] poslužio je kao dobar temelj za izdvajanje ključnih pokazatelja oštećenja. Po prikupljanju stanja područja u ocjenjivanju mostova, ukupno 100 indikatora oštećenja (npr. pukotine, odlamanje betonskog sloja, deformacija...) povezanih uz odgovarajući element mosta (npr. kolnik kao dio prometne površine, glavni nosač i ploča kao dio nosive konstrukcije mosta te stup i upornjak kao dio donjeg ustroja mosta, itd.) utvrđeni su kao najvažniji pokazatelji koji se mogu dobiti vizualnim pregledima (popis se može vidjeti u radu [13]).

### 3.1.2 Razina elementa

Stupanj i rasprostranjenost oštećenja potrebno je promatrati i ocijeniti duž cijele uzdužne dispozicije mosta i to prateći pojedine kritične presjeke mosta. Slika 5. prikazuje primjer lučnoga mosta s označenim kritičnim presjecima.

Raspored kritičnih presjeka treba prilagoditi uzdužnom rasporedu mostova i svako oštećeњe zabilježiti s pripadnom ocjenom, prateći sustav ocjenjivanja prikazan u tablici 1.



Slika 5. Kritični presjeci lučnog mosta u kojima se obavlja vizualni pregled oštećenja [12]

Tablica 1. Ocjenjivanje oštećenja na temelju vizualnog pregleda

Ocjena $G_{Vi,i}$	Opis oštećenja	Potrebne mjere popravka
1	Nikakva ili vrlo mala oštećenja, normalno starosno trošenje i habanje, estetska oštećenja. Nema smanjenja nosivosti, uporabljivosti i predviđenog vijeka trajanja.	Nisu potrebne mjere popravka.
2	Manja oštećenja, nedostaci u izgradnji i bez znakova daljnog pogoršanja. Nema smanjenja nosivosti i uporabljivosti.	Ako se ne poduzmu odgovarajuće mjere, predviđeni vijek trajanja će se smanjiti. Mjere popravaka potrebne su tijekom sljedećeg postupka održavanja.
3	Umjerena do ozbiljnija oštećenja bez smanjenja nosivosti i uporabljivosti. Znaci pogoršanja u pogledu nosivosti i uporabljivosti.	Srednjoročna akcija održavanja i popravaka potrebna je kako bi se održala uporabljivost i predviđeno trajanje mosta.
4	Teška oštećenja, bez smanjenja nosivosti. Već se može opaziti pogoršanje uporabljivosti i ugroženost predviđenog trajanja.	Mjere održavanja trebaju se započeti što je prije moguće kako bi se zaštitila uporabljivost i predviđeni rok trajanja. Takve mjere mogu se zamijeniti dodatnim posebnim detaljnijim ispitivanjima unutar definiranog vremenskog okvira.
5	Iznimna oštećenja utječu na nosivost konstrukcije.	Mjere za popravak i održavanje moraju se izvršiti odmah.

Prosječna ocjena oštećenosti koja obuhvaća sve kritične lokacije, temeljena na vizualnom pregledu ( $G_{Vi,i}$ ), postavljena je kao pokazatelj ocjene oštećenja na razini svake komponente. Druga mogućnost je korištenje maksimalne ocjene oštećenja kao pokazatelja ocjene oštećenja na razini komponente. Ovime bi se otkrila najproblematičnija lokacija na mostu koja je važna za statički određene sustave bez rezervi (robustnosti).

$$PI_{DA, CO, av} = \frac{\sum_i^n G_{Vi,i}}{n}; PI_{DA, CO, max} = \max_{1 \leq i \leq n} G_{Vi,i} \quad (1)$$

Nakon ocjene pokazatelja oštećenja na razini komponente,  $PI_{DA,CO}$ , pokazatelj ocjene stanja oštećene komponente  $PI_{CA,CO}$  se procjenjuje primjenom težine oštećenja za odgovarajuću komponentu  $W_{D,CO}$ .

$$PI_{CA, CO} = PI_{DA, CO} \times W_{D, CO} = PI_{DA, CO} \frac{I_{D, CO}}{I_{D, CO, max}} \quad (2)$$

Težina oštećenja  $W_{D,CO}$  izračunava se kao omjer važnosti promatranog oštećenja  $I_{D,CO}$  i maksimalne važnosti svih oštećenja  $I_{D, CO, max} = 4$ . Važnost oštećenja  $I_{D, CO}$  odnosi se na maksimalnu razinu oštećenosti koja se može uočiti na određenoj komponenti i utjecati na njenu funkcionalnost. Razina važnosti oštećenja  $I_{D, CO} = 1$  znači da oštećena komponenta i dalje ima najbolju funkcionalnost. Važnost oštećenja  $I_{D, CO} = 2$  se odnosi na početno oštećenu komponentu s još uvijek neupitnom funkcijom. Važnost oštećenja  $I_{D, CO} = 3$  označava umjerenou oštećenu komponentu s funkcijom koja i dalje nije ugrožena. I konačno razina oštećenja  $I_{D, CO} = 4$  znači da je visoko oštećena komponenta izvan funkcije ili ima upitnu funkciju. Tablica koja prikazuje razinu važnosti oštećenja za svako ključno oštećenje u odnosu na sve ispitane komponente prikazana je u radu [13] a temelji se na smjernicama za vrednovanje oštećenja hrvatskih autocesta [14].

Kako bi se utvrdio utjecaj oštećene komponente na cijelu konstrukciju, važnost komponente mosta moguće je ocijeniti prema sljedećim kriterijima - sigurnost i uporabljivost konstrukcije, prometna sigurnost i trajnosni aspekti. Nakon određivanja pokazatelja ocjene oštećenja na razini komponente,  $PI_{DA,CO}$ , pokazatelji sigurnosti konstrukcije, prometne sigurnosti i trajnosti na razini pojedine komponente  $PI_{ss,CO}$ ,  $PI_{ts,CO}$ ,  $PI_{D,CO}$  procjenjuju se primjenom odgovarajuće težine za pojedinu komponentu kako slijedi:  $W_{ss,CO}$ ,  $W_{ts,CO}$ ,  $W_{D,CO}$ .

$$PI_{ss, CO} = PI_{DA, CO} \times W_{ss, CO} = PI_{DA, CO} \frac{I_{ss, CO}}{I_{ss, CO, max}} \quad (3)$$

$$PI_{ts, CO} = PI_{DA, CO} \times W_{ts, CO} = PI_{DA, CO} \frac{I_{ts, CO}}{I_{ts, CO, max}} \quad (4)$$

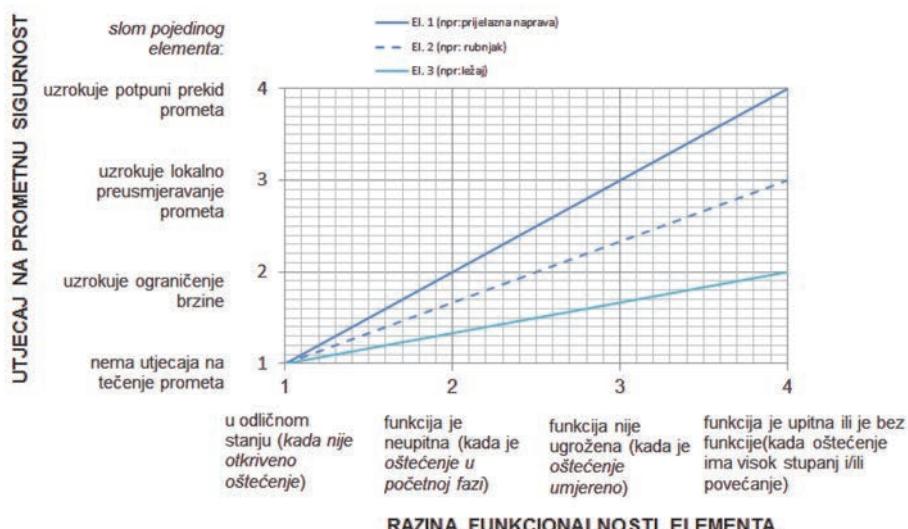
$$PI_{D, CO} = PI_{DA, CO} \times W_{D, CO} = PI_{DA, CO} \frac{I_{D, CO}}{I_{D, CO, max}} \quad (5)$$

Težina učinka na sigurnost konstrukcije  $W_{ss,co}$  izračunava se kao omjer važnosti pojedine komponente u pogledu sigurnosti konstrukcije  $I_{ss,co}$  i najviše moguće razine važnosti sigurnosti konstrukcije  $I_{ss,co,max} = 3$ . Naime, na temelju kriterija sigurnosti konstrukcije (najviša razina važnosti 3) može se zaključiti da otkazivanje određene komponente neće imati nikakav utjecaj na sigurnost i uporabljivost mosta (razina važnosti 1), da će imati učinak samo na dio konstrukcije mosta (razina važnosti 2) ili da će utjecati na cijelokupnu konstrukciju mosta (razina važnosti 3).

Težina učinka na prometnu sigurnost  $W_{ts,co}$  izračunava se kao omjer važnosti pojedine oštećene komponente u prometnoj sigurnosti  $I_{ts,co}$  i najviše razine prometne sigurnosti  $I_{ts,co,max} = 4$ . Kriterij prometne sigurnosti (najviša razina važnosti 4) izražen je u odnosu na ograničenja prometa i zakrčenosti uzrokovanih oštećenjem određene komponente: otkazivanje određenog elementa nema utjecaj na protok prometa (razina važnosti 1), uzrokuje ograničenje brzine (razina važnosti 2), uzrokuje preusmjeravanje lokalnog prometa (razina važnosti 3) ili uzrokuje potpuno obustavljanje prometa (razina važnosti 4).

Težina učinka na trajnost  $W_{d,co}$  izračunava se kao omjer važnosti pojedinog oštećenog elementa na trajnost  $I_{d,co}$  i najviše razine važnosti trajnosti  $I_{d,co,max} = 2$ . Na osnovi kriterija trajnosti (najviša razina važnosti 2) može se zaključiti da otkazivanje određene komponente neće imati utjecaj na druge komponente (razina važnosti 1) ili, suprotno tome, da će otkazivanje određenog elementa uzrokovat smanjenu trajnost drugih komponenti (razina važnosti 2).

Tablica koja prikazuje važnost sastavnih komponenti mosta za sigurnost konstrukcije  $I_{ss,co}$ , prometnu sigurnost  $I_{ts,co}$  i trajnosne aspekte  $I_{d,co}$  raspoloživa je u radu [13], a temelji se na smjernicama za vrednovanje oštećenja hrvatskih autocesta [14]. Primjer odnosa važnosti oštećenja odgovarajuće komponente (prijelazne naprave, rubnjaka i ležaja mosta) i utjecaja oštećenja za funkcioniranje te komponente u pogledu prometne sigurnosti prikazan je na slici 6.



Slika 6. Primjer odnosa važnosti oštećenja odgovarajuće komponente i važnosti komponente za prometnu sigurnost, (os x oštećenje odgovarajuće komponente, os y prometna sigurnost) [9]

### 3.1.3 Prijelaz s komponente na razinu sustava

Ocjena stanja mostova temelji se na četiri kriterija: sigurnost i uporabljivost konstrukcije, trajnost, prometna sigurnost i općenito stanje mosta. Prije prijelaza na razinu sustava potrebno je uspostaviti pokazatelje općeg stanja mosta na razini svake komponente.

Na temelju praktičnog iskustva u upravljanju mostovima, težine četiriju kriterija koji upućuju na opće stanje mosta, obuhvaćaju se kako slijedi: opća ocjena stanja 30 % ( $W_{CA,SY}$ ), sigurnost konstrukcije 30 % ( $W_{SS,SY}$ ), trajnost 10 % ( $W_{D,SY}$ ) i prometna sigurnost 30 % ( $W_{TS,SY}$ ) [15], kao što je vidljivo lijevo na slici 7. Stoga je pokazatelj općeg stanja mosta na razini svake komponente prikazan sljedećim izrazom (6):

$$PI_{BCA, CO} = PI_{CA, CO} \times W_{CA,SY} + PI_{SS, CO} \times W_{SS,SY} + PI_{TS, CO} \times W_{TS,SY} + PI_{D, CO} \times W_{D,SY} \quad (6)$$

### 3.1.4 Razina sustava

Nakon otkrivanja pokazatelja na razini svake komponente, ključni pokazatelji učinkovitosti cjelokupnog mosta kao sustava identificiraju se kao maksimalne vrijednosti među pojedinim pokazateljima komponenti. Ključni pokazatelj sigurnost konstrukcije mosta, pokazatelj prometne sigurnosti mosta, pokazatelj trajnosnih svojstava mosta te ključni pokazatelj cjelokupne ocjene stanja mosta određuju se kao:

$$KPI_{SS, SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{SS, CO} \quad (7)$$

$$KPI_{TS, SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{TS, CO} \quad (8)$$

$$KPI_{D, SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{D, CO} \quad (9)$$

$$KPI_{BCA, SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{BCA, CO} \quad (10)$$

Dodatni ključni pokazatelj učinkovitosti otkriva dostupnost mosta  $KPI_{AV,SY}$  u slučaju mjera koje će biti potrebne s obzirom na ocijenjeno stanje mosta. Vrednovanje ključnog pokazatelja dostupnosti  $KPI_{AV,SY}$  prikazano je u tablici 2. ovisno o vrsti prometa i očekivanim prometnim ograničenjima. Kada je među prethodnim KPI-ovima, danim izrazima (7), (8), (9) i (10), onaj koji se odnosi na prometnu sigurnost  $KPI_{TS,SY}$  vodeći (najveća vrijednost), ocjena  $KPI_{AV,SY}$  će biti povezana s mjerama koje se očekuju na prometnim površinama mosta (i ne može se odabrati s vrijednošću 1). Ako drugi KPI-ovi najviše utječu na mjerne održavanja ili popravaka,  $KPI_{AV,SY}$  treba odabrati promišljeno s obzirom na očekivana i potrebna ograničenja prometa. U tom smislu može biti korisna ocjena zasebnih maksimalnih pokazatelja po svakom pojedinom dijelu mosta. U tom slučaju upotrebljavaju se izrazi (7), (8), (9), (10), ali ne za cijelu konstrukciju mosta nego za komponente koje čine pojedine dijelove mostova, (eng. *Individual components*).

*dual Parts - IP, KPI<sub>SS,IP</sub>, KPI<sub>TS,IP</sub>, KPI<sub>D<sub>1</sub>,IP</sub>, KPI<sub>B<sub>CA</sub>,IP</sub>*). Na primjer, za konstrukciju nosača razmotrit će se samo kolnička ploča, konzole, glavni uzdužni nosači, sekundarni uzdužni nosači te poprečni nosači.

U slučaju kombiniranog cestovnog i željezničkog prometa, težinu svakog KPI-a treba uzeti s pola težine,  $W_{SY,road} = 0.5$  i  $W_{SY,rail} = 0.5$ , ako nema tračnica na mostu  $W_{SY,road} = 1$  i  $W_{SY,rail} = 0$ , a ako nije predviđen cestovni promet s vrijednostima  $W_{SY,road} = 0$  i  $W_{SY,rail} = 1$ .

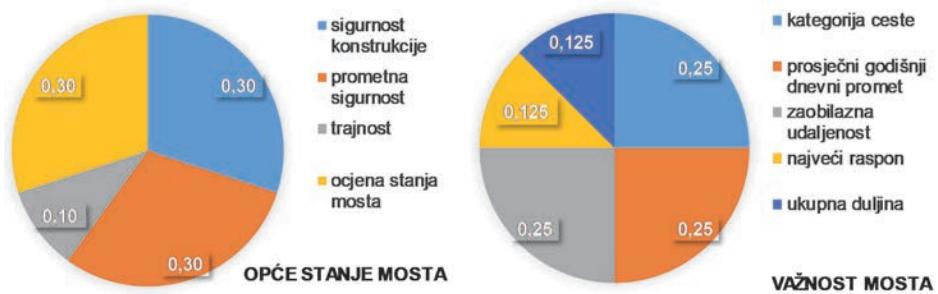
**Tablica 2. Ključni pokazatelji dostupnosti za cestovne i željezničke mostove tijekom radova**

Cestovni promet	Ocjena KPI <sub>AV,SY</sub>
Tijek prometa na mostu teče glatko, bez potrebe za usporavanjem	1
Tijek prometa je usporen i zakrčen uslijed stanja na prometnoj površini (oštećenog asfalta itd.), oba su prometna traka u funkciji	2
Promet iz oba smjera je preusmjeren u jedan prometni trak; uz ograničenja brzine	3
Ograničenja prometa za teška vozila, kamione itd.	4
Most je zatvoren za promet	5
<b>Željeznički promet (vlak, tramvaj) - ako nema tračnica na mostu, faktor težine je 0</b>	<b>Ocjena KPI<sub>AV,SY</sub></b>
Željeznički promet teče glatko	1
Promet se usporava zbog stanja tračnica	2
Promet teče samo na jednoj tračnoj pruzi - odvojeno za oba smjera	3
Ograničenje prometa za tramvaje / vlakove	4
Most je zatvoren na tračnicama (za željeznički promet)	5

### 3.1.5 Razina mreže

Važnost mostova na razini mreže upućuje na vrijednost mostova i temelji se na pet kriterija: kategoriji ceste, godišnjem prosječnom dnevnom prometu, zaobilaznoj udaljenosti, najvećem rasponu mosta i ukupnoj duljini mosta [16].

Prva tri kriterija: cestovna kategorija, godišnji prosječni dnevni promet i zaobilazna udaljenost, međusobno su neovisni i jednakо važni za odlučivanje o važnosti mosta. Kriterij najvećeg raspona i kriterij ukupne duljine obuhvaćaju zajednički zahtjevnost izgradnje i vrijednost investicije, te se stoga njihova ukupna važnost može smatrati jednakim ostalim kriterijima. Stoga, predložene su sljedeće težine pojedinih kriterija: kategorija ceste 25 % ( $W_{RC}$ ); godišnji prosječni dnevni promet 25 % ( $W_{AADT}$ ); zaobilazna udaljenost 25 % ( $W_{DD}$ ); najveći raspon 12,5 % ( $W_{LS}$ ); ukupna duljina 12,5 % ( $W_{TL}$ ), koje su naznačene desno na slici 7.



Slika 7. Primjer učešća (težina) pojedinih kriterija za ocjenu općeg stanja mosta (lijevo) i rangiranje prioriteta (desno)

Stoga se pokazatelj važnosti mosta na razini mreže može prikazati izrazom (11):

$$KPI_{BI, NET} = G_{RC} \times W_{RC} + G_{AADT} \times W_{AADT} + G_{DD} \times W_{DD} + G_{LS} \times W_{LS} + G_{TL} \times W_{TL} \quad (11)$$

gdje su  $G_{RC}$ ,  $G_{AADT}$ ,  $G_{DD}$ ,  $G_{LS}$ ,  $G_{TL}$  ocjene za kategoriju ceste, godišnji prosječni dnevni promet, zaobilaznu udaljenost, najveći raspon i ukupnu duljinu prema vrednovanju prikazanom u tablici 3.

Tablica 3. Ocjene za procjenu važnosti mosta na razini mreže na osnovi pet kriterija

Kategorija ceste <sup>1)</sup>	$G_{RC}$	Godišnji prosječni dnevni promet <sup>2)</sup> [N vozila]	$G_{AADT}$	Zaobilazna udaljenost <sup>3)</sup> [km]	$G_{DD}$	Najveći raspon <sup>4)</sup> [m]	$G_{LS}$	Ukupna duljina <sup>5)</sup> [m]	$G_{TL}$
Nepoznata cesta	1	< 500	1	Susjedna prometna traka	1	< 5	1	< 20	1
Lokalna cesta	2	500 - 15000	2	< 5 km	2	5 - 20	2	20 - 80	2
Međudržavna cesta	3	15000 - 50000	3	5 km - 20 km	3	20 - 50	3	80 - 200	3
Državna cesta	4	50000 - 500000	4	20 km - 60 km	4	50 - 100	4	200 - 500	4
Autocesta	5	> 500000	5	> 60 km	5	> 100	5	> 500	5

<sup>1,2,3)</sup> Treba napomenuti da se kategorija ceste, godišnji prosječni dnevni promet i zaobilazna udaljenost trebaju prilagoditi veličini promatrane cestovne mreže.

<sup>2)</sup> Na primjer, u Hrvatskoj bi se moglo očekivati više od 50 000 vozila samo na glavnom zaobilaznom putu. Gledajući ukupni hrvatski prometni intenzitet 1 do 5 stupnjeva, može se koristiti za AADT < 500; 500-3000; 3000-10000; 10000-30000 i 30000-50000.

<sup>3)</sup> Ocjenjivanje zaobilazne udaljenosti temelji se na (i) gubitku vremena uzrokovanim usporavanjem u susjednom prometnom traku, (ii) gubitku vremena do 10 minuta, (iii) do pola sata, (iv) do jednog sata i (v) više od jednog sata.

**Tablica 3. Ocjene za procjenu važnosti mosta na razini mreže na osnovi pet kriterija (opis kriterija)**

<p><sup>4)</sup> Ocjenjivanje najvećega raspona povezano je s nosivom konstrukcijom mosta, materijalom koji se koristi, složenosti gradnje. Mostovi raspona do 5 m su obično mali prolazi od armiranog betona. Rasponi do 20 m obično se svladavaju jednostavnim armiranobetonskim nosačima ili pločama. Mostovi na rasponima od 20 do 50 m mogu se smatrati mostovima srednjih raspona koji se izvode od prednapetog betona ili kao spregnute konstrukcije, ali još uvijek se grade manje zahtjevnim metodama izvedbe. Za raspone iznad 50 m primjenjuju se složeniji konstrukcijski tipovi (npr. lučni most), složeniji poprečni presjeci (grede promjenjive visine, sandučasti poprečni presjeci) i zahtjevne metode građenja (uzdužno potiskivanje, konzolna gradnja). Iznad raspona od 100 m opravdano je smatrati most vrlo važnom konstrukcijom.</p> <p><sup>5)</sup> Ukupna duljina mosta utječe na troškove održavanja i upravljanja. Stoga se predlaže odgovarajuće ocjenjivanje u odnosu na veličinu raspona i najčešći raspored mosta u okvirima te duljine. Prva skupina predstavlja male mostove s jednim ili dva raspona, dok će druga skupina pokriti nadvožnjake preko lokalne, državne ili autoceste. Nadalje, kontinuirani mostovi srednje veličine ulaze u treću skupinu. Četvrta skupina obuhvaća s jedne strane složenije konstrukcijske tipove glavnog raspona mosta s nekoliko prilaznih raspona ili s druge strane duge mostove s više sličnih raspona. Konačno, petoj skupini pripadaju mostovi s velikim glavnim rasponom i prilaznim rasponima ili iznimno dugi mostovi.</p>
--

### 3.1.6 Ukupna procjena učinkovitosti za rangiranje prioriteta popravka

Na temelju ocjene iz vizualnog pregleda i vrednovanja od razine komponente, preko razine sustava pa do razine mreže, preporučuje se skup od šest najvažnijih ključnih pokazatelja učinkovitosti mosta: ključni pokazatelj sigurnosti konstrukcije ( $KPI_{SS,SY}$ ), ključni pokazatelj prometne sigurnosti ( $KPI_{TS,SY}$ ), ključni pokazatelj trajnosnih aspekata ( $KPI_{D,SY}$ ), ključni pokazatelj općeg stanja mosta ( $KPI_{BCA,SY}$ ), ključni pokazatelj važnosti mosta u prometnoj mreži ( $KPI_{BI,NET}$ ) i ključni pokazatelj dostupnosti mosta tijekom radova na mostu ( $KPI_{AV,SY}$ ). Predlaže se prikaz rezultata ocjenjivanja u obliku obojenog radarskog tipa dijagrama (tzv. pauka, vidi sliku u sklopu tablice 4.). Zelena područja predstavljaju najpovoljniju vrijednost ocjene, a crvena područja trebaju alarmirati upravitelja mosta i zahtijevaju hitnu intervenciju.

Procjena učinkovitosti primjera mosta pokazuje da je najlošiji pokazatelj sigurnost konstrukcije (najveća vrijednost  $KPI_{SS,SY} = 3,45$ ) čiji je izvor oštećenost stupova. Ovaj bi dio mosta zahtijevao najranije poduzimanje odgovarajućih mjera. Umjeren do teški poremećaj trajnosti ( $KPI_{D,SY} = 3,0$ ) proizlazi iz stanja hodnika, što, uz oštećenja gredne konstrukcije, također pričinjava utječe i na prometnu sigurnost ( $KPI_{TS,SY} = 3,0$ ). Ocjena ukupnog stanja mosta ( $KPI_{BCA,SY} = 2,78$ ) je dobra, što upućuje na umjeren poremećaj učinkovitosti mosta.

Pokazatelj dostupnosti mosta  $KPI_{AV,SY}$  treba biti promišljeno odabran s obzirom na potrebne i očekivane mjere popravka. U ovome se slučaju mogu predvidjeti samo mala ograničenja prometa tijekom popravljanja hodnika i stupova (usporen tok prometa, ali još uvijek s prometom u oba smjera,  $KPI_{AV,SY} = 2,00$ ) pa odgovarajuća dostupnost mosta upućuje na vrlo dobru učinkovitost mosta tijekom predviđenih radova održavanja.

Konačno, važnost mosta na razini mreže (za ovaj primjer  $KPI_{BI,NET}$  s vrijednosti manjom od 3) naznačiti će prioritetne mjere koje treba poduzeti na tom mostu. Ali pravilna i optimalna odluka može se donijeti tek onda kada se taj most usporedi s drugim mostovima u mreži. Ovakve se odluke donose u sklopu cijelokupnih sredstava raspoloživih do sljedećeg pregleda odnosno ocjenjivanja mosta.

Primjer analiziranja i uspoređivanja rezultata pet stvarnih mostova s ciljem promišljenog rangiranja prioriteta u grupi prikazan je u radovima [12, 13].

**Tablica 4.** Grafički prikaz ključnih pokazatelja jednog mosta i tablični prikaz najvećeg utjecaja pojedinačnih dijelova [12]

Dio sklopa	$KPI_{SS,IP}$ (sigurnost konstrukcije)	$KPI_{TS,IP}$ (prometna sigurnost)	$KPI_{D,IP}$ (trajnost)	$KPI_{BCA,IP}$ (procjena stanja mosta)
Hodnik	2,00	2,25	<b>3,00</b>	2,33
Kolnik	0,69	2,08	2,08	1,72
Gredna konstrukcija	3,00	<b>3,00</b>	1,50	<b>2,78</b>
Lučna konstrukcija	3,00	0,75	1,50	2,33
Upornjak	0,00	0,00	0,00	0,00
Stup	<b>3,45</b>	0,86	1,73	2,68
Odvodnjak	0,67	1,50	2,00	1,50
Sustav	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{D,SY}$	$KPI_{BCA,SY}$
Most	<b>3,45</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>2,78</b>

### 3.2 Proaktivni pristup pregledima mostova

Kao što je navedeno u uvodu, jedan od osnovnih načina otkrivanja oštećenja, a koji se najčešće i primjenjuje u hrvatskoj ali i europskoj praksi upravljanja mostovima, jest vizualni pregled. Vizualni pregled temelj je i postupka ocjenjivanja stanja mostova opisanog u pret-hodnom poglavljju. Međutim, korozija armature u betonu može se vizualnim pregledom uočiti tek u već uznapredovaloj fazi, kada će biti potrebni popravci, a time je mogućnost za optimalno održavanje već izgubljena. Stoga moguće rješenje leži u proaktivnom pristupu gdje će se vizualni pregledi kombinirati s jednostavnim i djelotvornim nerazornim metodama (engl. NDT *Non-destructive Methods*). U radu [8], koji je proizašao kao jedan od rezultata u uvodu spomenutog projekta CODEbridges, upravo je o tome riječ te je inovativni pristup primijenjen na šest stvarnih hrvatskih mostova. Nerazorne metode ispitivanja armirano-betonskih konstrukcija u ovom istraživanju odabrane su na temelju sljedećih karakteristika (tablica 5.) [8, 17]:

- jednostavne za korištenje, brza provedba mjerjenja, ekonomski isplatiće metode, dostupnost uređaja među izvršiteljima vizualnih pregleda mostova;
- rezultati su komplementarni s vizualnim pregledima, omogućuju objektivniju ocjenu stanja konstrukcije;
- izmjereni parametri mogu poslužiti u kalibraciji numeričkih modela i simulaciji propadanja konstrukcije tijekom preostalog uporabnog vijeka.

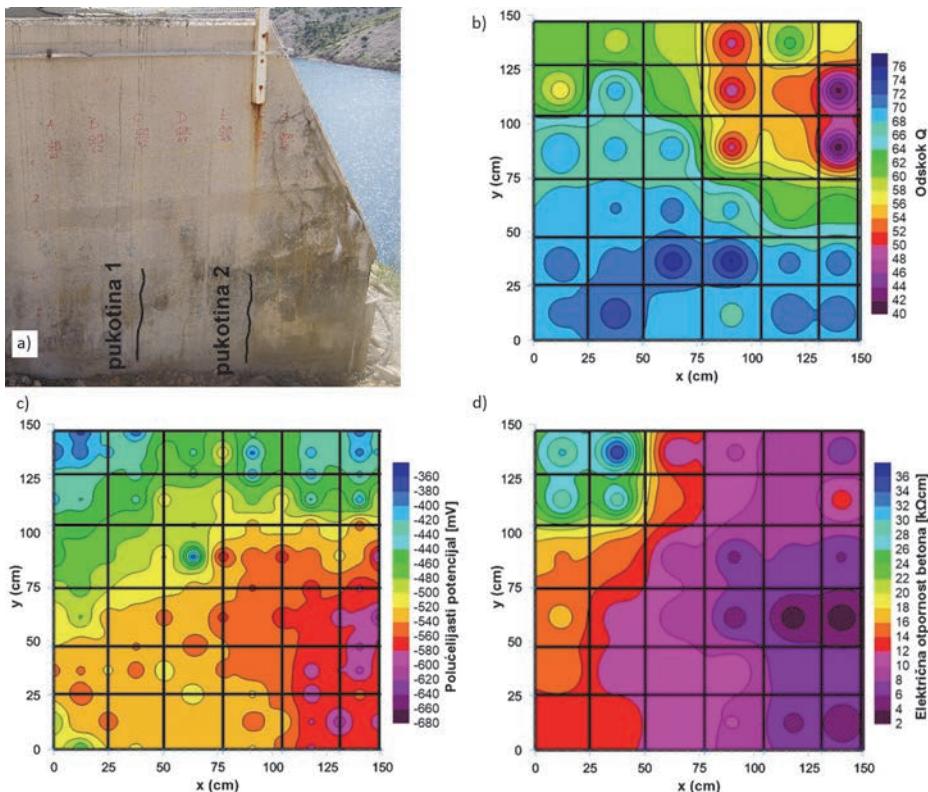
**Tablica 5. Odabrane nerazorne metode ispitivanja provedene na pokaznim primjerima armiranobetonskih mostova [17]**

Cilj	Nerazorne metode	Pokazatelj učinkovitosti (PI)	Utjecaj na nosivost konstrukcije	Utjecaj na trajnost konstrukcije (koroziju armature)
Kvaliteta i ujednačenost betona	Sklerometar	Tlačna čvrstoća	•	
	Ultrazvučna brzina pulsa	Modul elastičnosti	•	
		Poissonov omjer	•	
Pukotine i oštećenja u betonu	Optički mikroskop, mjerna traka	Širina pukotine	•	•
	Ultrazvučna brzina pulsa	Dubina pukotine	•	•
	Metar	Duljina pukotine	•	•
Trajnost betona	Uređaj za ispitivanje otpornosti na principu Wennerove sonde	Površinska otpornost betona		•
Ocjena stanja armature	Tragač armature, radar (GPR)	Promjer šipke armature	•	•
		Debljina zaštitnog sloja	•	•
	Voltmetar za mjerjenje električnog potencijala otvorenog kruga	Polućelijski potencijal		•

Jedan od najvažnijih parametara o kojem ovisi korozija armature te trajnost armiranobeton-skih konstrukcija je zaštitni sloj betona, koji mora biti dosta debljine i kvalitete. Rezultati nerazornih mjerjenja na nekoliko postojećih mostova [8] pokazali su da su izvedene debljine zaštitnog sloja betona općenito manje u odnosu na preporučene vrijednosti u skladu s razredima izloženosti okolišu, prema važećoj normi HRN EN 206:2013 [18]. Kvalitetu zaštitnog sloja narušavaju oštećenja i pukotine u betonu nastale tijekom izvedbe i/ili korištenja te mogu znatno ubrzati koroziju armature [19, 20]. Dodatna varijabla ovisna o vremenu, a koja utječe na trajnost konstrukcija jest električna otpornost betona. Iako ovisi o više parametara, postupak mjerjenja električne otpornosti betona sve je popularnija metoda nerazornog ispitivanja, s obzirom na jednostavnost, brzinu i male troškove tijekom mjerjenja te upotpunjuje određivanje rizika od korozije armature u betonu uz mjerjenje polućelijskog potencijala kao jedna od najčešće korištenih metoda.

Nerazorna ispitivanja doprinose ranijem otkrivanju oštećenja i degradacijskih procesa te točnjem određivanju ocjene stanja konstrukcije, što je demonstrirano na pokaznom primjeru - temelju stupa Masleničkog mosta (slika 8). Naime, nekoliko pukotina i djelomična promjena boje na površini betona utvrđeni su vizualnim pregledom na temelju stupa S2 (slika 8.a). Međutim, rezultati nerazornih ispitivanja (slika 8.c i 8.d) pokazuju iznimno niske vrijednosti električne otpornosti betona (vrijednost  $< 10 \text{ k}Ω\text{cm}$  predstavlja visoki rizik, a

vrijednost  $< 50\text{k}\Omega \text{ cm}$  srednji rizik) i vrlo negativne polućelijske potencijale s visokim gradijentima (vrijednost  $< -200 \text{ mV}$  predstavlja srednji rizik, a vrijednost  $< -350 \text{ mV}$  predstavlja visoki rizik). Ovakva kombinacija rezultata upućuje na visok udio klorida u betonu te na aktivnu koroziju visokog intenziteta, odnosno s većom gustoćom struje, što nije moguće kvantificirati na temelju vizualnog pregleda.



Slika 8. Rezultati nerazornih ispitivanja na temelju stupa S2 Masleničkog mosta [8]: a) mjerno mjesto, b) konturni prikaz izmjerenih vrijednosti odskoka sklerometra; c) konturni prikaz izmjerenih polućelijskih potencijala i d) konturni prikaz izmjerene električne otpornosti

#### 4 Ocjenjivanje sigurnosti mosta za preporuke o dalnjem postupanju

U prethodnom je poglavlju razmatrano ocjenjivanje stanja mostova te je vidljivo da je jedan od ključnih pokazatelja za optimalno održavanje i rangiranje prioriteta sigurnost konstrukcije mosta. Ona se u sklopu procedura ocjenjivanja stanja procjenjuje na temelju ocjene oštećenja pojedinih elemenata i težina njihovih učinaka na sigurnost konstrukcije.

Kako bismo realnije odredili razinu sigurnosti mosta i utvrdili zalihe mosta u preostalom vremenu trajanja, odnosno zaključili treba li ga, kada i kako popraviti ili ojačati, iznimno

je važno ispravno ga ocijeniti i ponovljenim proračunom. Pri ocjenjivanju sigurnosti nekog postojećeg mosta, primjena konzervativnih proračunskih modela opterećenja i otpornosti iz normi za projektiranje novih mostova može prouzročiti nepotrebno velike troškove održavanja [21]. S druge strane, sofisticirane metode temeljene na probabilističkom pristupu traže ulaganje većih napora, a i zahtjevne su za praktičnu primjenu. Stoga se prikladnima smatraju postupci ocjenjivanja kroz više razina kojima se složenost a time i točnost povećava. Naime, ako most zadovoljava već na prvoj razini, daljnji složeniji postupci nisu potrebni. U suprotnom treba provesti složeniji postupak ocjenjivanja u kojem se više približavamo stvarnim vrijednostima djelovanja i otpornosti konstrukcije.

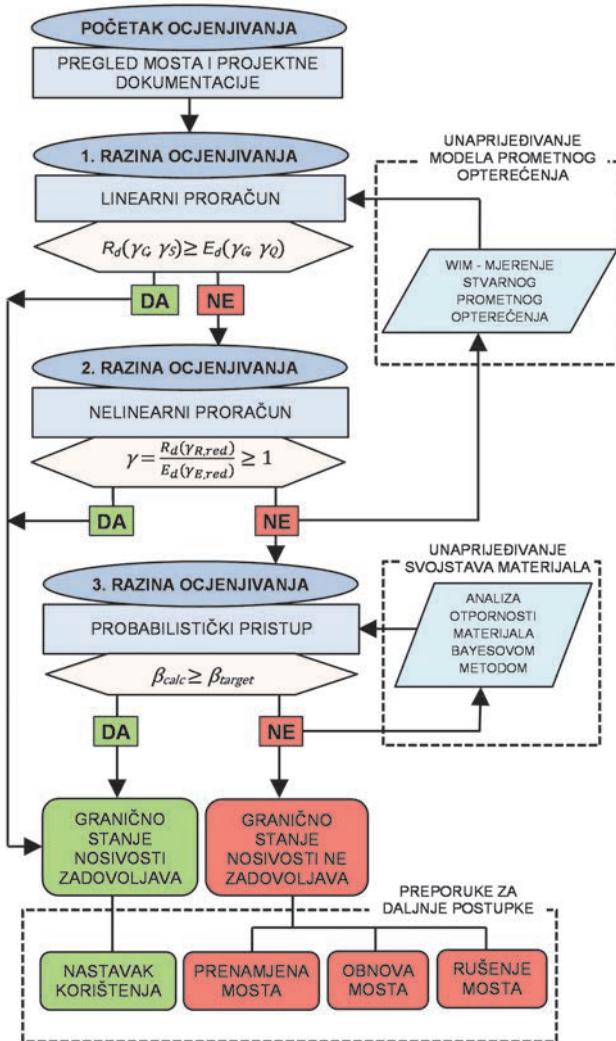
Najčešće se u literaturi mostovi ocjenjuju s obzirom na prometno opterećenje. Ono je osnovno opterećenje kojem prevoženju most i služi, a vrlo je promjenjivog karaktera, prostorno i vremenski, pa je njegovo modeliranje za proračun novih mostova vrlo konzervativno. U većini europskih država koje su donijele svoje nacionalne norme za ocjenu postojećih konstrukcija (Švicarska, Austrija, Njemačka) primjenjuje se metoda proračuna s prilagođenim parcijalnim koeficijentima uz zadržavanje jednake razine pouzdanosti kao kod novih konstrukcija, osim u Nizozemskoj gdje su predloženi reducirani indeksi pouzdanosti [22].

#### 4.1 Višerazinsko ocjenjivanje

Velik broj cestovnih mostova i nadvožnjaka manjih i srednjih raspona u Hrvatskoj izvedeni su sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća, a projektirani prema danas zastarjelim propisima. Kako bi se procijenila njihova pouzdanost na prometno djelovanje, razvijena je procedura ocjenjivanja u više razina [23, 24]. (slika 9.). Prije početka procesa ocjenjivanja nekog mosta potrebitno je napraviti vizualni pregled i prikupiti podatke o mostu kako bi se uopće utvrdila potreba za dalnjim postupkom ocjenjivanja. Ako se vizualnim pregledom pokaže na nedostatke koji mogu ugroziti sigurnost mosta i njegovih korisnika, počinje se s postupkom procjene pouzdanosti koji se sastoji od tri razine. Na svakoj od razina razvijen je postupak i definirani su osnovni zahtjevi prema kojima ocjenjujemo je li most siguran za daljnju upotrebu. Provjere na svakoj razini rade se za savijanje i poprečnu silu, bazirane na jednadžbi za granično stanje nosivosti (GSN) i prikazane u tablici 6.

Tablica 6. Provjere mosta po pojedinim razinama ocjene

Provjere na razini linearног proračuna	
Otpornost na savijanje	$M_{Ed}(\gamma_G, \gamma_Q) \leq M_{Rd}(\gamma_c, \gamma_s)$
Otpornost na poprečnu silu	$V_{Ed}(\gamma_G, \gamma_Q) \leq V_{Rd}(\gamma_c, \gamma_s)$
Provjere na razini nelinearnog proračuna	
Globalni faktor sigurnosti	$R_d(\gamma_{G,red}, \gamma_{Q,red}) \geq E_d(\gamma_{c,red}, \gamma_{s,red})$
Provjere na razini probabilističkog pristupa	
Jednadžba graničnog stanja	$Z = R - E; \beta = \mu_z / \sigma_z ; \beta_{calc} \geq \beta_{target}$



Slika 9. Dijagram toka izvorne procedure ocjenjivanja mostova na prometno opterećenje [23, 24]

Prva razina ocjene temelji se na konzervativnom pristupu koji se primjenjuje kod projektiranja novih mostova, s pripadnim vrijednostima parcijalnih faktora za materijal i opterećenja. Prema prikupljenim podacima o mostu određujemo otpornost poprečnog presjeka na kritičnim mjestima i uspoređujemo je s učincima stalnog i prometnog opterećenja. Ako sve provjere zadovoljavaju prvu razinu, most se ocjenjuje prikladnim za uporabu i postupak ocjenjivanja je gotov, u protivnom se počinje sa sljedećom razinom ocjenjivanja.

Druga razina zahtijeva izradu detaljnijeg modela mosta, kao i dodatne provjere dokumentacije i samog mosta kako bi se utvrdilo da li je moguće koristiti reducirane parcijalne faktore

za materijal i opterećenje. Provjere za granično stanje nosivosti ne rade se na razinama savijanja i poprečne sile, već se radi nelinearni proračun kako bi se dobio globalni faktor sigurnosti, koji predstavlja omjer otpornosti mosta i ukupnih učinaka djelovanja te mora biti veći od jedan. Ovakvim proračunom na globalnom modelu uzimamo u obzir i nelinearno ponašanje materijala čime otkrivamo veće razine otpornosti mosta u odnosu na one dobivene na prvoj razini.

Treća razina ocjene temelji se na probabilističkom pristupu procjene pouzdanosti, što je čini zahtjevnom za praktičnu primjenu. Kod takvog pristupa, pouzdanost nekog mosta iskažujemo preko indeksa pouzdanosti  $\beta$  ovisno o vjerojatnosti otkazivanja sustava  $P_f$ . Za određivanje indeksa pouzdanosti potrebno je variabile iz jednadžbe graničnog stanja definirati preko njihovih statističkih parametara, srednjih vrijednosti  $\mu$  i standardne devijacije  $\sigma$ , te im pridružiti odgovarajuću raspodjelu. Za provođenje ovakvih provjera nužni su podaci o materijalu mosta dobiveni ispitivanjima na terenu i u laboratoriju kako bi se izračunali mjerodavni statistički parametri. Otpornost i učinci djelovanja ne uzimaju se u obzir s parcijalnim faktorima kao u prethodne dvije razine, već se svakoj varijabli pridružuje određena nesigurnost. Iznosi takvih nesigurnosti bitno utječu na rezultat proračuna, a definiramo ih ovisno o varijabli i broju njezinih uzoraka.

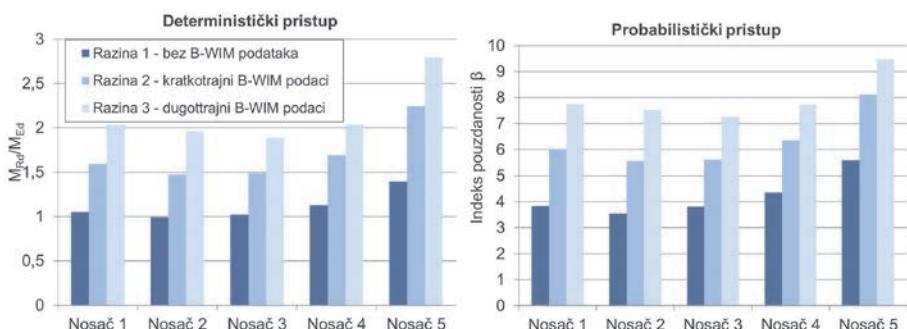
Prikazanu proceduru ocjenjivanja mosta moguće je poboljšati dodatnim metodama određivanja učinaka djelovanja, tj. otpornosti materijala. Primjenom tehnike za mjerjenje "stvarnog" prometa B-WIM (Bridge-Weigh-in-Motion) moguće je dobiti točan model prometnog opterećenja za specifični most, pa čak i vrijednosti dinamičkih faktora koji mogu bitno utjecati kod ocjenjivanja mostova manjih i srednjih raspona [25]. Ovakva mjerena koriste se za mostove koji nisu prošli prethodna ocjenjivanja te se cijela procedura ponavlja s novim učincima prometnog opterećenja. U probabilističkom pristupu, na trećoj razini ocjenjivanja, otpornosti materijala mosta prikazujemo kao slučajne varijable i zadajemo im određene statističke parametre. Vrijednosti tih parametara rezultat su ispitivanja na konstrukciji koja su relativno skupa te smo često ograničeni na manji uzorak promatranih podataka. U tim slučajevima, korištenje Bayesove metode [26] procjene vjerojatnosti pokazalo se vrlo efikasnim. Ta metoda daje vjerodostojne vrijednosti karakteristika materijala, kombiniranjem podataka dobivenih ispitivanjima s podacima iz literature ili prijašnjih ispitivanja.

Analizom rezultata ocjenjivanja mosta ovakvom procedurom dolazimo do zaključaka vezanih za budućnost promatranog mosta. U slučaju da ne zadovoljava provjere, potrebno je odlučiti hoće li se on prenamijeniti (ograničenje prometa), ojačati ili u potpunosti ukloniti iz upotrebe.

## 4.2 Praćenje prometa u pokretu

Vaganje vozila u pokretu, skraćeno nazvano WIM (eng. *Weight-in-motion*), jest tehnologija koja mjeri svako vozilo koje prelazi preko mjernoga mjeseta u punoj brzini te daje podatke o ukupnoj masi vozila, osovinskom opterećenju i razmaku, duljini i klasi vozila te niz drugih podataka. U pravilu, razlikuju se dva osnovna tipa WIM sustava, i to stacionarni koji se ugrađuje u habajući sloj kolničke konstrukcije te prijenosni koji koriste rasponski sklop mostova i propusta za mjerjenje vozila, zbog čega se i nazivaju mosni WIM sustavi, ili skraćeno B-WIM sustavi) [27, 28].

Primjena praćenja prometa u pokretu (B-WIM), i to kao kratkotrajnog i dugotrajnog mjerenja (eng. short-term & long-term B-WIM) [27], razmatrana je na primjeru roštiljnog mosta sastavljenog od pet glavnih T nosača u radu [29]. Nosivost mosta ocijenjena je na razini nosača, identičnih u smislu geometrije i materijala. Kao kritični učinak prometnog djelovanja razmatran je moment savijanja u sredini grede. Ocjenjivanje se provelo kroz tri faze prema razvijenoj metodi. Na prvoj razini most je ocijenjen na temelju postojećih propisa za projektiranje novih mostova, te je ova vrijednost korištena kao referentna vrijednost za prikaz doprinosa B-WIM podataka. Na drugoj razini primjenjena je izmjerena utjecajna linija, dobivena kratkotrajnim B-WIM mjeranjem, što je rezultiralo umanjenim učincima prometnog opterećenja i povećanom sigurnošću odnosno pouzdanošću mosta. Na trećoj razini, primjenjen je lokalizirani model prometnog opterećenja s odgovarajućim izmjerenim dinamičkim faktorom, koji su dobiveni dugotrajnim B-WIM mjeranjima, čime se dodatno umanjio moment savijanja u sredini raspona, odnosno otkrila još veća razina sigurnosti/pouzdanosti mosta. Rezultati determinističkog pristupa prikazani su na slici 10 lijevo u obliku odnosa momenta otpornosti i djelujućeg momenta savijanja, dok su probabilistički rezultati prikazani u obliku indeksa pouzdanosti desno na slici 10. Rezultati jasno pokazuju korist B-WIM mjerjenja u ocjenjivanju mosta.



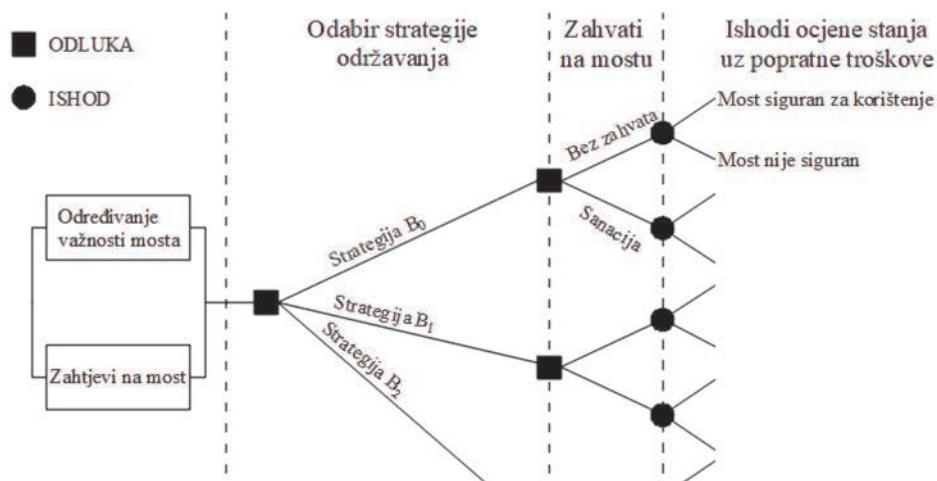
Slika 10. Rezultati ocjenjivanja sigurnosti odnosno pouzdanosti primjera mosta s pet glavnih nosača uz primjenu B-WIM praćenja prometa u pokretu [29]

#### 4.3 Analiza vrijednosti raspoloživih informacija

Istraživanje u tijeku, kratko najavljeno u sklopu rada [30], nastoji dokazati isplativost predložene metode ocjenjivanja mostova analizom konkretnih troškova i dobiti (eng. *cost-benefit analysis*) uz primjenu metodologije analiziranja vrijednosti informacija (eng. *Value of information analysis* - Vol). Analiza vrijednosti informacija, kao što i sam naziv sugerira, inženjerska je metoda koja omogućuje procjenu stvarne vrijednosti (monetizirane) dodatnih podataka dobivenih raznim sustavima monitoringa u postupku ocjenjivanja postojećih mostova. U sklopu istraživanja Katedre za mostove, ova je metoda primjenjena za podatke dobivene B-WIM sustavima monitoringa, a sama analiza provedena je korištenjem grafičke metode tzv. "stabla odlučivanja" (eng. Decision tree). Za provedbu opisane analize potrebno je jasno definirati sve troškove u procesu ocjenjivanja stanja, održavanja i upravljanja mostovima,

koji uključuju i vrijednost samog mosta, troškove popravaka i održavanja, troškove B-WIM monitoringa te troškove u slučaju djelomičnog ili potpunog zatvaranja mostova za promet. Ti troškovi dijele se na direktnе (troškovi koncesionara i/ili vlasnika mosta) te indirektnе (troškovi korisnika mosta), i najčešće mogu biti i veći od samih troškova popravaka ako se most zatvara na duže vrijeme.

Uz definiciju svih troškova, definirane su i tri strategije održavanja mosta i to: strategija B0 u kojoj se ne koriste dodatni B-WIM podaci, koja ujedno služi i kao referentna vrijednost, strategija B1 u kojoj se koriste podaci samo iz kratkotrajnog B-WIM mjerena te strategija B2 u kojoj se provode i analiziraju dugotrajna B-WIM mjerena. Osim strategija, definirani su i osnovni zahvati na mostu u obliku izvanrednih popravaka ovisno o rezultatima ocjene stanja, kao što je i prikazano na slici 11.



Slika 11. Stablo odluke za analiziranje vrijednosti informacija koje se dobivaju B-WIM mjerenjima

## 5 Zaključci

Jedinstveni postupak ocjenjivanja mostova od razine oštećenja elementa preko razine funkcionalnosti sustava do razine prioriteta u mreži, opisan u poglavљу 3, kombinira stvarne poступke u hrvatskoj praksi ocjenjivanja mostova sa teoretski postavljenom sistematizacijom ključnih pokazatelja učinkovitosti mostova, dobivenom na temelju istraživanja na europskoj razini. Postupak je na trenutačnoj razini ocjene provjeren na grupi od pet stvarnih mostova, a daljnjim istraživanjem postupak će se doraditi u pogledu razvoja ključnih pokazatelja u vremenu između pregleda i u predviđenom roku trajanja konstrukcije te digitalizacijom cijelokupnog proračuna. Stoga bi mogao takav postupak pridonijeti trenutačnom stanju područja, odnosno sadašnjoj praksi ocjenjivanja mostova u Hrvatskoj.

Dodatne smjernice za poboljšanje, dane na temelju različitih istraživanja prikazanih u ovome pregledu, odnose se na nerazorna ispitivanja (NDT) kojima se podupiru vizualni pregledi,

praćenje prometa u pokretu (B-WIM) u višerazinsko ocjenjivanje sigurnosti te analizu vrijednosti informacija (VOI) za analizu konkretnih troškova i dobiti od aktiviranja monitoringa, a prikazane su dodatnim strelicama na slici 4.

Uspostavom proaktivnog redovitog održavanja mostova koje će se temeljiti na rezultatima vizualnog pregleda, podržanog odgovarajućim metodama nerazornog ispitivanja svojstava otpornosti konstrukcije, kao što je opisano u točki 3.2, mogu se postići ranije intervencije na konstrukciji i tako smanjiti troškovi kasnijih većih i složenijih popravaka.

Postupke ocjenjivanja sigurnosti odnosno pouzdanosti postojećih mostova treba temeljiti na uzastopnim razinama koje postaju zahtjevnije ali i točnije, te se postupno približavaju stvarnim djelovanjima i otpornostima konstrukcije (točka 4.1). Aktiviranje praćenja prometa u pokretu, dakle specifičnog sustava monitoringa na mostovima, omogućilo bi preciznije ocjenjivanje sigurnosti mosta i kroz međudjelovanje mosta i opterećenja, otkrivanje njegovih skrivenih zaliha (točka 4.2).

Primjenom metodologije analiziranja vrijednosti informacija, moguće je procijeniti odnose između troškova i dobiti u sustavu održavanja mostova, što bi svakako moglo pridonijeti lakšem odlučivanju u rangiranju prioriteta na razini cestovne mreže (točka 4.3).

Za pomake u sadašnjoj praksi, neizostavno je u sustavu obrazovanja studentima prenijeti znanja prožeta i znanstvenim istraživanjima i praktičnim radovima i tako osposobljavati novu generaciju inženjera sa sveobuhvatnim znanjem. Jedino tako će primjena znanstvenih dostignuća u praksi, koja će rezultirati optimalnim i djelotvornim održavanjem mostova, biti moguća.

## Literatura

- [1] Influence of concrete damage on reinforcement corrosion - computer simulation and in service performance of bridges: CODEbridges <https://www.grad.unizg.hr/codebridges>
- [2] Action TU 1406: Quality specifications for railway bridges, standardisation at a European level (BridgeSpec), [www.tu1406.eu](http://www.tu1406.eu)
- [3] Action TU1402: Quantifying the value of structural health monitoring, [www.cost-tu1402.eu](http://www.cost-tu1402.eu)
- [4] Calvi, G.M. et al.: Once upon a Time in Italy: The Tale of the Morandi Bridge, Structural Engineering International, 29 (2019) 2, pp. 198-217, <https://doi.org/10.1080/10168664.2018.1558033>.
- [5] SeRoN (2011) SeRoN - D200 Identification and Risk Classification of Critical Infrastructures.
- [6] EUROPEAN COMMISSION (2018): State of infrastructure maintenance, (March), pp. 1-17. Available at: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_en)
- [7] Tenžera, D., Puž, G., Radić, J.: Visual inspection in evaluation of bridge condition, Građevinar, 64 (2012) 9, pp. 717-726.
- [8] Kušter Marić, M., Mandić Ivanković, A., Vlašić, A., Bleiziffer, J., Srbić, M., Skokandić D.: Ocjenjivanje korozije armature i oštećenja betona na mostovima primjenom nerazornih ispitivanja/ Assessment of reinforcement corrosion and concrete damage on bridges using non-destructive testing, Građevinar, 71

(2019) 10, pp. 843 – 862, <https://doi.org/10.14256/JCE.2724.2019>

- [9] COST Action TU 1406 2016. Performance Indicators for Roadway Bridges, Technical report of the Working group 1: Performance indicators, Editors/Autors: Strauss A., Mandić Ivanković A.
- [10] Mandić Ivanković, A., Strauss, A., Sousa H.: European review of performance indicators towards sustainable road bridge management Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability, (2019), Paper 1800052, 16 pg. <https://doi.org/10.1680/jensu.18.00052>
- [11] Strauss, A., Mandic Ivankovic, A., Mold, L., Bergmeister, K., Matos, J.C., Casas, J. R.: Performance Indikatoren für die Bewertung von Stahlbetonstrukturen auf Europäischer Ebene nach COST TU1406, BAUTECHNIK Aufsatz/Bericht, 95 (2018) pp. 123-138, <https://doi.org/10.1002/bate.201700104>
- [12] Mandić Ivanković, A., Kušter Marić, M., Skokandić, D., Njirić, E., Šiljeg, J.: Finding the link between visual inspection and key performance indicators for road bridges. IABSE Symposium 2019: Towards a Resilient Built Environment - Risk and Asset Management, Guimaraes, Portugal, 03/2019
- [13] Njirić, E., Šiljeg, J.: Performance assessment of roadway bridges for priority repair ranking, Student scientific work awarded with the Rector's prize, University of Zagreb (mentor: Mandić Ivanković, A.), 2018.
- [14] Croatian highways ltd. 2010. Guideline for bridge evaluation. Hrvatske autoceste d.o.o. 2010. Smjernice za ocjenjivanje mostova
- [15] Bleiziffer, J., Juric, S., Kuvačić, B.: Current developments in asset management system for Croatian motorways. in 8th central European Congress on Concrete Engineering: Durability of concrete structures. 4-6 September 2012, Plitvice Lakes, Croatia.
- [16] Kuvačić, B., Jurić, S.: Bridge Management system - determing and monitoring of the bridge condition and defining priorities and maintenance costs (in Croatian), Ceste i mostovi, 51 (2005) 1-3, pp. 24-30.
- [17] Kušter Marić, M., Ožbolt, J., Mandić Ivanković, A., Bleiziffer, J., Srbić, M., Skokandić, D., Hrelja, G., Mujkanović, N.: Quality specification for concrete bridges vulnerable to reinforcement corrosion, in eBook of the 3rd Workshop Meeting Cost Action TU1406, (2018), pp. 1-8.
- [18] HRN EN 206:2013+A1:2016 Concrete - Specification, performance, production and conformity, Croatian Standards Institute. Zagreb, 2016.
- [19] Ožbolt, J., Balabanić, G., Periškić, G., Kušter, M.: Modelling the effect of damage on transport processes in concrete, 24 (2010), pp. 1638-1648, 2010, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.02.028>.
- [20] Kušter Marić, M., Ožbolt, J., Balabanić, G.: Reinforced concrete bridge exposed to extreme maritime environmental conditions and mechanical damage: Measurements and numerical simulation, Engineering Structures, 205 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110078>
- [21] Mandić, A., Radić, J., Šavor, Z.: Ocjenjivanje graničnih stanja postojećih mostova, Građevinar, 61 (2009) 6, pp. 533 – 545.
- [22] Skokandić, D., Mandić Ivanković, A.: Ocjena pouzdanosti postojećih cestovnih mostova, Simpozij doktorskog studija građevinarstva, Zagreb, 2015.
- [23] D. Skokandić, A. Mandić Ivanković, I. Džeba: Multi level road bridge assessment, Proceedings of the 19th IABSE Congress Stockholm: Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built Environment, 21-23 September 2016, pp. 954-961
- [24] Mandić Ivanković, A., Skokandić, D., Srbić, M.: Consecutive multi-level bridge assessment. Proceedings of the International Conference on Sustainable Materials, Systems and Structures (SMSS2019), Rovinj, Croatia, 18 - 22 March 2019
- [25] Žnidarić, A., Lavrič, I., Kalin, J.: The next generation of bridge weigh-in-motion systems, International Conference on Weigh-in-Motion, Orlando, 2002.

- [26] Holicky, M.: Introduction to probability and statistics for engineers, Elsevier Science Publishers Ltd., London, 2013.
- [27] Skokandić, D., Mandić Ivanković, A., Žnidarič, A., Srbić, M.: Modeliranje utjecaja prometnoga opterećenja u postupku ocjenjivanja postojećih cestovnih mostova / Modelling of traffic load effects in the assessment of existing road bridges, Građevinar, 71 (2019) 12, pp. 1153 – 1165, <https://doi.org/10.14256/JCE.2609.2019>
- [28] Žnidarič, A.: Influence of number and quality of weigh-in-motion data on evaluation of load effects on bridges (Doctoral dissertation), University of Ljubljana, 2017.
- [29] Mandić Ivanković, A., Skokandić, D., Žnidarič, A., Kreslin, M.: Bridge performance indicators based on traffic load monitoring, Structure and Infrastructure Engineering, (2017), pp. 1-3 <https://doi.org/10.1080/15732479.2017.1415941>
- [30] Skokandić, D., Mandić Ivanković, A., Žnidarič, A.: Structural Health Monitoring of existing bridges using Bridge Weigh-in-Motion measurements - Value of Information analysis. IABSE Symposium, Tommorow's Megastuctures, Nantes, France, 09/2018



## Obnova i rekonstrukcija povijesnih mostova u Ninu nakon katastrofalne poplave 2017. godine

Autor:

izv. prof. dr. sc. Davor Grandić<sup>1</sup>

izv. prof. dr. sc. Leo Matešić<sup>1,2</sup>

Goran Grget, dipl. ing. grad.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet  
Rijeka, Radmila Matejčić 3

<sup>2</sup>Geokon-Zagreb d.d.  
Zagreb, Starotrnjanska 16a

## **Obnova i rekonstrukcija povijesnih mostova u Ninu nakon katastrofalne poplave 2017. godine**

**Davor Grandić, Leo Matešić, Goran Grget**

### **Sažetak**

Povijesni grad Nin povezan je s kopnjom preko dva kamena mosta: Donjega i Gornjega mosta. Prvi put je Donji most izведен kao kameni most još u doba starog Rima, a Gornji most se prvi puta spominje u 16. stoljeću. Tijekom svog postojanja, mostovi su nekoliko put uništeni zbog riječnih poplava ili oštećeni zbog slijeganja tla. U katastrofalnoj poplavi koja se dogodila 2017. godine oba su mosta djelomično urušena. Prikazanim projektima obnove i rekonstrukcije riješen je problem temeljenja mostova na slabo nosivom tlu, povećan je protočni profil te je osigurana odgovarajuća otpornost konstrukcije, trajnost i izvorni izgled mostova.

***Ključne riječi:*** ninski mostovi, slabo nosivo tlo, kameni svodovi, kulturno dobro, obnova

### **Reconstruction and restoration of historical bridges in Nin after the catastrophic flood in 2017**

### **Abstract**

The cultural-historical town of Nin is connected to mainland with two stone bridges: Upper Bridge and Lower Bridge. The Lower Bridge was built by the ancient Romans, while the Upper Bridge was first mentioned in 16<sup>th</sup> century. During their existence, the bridges have been destroyed several times due to river floods or damaged because of the ground settlement. In the catastrophic flood that occurred in 2017 both bridges were partially destroyed. The presented projects of bridges reconstruction and restoration solved the problem of foundation of the bridges and flow problem through the extended flow profiles underneath the vaults taking into account the earthquake resistance, durability of the structures and original appearance of the bridges.

***Key words:*** bridges in Nin, low bearing soil, stone vaults, cultural heritage, restauration

## 1 Uvod

Povijesno središte Nina smješteno je na malom otoku i povezuju ga s kopnom dva kamena mosta koji se nazivaju Donji i Gornji most. Mostovi se nalaze unutar zaštićene povijesne jezgre Nina koja je upisana u registar kulturnih dobara RH pod brojem Z-3992. Donji most spaja otok na kojem je grad Nin s cestom koja vodi prema Zadru, to jest Donja gradska vrata i Obalu kneza Branimira. Gornji most spaja otok na kojem je grad Nin s cestom koja vodi prema naselju Vrsi. Mostovi su izgrađeni na slabo nosivom i mekanom muljevitom tlu. U povijesti su više puta bili rušeni i obnavljani. Donji most je zadnji put rekonstruiran 1988. godine nakon što je 1986. bio teško oštećen u katastrofalnoj poplavi. Tada su izvedeni armiranobetonski sanduci kojima je zamijenjen zemljani nasip u trupu mosta, a rasponska konstrukcija koju čine kameni zidani svodovi premoštena je punim armiranobetonskim pločama i tako je rasterećena od prometnog opterećenja [1]. Zadnja rekonstrukcija Gornjeg mosta provedena je 2008. godine. Rekonstruirani most se sastojao od dva dijela; većim dijelom se kolnik mosta oslanjao na kameni nasip a cirkulacija mora omogućena je kroz tri kameni svoda raspona približno 4 m. Ukupna duljina mosta bila je oko 90 m. Čelni zidovi su zidani od kamena, a unutarnji prostor (trup) bio je ispunjen zbijenim mješovitim zemljanim materijalom preko kojeg je postavljena kolnička površina. Širina mosta i kolnika bili su od 4,9 do 6,2 m, odnosno 3,9 do 5,3 m [2].

U katastrofalnoj poplavi koja se dogodila 11. rujna 2017. most je jako oštećen i djelomično urušen. Tako je sjeverni svod koji je najbliži središtu Nina zajedno s armiranobetonskom pločom iznad njega potpuno srušen, a ostala dva svoda su znatno oštećena. Jedan armiranobetonski sanduk u trupu mosta potonuo je u tlo pri čemu je zauzeo kosi položaj u odnosu na horizontalnu i vertikalnu ravninu. U katastrofalnoj poplavi iz 2017. godine središnji dio Gornjeg mosta (gdje su bila smještena tri svoda) potpuno je uništen. To se uglavnom dogodilo zbog uzgona koji je utjecao na svodove i zbog potkopavanja temeljnog tla prouzročenog hidrodinamičkim djelovanjem vodnog vala. Iako su ostali dijelovi mosta ostali na svom mjestu, nastala su značajna oštećenja na uzdužnim čelnim zidovima koji su se nagnuli i odvojili od jezgre mosta.

U ovom radu prikazan je projekt obnove i rekonstrukcije povijesnih ninskih mostova osmislijen na način da se zadovolje zahtjevi investitora i konzervatora:

- vraćanje mosta u prvobitnu funkciju (ponovno uspostavljanje prometa za pješake i vozila u nuždi)
- poboljšati nosivost tla
- povećati potresnu otpornost
- omogućiti veći protok vode ispod mosta
- održati izvorni izgled mosta i postojeći nosivi sustav.

U radu se daje i sažeti prikaz do sada izvedenih radova na obnovi i rekonstrukciji ninskim mostova koja je u tijeku.

## 2 Povijesni pregled

Spoj Nina s kopnom još je od vremena Rimskog carstva osiguran Donjim mostom. U povjesnim dokumentima malo je podataka o Gornjem mostu. Prvi spomen Gornjeg mosta datira u 1553. godinu dok 1616. godine listine spominju da su oba mosta bila restaurirana [3]. Mletački izvori spominju da su mostovi u nekoliko navrata bili oštećeni djelovanjem bujica, ali i svaki put obnovljeni. Može se pretpostaviti da je Gornji most bio zidani kao i Donji most koji je izgrađen za vrijeme Mletačke Republike 1346. godine. Neposredno prije pada Mletačke Republike (1797.), 1778. godine izvedena je zadnja mletačka obnova Donjeg mosta [3].

U godinama koje slijede nakon prestanka mletačke vladavine na području istočne obale Jadranskog mora, pa sve do Drugog svjetskog rata ne postoje pisani dokumenti o stanju i održavanju ninskih mostova. Poznato je da su tijekom Drugog svjetskog rata srušeni kameni ogradni zidovi na Gornjem mostu kako bi se lakše pratila kretanja preko mosta, posebno u noćnim satima. Nakon rata su ogradni zidovi ponovno izgrađeni, a od tri svođena propusta jedan je bio zazidan [4]. Za vrijeme Domovinskog rata u Hrvatskoj (1991.-1996.), zbog okupiranog dijela zemlje kojom su prolazile glavne prometnice koje povezuju i sjever Hrvatske, cjelokupni cestovni promet odvijao se preko Nina. U to vrijeme je kolnička površina mosta asfaltirana. Gornji most, koji nije ni projektiran ni izgrađen za teški cestovni promet, zabilježio je teška oštećenja te je zatvoren za promet 1995. godine [3]. Lijevi ogradni zid se počeo odvajati i padati u more a desni je već u potpunosti bio srušen (slika 1.).



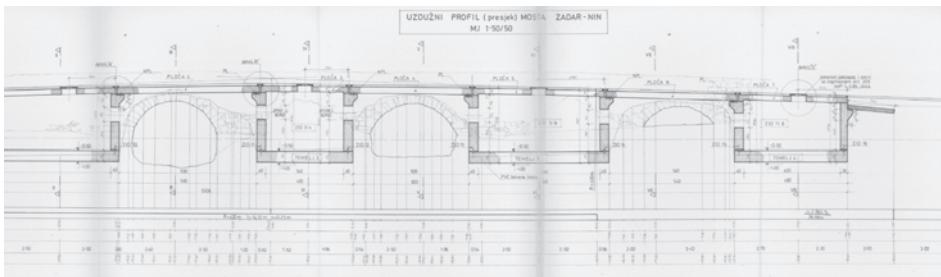
Slika 1. Fotografija Gornjeg mosta [3]

Dva preostala svođena otvora bila su u vrlo lošem stanju, a nakon neuspjelog pokušaja "ojačanja" svodova betonom, oba su se urušila u more. Krajem 2007. godine započela je obnova i rekonstrukcija Gornjeg mosta koja je završena 2009. uzimajući u obzir izvornu strukturu mosta, pri čemu su u velikoj mjeri korišteni sačuvani dijelovi kamenih zidova, temelja i starog nasipa u trupu mosta [4] (slika 2.). U obnovi su sva tri luka ponovno izgrađena na lučnoj drvenoj skeli korištenjem originalnih kamenova srušenih svodova. Čelni zidovi i lukobrani su prezidani, također većinom korištenjem originalnih kamenova koji su se nalazili u urušenim dijelovima. Kameni su povezani mortom sastavljenim od bijelog cementa, kamene prašine i vapna. Na mostu su izgrađeni i novi kameni ogradni zidovi s obje strane mosta od isklesanih kamena širine 12-18 cm. Između svodova izgrađeni su kameni ledolomi. Kolnička površina sastoji se od kamenih ploča u cementnom mortu na betonskoj podlozi.



Slika 2. Zadnja rekonstrukcija Gornjeg mosta: lijevo - radovi 2008 [5], desno - dovršen [6]

Donji most je u poplavi 1986. godine kada je nabujala Ričina (Miljašić Jaruga) probila nasipe toliko oštećen da je morao biti potpuno rekonstruiran. Projektom rekonstrukcije Donjeg mosta iz 1988. godine predviđena je obnova mosta na način da su sačuvane sve vanjske dimenzije mosta (niveleta, širina, veličine svođenih otvora) prikazane na fotogrametrijskoj snimci iz 1969. godine (slika 3.). Na slici 4. vidi se izgled Donjeg mosta rekonstruiranog prema projektu iz 1988. godine [1].



Slika 3. Dio uzdužnog profila Donjeg mosta, projekt rekonstrukcije, Donat, Zadar, 1988 [1]



Slika 4. Izgled Donjeg mosta 2006. godine (Arhiv Grada Nina)

### 3 Stanje mostova nakon poplave 2017. godine

#### 3.1 Gornji most

U poplavi 2017. godine gotovo je potpuno urušen dio mosta s rasponskim konstrukcijama u obliku tri zidana svoda i dijelovi konstrukcije mosta u blizini svodova (slika 5.). Veliki dio mosta bez svođenih propusta u blizini ulaza u grad kao i dio mosta prema Vrsima nije urušen u poplavi. Dio istočnog čelnog zida u dijelu mosta prema Vrsima nagnuo se prema moru i odvojio od kolnika i trupa širokom pukotinom. Nešto manje odvajanje zida uočeno je na dijelovima čelnih zidova na južnom dijelu mosta (prema Ninu) uz urušene svodove. Dijelovi mosta su se urušili uglavnom zbog uzgona koji je djelovao na svodove i potkopavanja temeljnog tla prouzročenog hidrodinamičkim djelovanjem vodnog vala. Na dijelovima mosta uočljivo je nagnjanje čelnih zidova zbog podlokavanja temeljnog tla i nepovezanosti zidova s trupom mosta. Nasip u trupu mosta nije u stanju podnijeti značajnije prometno opterećenje bez stabilizirajućeg djelovanja čelnih zidova. S druge strane, čelni zidovi ne mogu preuzeti tu ulogu jer su slobodno stojeci na slabom temeljnem tlu.



Slika 5. Posljedice katastrofalne poplave 2017. na gornjem mostu: a) srednja trećina mosta potpuno je razoren, b) 3D oblak točaka [7, 8]

Istražni radovi [7, 8] su pokazali da najnovija obnova Gornjeg mosta (2007.-2009.) nije uključivala radove na konstrukcijskom pojačanju temelja niti zidova čelnih zidova i svodova kako bi bili otporni na djelovanje vodnog vala, potresa i prometnog opterećenja. Uz to, usporednom nacrtu prema kojima se provodila rekonstrukcija mosta s geodetskom snimkom postojećeg stanja i snimkom postojećeg stanja provedenom metodom laserskog skeniranja nakon poplave, utvrđeno je da most tijekom obnove i rekonstrukcije prije desetak godina nije izведен u skladu s projektom već je prilagođavan uvjetima na terenu i zahtjevima konservatora za vrijeme radova.

### 3.2 Donji most

U poplavi 2017. godine teško je oštećen dio mosta u kojem se nalaze tri svoda (slika 6.). Zadnji zidani svod (svod 3) uz samu obalu prema starom Ninu i rasterećujuća ploča iznad njega od osi O6 do osi O7 potpuno su urušeni u poplavi i završili su u moru (uzdužna dispozicija mosta prikazan je na slici 8.). Sanduk 3 potonuo je u tlo pri čemu je zauzeo kosi položaj u odnosu na horizontalnu ravninu (slika 7.). Nagib u odnosu na vertikalnu ravninu iznosi  $9^\circ$ , najveći pomak u vertikalnom smjeru je 105 cm, a rotacija sanduka oko uzdužne osi je  $1,32^\circ$ . Armiranobetonska kolnička ploča 4 slomila se na sredini, nakon što se zbog potonuća sanduka i posljedičnog gubitka oslonca oslonila na tjeme srednjeg svoda (slike 6. i 7.).

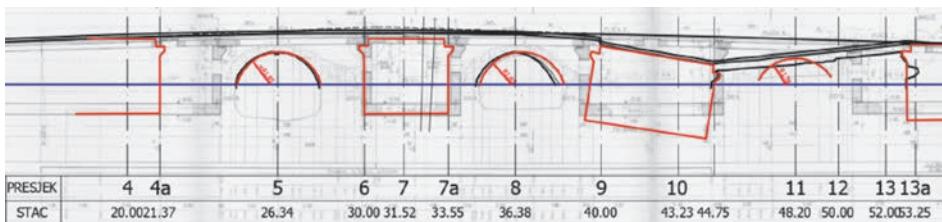


Slika 6. Posljedice katastrofalne poplave 2017. na Donjem mostu: a) treći svod potpuno je uništen, preostala dva teško su oštećena, b) 3D oblak točaka [9, 10]

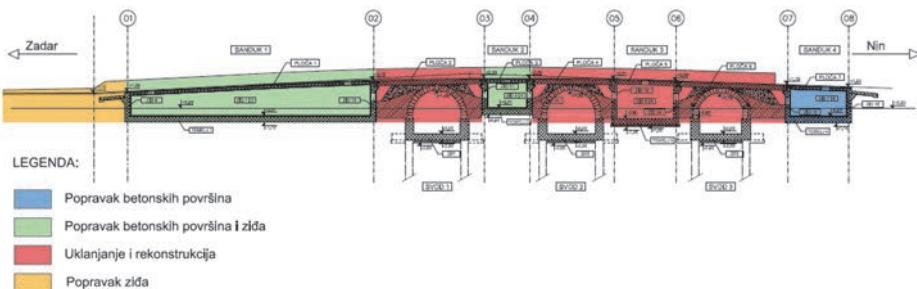
Čelni kameni zidovi mosta, od pukotine na ogradnom zidu (iznad srednjeg svoda) sve do urušenog svoda bili su deformirani u vertikalnom smjeru uz rotaciju  $9^\circ$ , potonuće nižeg kraja oko 1,0 m i pomak u horizontalnom smjeru (pomaci do 10 cm). Pri tome su se oslonili na srednji zidani svod pridodajući mu nepovoljno nesimetrično opterećenje (slika 6.). U tom

svodu bile su prisutne pukotine u tjemenu, a sa sjeverozapadne strane mosta oštećeno je područje pete svoda prema Ninu.

Detaljnim pregledom temelja i u području pete prvog svoda utvrđeno je znatno oštećenje temelja svoda uslijed djelovanja bujice [9, 10]. Uočene su šupljine ispod pete svoda, a potporni elementi kamenog ziđa pomaknuti su iz izvornog položaja. Armiranobetonske ploče iznad svodova kao i kratke konzole na poprečnim zidovima svih sanduka bile su kontaminirane kloridima i izložene pojavi korozije armature.



Slika 7. Prikaz položaja armiranobetonskih sanduka i zidanih svodova (crveno) u odnosu na projektirano stanje prema projektu iz 1988. godine [9, 10] (na slici se vidi potonuće sanduka 3)



Slika 8. Predviđeni radovi na obnovi i rekonstrukciji Donjeg mosta nakon poplave 2017. godine [11]

## 4 Projekti rekonstrukcije i obnove

Osnovna zadaća rekonstrukcije i obnove Gornjeg i Donjeg mosta je njihovo vraćanje u pravotnu funkciju (pješački promet te prolazak interventnih vozila) uz zadržavanje izvornog izgleda i povećanje otpornosti na potres i poplavu. Obnova i rekonstrukcija obuhvaća uklanjanje urušenih dijelova mosta kao i dijelova mosta koji su u poplavi doživjeli neprihvativlje pomake i deformacije, njihovu ponovnu izvedbu, međusobno povezivanje čelnih kamenih zidova i izvedbu novog kolničkog zastora mosta [12]. Obnova i rekonstrukcija Donjeg mosta u Ninu obuhvaća uklanjanje urušenih dijelova mosta kao i dijelova mosta koji su u poplavi doživjeli neprihvativlje pomake i deformacije, njihovu ponovnu izvedbu (rekonstrukciju), zatim sanaciju dijelova armiranobetonske konstrukcije izloženih koroziji armature, međusobno povezivanje čelnih zidova i armiranobetonskih dijelova konstrukcije i izvedbu novog kolničkog zastora mosta. Zbog slabe nosivosti temeljnog tla, na oba mosta izvedeni su složeni geotehnički zahvati.

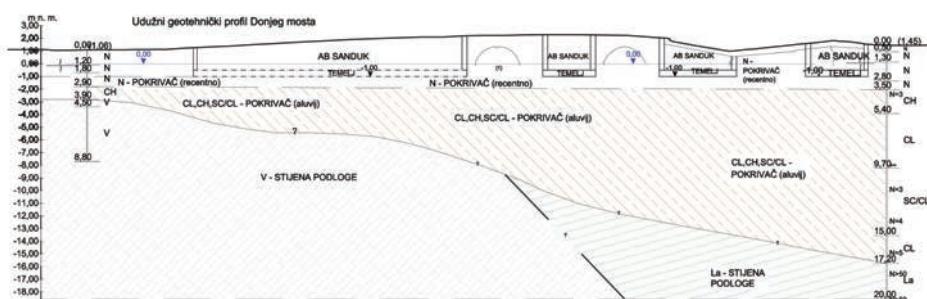
U nastavku će biti prikazane osnovne značajke tehničkih rješenja danih građevinskim projektima temeljenja i konstrukcije. Projekte temeljenja mostova [13, 14] izradio je Geokon-Zagreb d.d. (projektant temeljenja je Goran Grget, dipl.ing.građ.), a projekte konstrukcije izradio je Građevinski fakultet u Rijeci (projektant konstrukcije je izv.prof.dr.sc. Davor Grandić, dipl.ing.građ.). Glavni projektant oba mosta je izv.prof.dr.sc. Leo Matešić, dipl.ing.građ.

#### 4.1 Istražni radovi

Projekti obnove i rekonstrukcije mostova izrađeni su na temelju podataka prikupljenih opsežnim istražnim radovima. Istražni radovi sastojali su se od vizualnog pregleda i ispitivanja materijala postojećih konstrukcija mostova, geodetskih snimaka postojećeg stanja, batimetrije morskog dna, trodimenzionalne snimke mostova metodama laserskog skeniranja i Sfm fotogrametrije s evidentiranjem i analizom oštećenja [7-10] te geotehničkih istražnih radova [15, 16].

Geotehnički istražni radovi su obuhvatili sljedeće aktivnosti: inženjerskogeološka istraživanja lokacije, geofizička istraživanja metodom marinske seizmičke refrakcije i metodom marinske geoelektrične tomografije, geotehničke istražne bušotine dubine do 20,0 m, laboratorijska ispitivanja uzoraka tla i stijene, terensko ispitivanje nedrenirane posmične čvrstoće terenskom krilnom sondom. ispitivanje električkim statičkim prodiranjem s mjerenjem pornog tlaka (CPTU) te ispitivanje dinamičkom penetracijom [15, 16].

Inženjerskogeološkom determinacijom jezgre bušenja utvrđene naslage su: pokrivač (nasip i aluvijalni nasip) i stijene podloge (vapnenac i lapor). Laboratorijskim i terenskim ispitivanjima temeljnog tla utvrđeno je da je gornji sloj morskog dna (pokrivač) izrazito slabonosiv i mekan. Na osnovi navedenih istražnih radova izrađeni su prognozni geotehnički profili za potrebe projektiranja (slika 9.).



Slika 9. Prognozni geotehnički profil, Donji most [15]

## 4.2 Geotehničko rješenje obnove i rekonstrukcije Gornjeg i Donjeg mosta

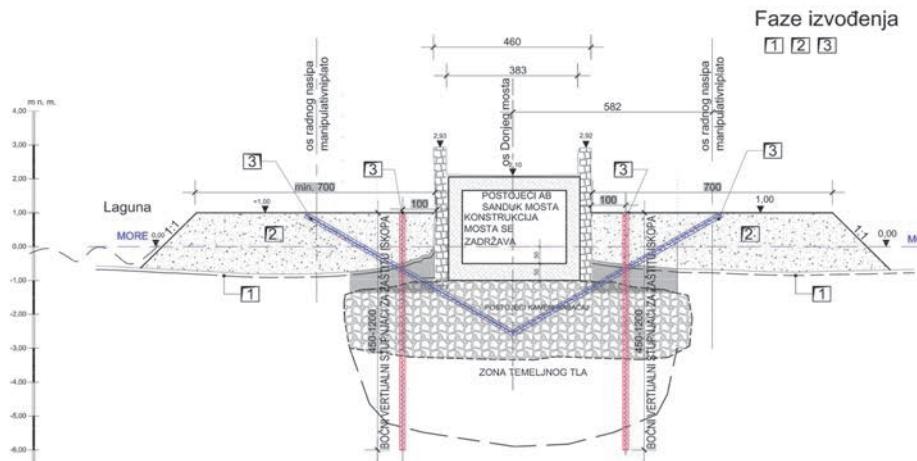
Geotehničko rješenje obnove i rekonstrukcije Gornjeg i Donjeg mosta dano je u projektima temeljenja [13, 14]. Geotehnička zadaća na sanaciji mostova bila je homogeniziranje uvjeta u temeljnog tlu, povećanje nosivosti temeljnog tla u zoni utjecaja mostova, sprječavanje ispiranja temeljnog tla na kontaktu kamene konstrukcije i temeljnog tla, osiguranje radova u suhom za vrijeme izvođenja radova, povećanje propusnosti mora kroz lukove te sprječavanje ispiranja temeljnog tla i time podlokovanja temelja lukova mosta za vrijeme održavanja pri radovima na uklanjanju staloženog nanosa.

Primijenjeno tehničko rješenje navedene zadaće na oba mosta sastojalo se od poboljšanja temeljnog tla mlaznim injektiranjem, izvedbom pilota metodom beskonačne spirale - CFA (eng. *continuous flight auger*) ispod pete lukova mosta te izvedbom AB temeljnih ploča sprenutih s pilotima ispod pete pojedinog luka.

Osim toga, za potrebe gradnje izvedeni su zemljani nasipi s obje strane mostova koji imaju funkciju kao pristupni putovi, radni platoi i kao barijera dotoku mora u građevnu jamu (slike 10. i 11.). Gornja kota ovih privremenih nasipa je najmanje +1,0 m n.m.



Slika 10. Gornji most, izrada radnog platoa (fotografirao Grget, G.)



Slika 11. Poprečni presjek Donjeg mosta s mlaznim injektiranjem ispod sanduka 1 [11]

#### 4.2.1 Poboljšanje temeljnog tla s mlaznim injektiranjem

Na uzvodnoj i nizvodnoj strani, na udaljenosti jedan metar od vanjskih zidova mosta, izvodi se ojačanje tla mlaznim injektiranjem izvedbom vertikalnih stupnjaka kroz kameni nasip i sloj mulja do stijene podloge (slike 11. i 12.). Svrha vertikalnih stijena od mlazno injektiranih stupnjaka jest znatno smanjenje protoka vode kroz tlo ispod mosta te se sprječava bočno istiskivanje mulja ispod temelja mostova.



Slika 12. Donji most, ojačanje tla s mlaznim stupnjacima (fotografirao Grget, G.)

Nakon izvedbe vertikalnih stijena u prostoru ispod mostova temeljno tlo se ojačava kosim i vertikalnim stupnjacima izvedenim metodom mlaznog injektiranja. Kosi stupnjaci pod kutom oko  $30^\circ$  i duljine 7 m izvedeni su samo kao ojačanje temeljnog tla ispod sačuvanih

sanduka 1 i 2 na Donjem mostu (slika 8.). Na preostalim dijelovima mostova izvedeni su vertikalni stupnjaci duljine naizmjence 6 i 12 m raspoređeni na pravilnom rasteru. Ukupno je izvedeno više od 9000 m<sup>2</sup> mlazno injektiranih stupnjaka na oba mosta s pomoću dvije bušaće garniture i pripadnim injekcijskim stanicama u periodu od devedesetak dana. Radovi na mlaznom injektiranju morali su biti usklađeni s ostalim fazama izvođenja projekta i to na oba mosta istovremeno.

Na početku radova na ojačanju temeljnog tla i izvedbi zaštite građevne jame izvedeno je probno polje za mlazno injektirane stupnjake (slika 13.). Svrha probnog polja bila je potvrditi vododrživost stupnjaka izvedenih u radnom platou kojima se osigurava rad u suhom te ojačanje slabonosivog temeljnog tla. Prilikom samog otkopavanja stupnjaka okolno je more brzo prodiralo kroz nasuti plato te se samo na početku iskopa, točkasto pored dva stupnjaka, moglo uočiti da voda znatno brže prodire okolnim putom, nego između stupnjaka. Kom-paktno tijelo stupnjaka je potvrdilo odabranu tehnologiju i promjer stupnjaka od minimalno 80 cm, a za postizanje dobre vododrživosti važno je bilo pridržavati se rasporeda izvođenja.



Slika 13. Probno polje mlaznih stupnjaka (fotografirao Grget, G.)

Odabirom rasporeda izvođenja izbjegnuto je izvođenje susjednih stupnjaka u kratkom vremenskom razmaku, prije nego se postigne zadovoljavajuća čvrstoća prethodnog stupnjaka. Rezultati ispitivanja tlačne čvrstoće uzoraka uzetih iz stupnjaka u probnom polju pokazali su vrijednosti od 3,3 do 4,8 MPa za temeljno tlo ispod mosta te 4,3 do 6,3 MPa u nasipu radnog platoa. Zaštitna konstrukcija za izvedbu radova u suhom također je izvedena od jednog reda mlazno injektiranih stupnjaka na manjem međusobnom razmaku koji su dodatno ojačani upuštanjem čelične armaturne šipke promjera 25 mm u svježe izvedeni stupnjak. Građevna jama izvedena je na oba mosta s obje strane punom duljinom kako bi se rekonstruirali lukovi i uredilo zide (slike 14. i 17.). Dubina iskopa je varirala ovisno o vrsti zahvata na mostu, a na najdubljim dijelovima iskopa za temelje lukova iskop je bio na -2,6 i 2,7 m n.m. Za vrijeme plime maksimalni stupac mora koji je pritiskao konstrukciju bio je više od 3,5 m, ali tijekom cijelog perioda gradnje samo je povremeno korištena crpka za evakuaciju procjedne vode (slika 14.).



Slika 14. Gornji most, građevna jama kroz fazu gradnje (fotografirao Grget, G.)

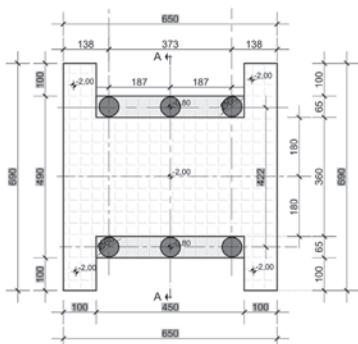
#### 4.2.2 CFA piloti ispod zidanih svodova

Središnji dio mostova koji uključuje sva tri zidana svoda na oba mosta je u potpunosti razgrađen i ponovno izgrađen. Prilikom inicijalnog pregleda svoda 1 na Donjem mostu, jedini je izgledao konstrukcijski stabilan i neoštećen, ali je vrlo brzo uočeno da je protok goleme količine vode podlokao i njegove temeljne stope (slika 15.) te je i on razgrađen i rekonstruiran s novim temeljem na pilotima.



Slika 15. Donji most, oštećenje temelja svoda 1 [10]

Temeljenje svodova izvodi se na pilotima povezanim naglavnom gredom na koju se oslanja peta luka. Naglavne grede pojedinog svoda su čvrsto spregnute s armiranobetonском temeljnom pločom na dnu protočnog profila ispod svodova (u nastavku "ploča dna") i time je osigurana stabilnost kamenog svoda kao zasebne cjeline unutar mostova, a na preostalom dijelu mosta temeljno tlo se ojačava vertikalnim stupnjacima izvedenim metodom mlaznog injektiranja. Ispod postojećih sanduka Donjeg mosta, koji se u ovoj rekonstrukciji zadržavaju, izvedeno je injektiranje kosim stupnjacima (slika 11.).



Slika 16. Tlocrt ispod ploče dna ispod svodova Donjeg mosta s rasporedom pilota [14]

Iako je kota okolnog morskog dna manja od -1,00 m n.m., zbog povećanja propusnosti vode kroz otvore ispod svodova te sprječavanja ispiranja temeljnog tla i time podlokovanja temelja lukova mosta za vrijeme održavanja pri radovima na uklanjanju staloženog nanosa, gornja kota armiranobetonskih ploča dna je -2,00 m n.m., a donja -2,5 do -2,6 m n.m.

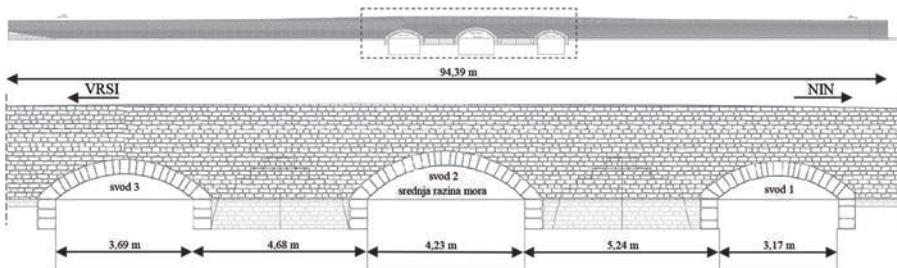


**Slika 17. Donji most, faze izrade armiranobetonske ploče dna ispod svodova (fotografirao Grget, G.)**

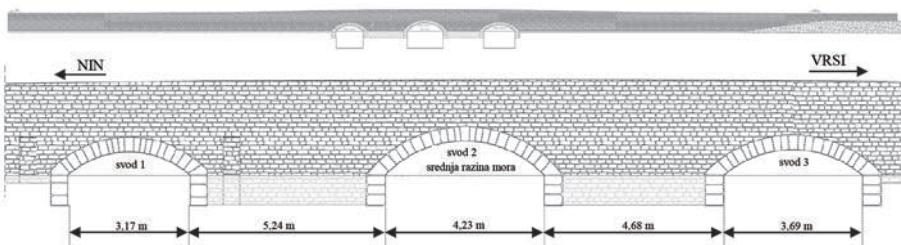
Piloti za temeljenje svodova izvedeni su prije iskopa građevnih jama s radnog platoa na +1,0 m n.m., jer se velika bušača garnitura nije mogla spustiti i manevrirati u uskom prostoru. Armirano betonski piloti su izvedeni metodom beskonačne spirale - CFA (eng. continuos flight auger). Prilikom izvođenja vertikalne zavjese na Donjem mostu, uočeno je odstupanje od prognoznog geotehničkog profila (slika 9.). Granica između aluvija i vapnenačke stijene podloge na kraju sanduka 1 prema svodu 1 je znatno strmija i debljina mulja na tom dijelu je znatno veća od prognozne iz istražnih radova. Stoga su prilikom izvedbe temelja na sva tri luka izvedeni CFA piloti duljine 11,5 m kao što je projektirano za svod 3. Najveći izazov prilikom izvođenja pilota bili su blokovi kamena starog mosta utisnuti u temeljno tlo.

### 4.3 Projekt konstrukcije Gornjeg mosta

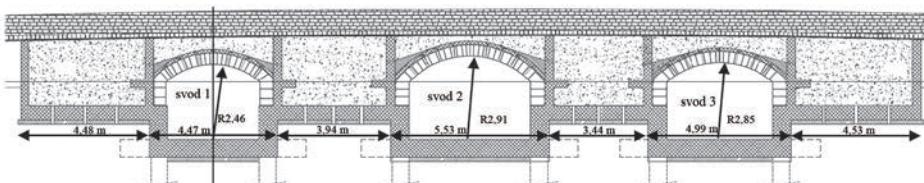
Projektom konstrukcije [12] predviđeno je obnoviti most za njegovu izvornu namjenu, povećati potresnu otpornost mosta, očuvati izvorni izgled i konstrukcijski sustav mosta. Kako nikakvi projekti izvedenog stanja nakon prethodne rekonstrukcije nisu postojali, posebno izazovna je bila rekonstrukcija izgleda mosta, koja se oslonila na provedeno lasersko 3D skeniranje, SfM fotogrametriju, geodetsku snimku i raniju snimku mosta koju je 1969. godine izradio Zavod za fotogrametriju [17] te nekoliko dostupnih fotografija uzdužnog pogleda na most. Slike 18. i 19. prikazuju rekonstruirano sjeverno i južno pročelje mosta.



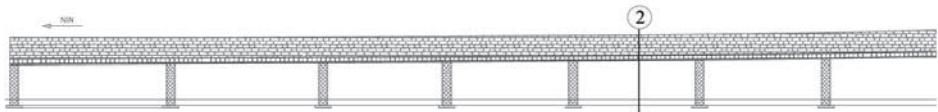
Slika 18. Sjeverno pročelje Gornjeg mosta [12]



Slika 19. Južno pročelje Gornjeg mosta [12]

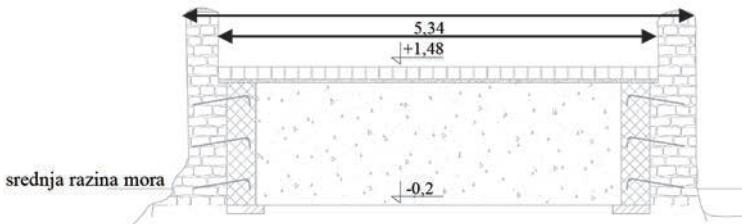


Slika 20. Uzdužni presjek srednjeg dijela Gornjeg mosta [12]



Slika 21. Uzdužni presjek zapadnog dijela Gornjeg mosta (od središta Nina do prve temeljne ploče) [12]

Most je projektiran na pješačko opterećenje i opterećenje servisnim i vatrogasnim vozilom. S obzirom na slabu nosivost temeljnog tla, most se u svom srednjem dijelu oslanja na armiranobetonske pilote i na armiranobetonske temeljne ploče koje su položene na tlo ojačano mlaznim injektiranjem. Dijelovi mosta izvan područja svodova izvorno su bili izvedeni kao kameni zidovi s kamenom ispunom temeljeni na nasipu od kamenog materijala koji je oslonjen izravno na slabo nosivo tlo na dnu morske lagune. Uzdužni kameni zidovi ne mogu nositi bočni tlak prouzročen težinom ispune (kamenog nasipa) u trupu mosta i prometnim opterećenjem. Stoga je projektom s unutarnje strane uzdužnih kamenih zidova (tzv. čelnih zidova) predviđena izvedba uzdužnih armiranobetonskih zidova debljina 35 cm (slika 22.) koji su poprečno povezani armiranobetonskim dijafragmama debljine 30 cm (slika 21.). Tlo ispod i uz trup mosta ojačano je mlaznim injektiranjem. Prije izvedbe armiranobetonskih zidova i dijafragmi iskopan je mješoviti kamo-zemljani materijal iz trupa mosta u kampa-dama duljine 5-6 m kako bi se osigurala stabilnost čelnih zidova prilikom izvedbe radova. Veza čelnih zidova i armiranobetonskih zidova osigurava se sidrima od nehrđajućeg čelika na međusobnom razmaku 50 cm u horizontalnom i vertikalnom smjeru (slika 21.).



Slika 22. Karakteristični poprečni presjek Gornjeg mosta izvan područja svodova (presjek 2 na slici 21.) [12]

Dijelovi ziđa svodovi koji su razoreni u poplavi ponovno su sazidani, a dijelovi ziđa koji nisu razoreni su popravljeni postupkom konsolidacijskog injektiranja šupljina i pukotina. Injektiranje je izvedeno tvornički pripremljenom injekcijskom smjesom na bazi vapna, pucolana i agregata 28-dnevne tlačne čvrstoće 18 MPa.

Svi dijelovi trupa mosta, to jest prostor unutar armiranobetonskih uzdužnih zidova i dijafragmi, te iznad svodova ispunjava se zbijenim drobljenim kamenim materijalom. Iznad kamenog ispuna u trupu mosta izvodi se kolnički zastor od kamenih prizmi od vapnenca debljine 10 cm, položenih u sloj pijeska konačne debljine 3 cm sa sljubnicama ispunjenim vodopropusnom masom za fugiranje. Na taj način postiže se povijesni izgled kamenog počlojenja kolnika mosta. Ograde mosta debljine 40 cm izvedene su kao kamoziđe zidano u vapnenom mortu male čvrstoće (1,5 MPa) kako bi se u slučaju velikog vodenog vala lakše

uklonilo ogradno ziđe i na taj način umanjilo bočno hidraulično opterećenje na most i smanjila razinu poplavnih voda koje bi mogle ugroziti povijesni grad Nin.

Osobita pozornost pri projektiranju usmjerena je na sposobnost nosivosti svodova. Naime, bez obzira na uporabu armiranog betona, u prvom redu za izvedbu temeljne konstrukcije na slabo nosivom tlu i za stabilizaciju kamenog ziđa, intencija je bila da se obnovom mosta ne naruši osnovni konstrukcijski sustav kamenog mosta. To znači da kameni svodovi i dalje imaju svoju nosivu ulogu, a zbijeni kameni ispun iznad njih ima klasičnu ulogu uravnoteženja svoda te propusne podloge kolnika kroz koju dio vode prolazi do odvodnje na dnu ekstradosa mosta. U prvom redu potrebno je osigurati krute i nepomične oslonce svodova jer su kameni svodovi vrlo osjetljivi i na vrlo male relativne pomake oslonaca. To je postignuto djelovanjem armiranobetonske konstrukcije u području svodova kao krutog okvira koji se sastoji od ploče dna debljine 60 cm, naglavnih greda pilota presjeka 180x60 cm, poprečnih dijafragmi uz svodove debljine 30 cm i armiranobetonskih veznih greda iznad svodova debljine 30 cm.

Na ekstradosu zidanih svodova debljine 40 cm predviđene su armiranobetonske ljske debljine 12 cm. Uloga armiranobetonskih ljsaka je ta da povećaju otpornost svodova na prometno opterećenje i otpornost na uzgon pri prolasku velikih voda. Međutim, izvedba armiranobetonske ljske (sedla) može biti nepovoljna ako beton ima puno veću čvrstoću i modul elastičnosti od kamenog ziđa svoda, jer u konačnici može doći do rasterećenja svoda koje može nepovoljno djelovati na stabilnost kamenih zidnih elemenata u svodu. Stoga se preporučuje takva sedla izvoditi od betona niskih razreda čvrstoće kako bi beton imao manji modul elastičnosti [18]. U ovom projektu obnove stoga je za ljske iznad svodova predviđena uporaba lakoagregatnog betona LC30/33 gustoće  $1200 \text{ kg/m}^3$  i modula elastičnosti 11 GPa s agregatom od ekspandirane gline. Na taj način dobiven je kompozitni svod od kamenog ziđa i lakoagregatnog betona u kojem je kameni dio presjeka svoda potpuno ili djelomično tlačno naprezan što je bitno za očuvanje cjelovitosti svoda.

Izvedbom pojačanja temeljnog tla mlaznim injektiranim i dodatno, ispod svodova armiranobetonskim pilotima poboljšana je nosivost temeljnog tla i ujednačena su slijeganja temeljnog tla na cijeloj duljini mosta. Grad Nin nalazi se u potresno aktivnom području u kojem vršno ubrzanje tla na osnovnoj stijeni i povratni period 475 godina iznosi 0,176 g. Izvedeno ojačanje tla i armiranobetonski elementi unutar ziđa osiguravaju dovoljnu potresnu otpornost mosta za predviđenu potresnu opasnost.

Odarbani materijali za rekonstrukciju i obnovu mosta moraju udovoljiti zahtjevima mehaničke otpornosti, trajnosti i kompatibilnosti materijala u kamenom ziđu s mehaničkim svojstvima postojećeg ziđa i s povijesnim predloškom sličnog kamenog ziđa iz doba nastanka mosta. Tako je za izvedbu naglavnih greda pilota i ploče dna odabran beton C35/45 načinjen sa sulfatnootpornim cementom uz dodatak inhibitora korozije, a temeljne ploče, zidovi i poprečne dijafragme izvedene su od betona C35/45 spravljenog sa sulfatnootpornim cementom.

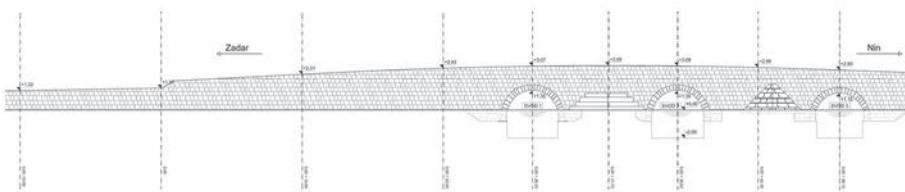
Armiranobetonski dio konstrukcije mosta svrstan je u razred izloženosti XS2/XA2 prema EN 206 (konstrukcija stalno izložena morskim kloridima i sulfatima). Zidana konstrukcija mosta je u razredu izloženosti MX5 prema EN 1996-2 (u kontaktu s morem i tlom koji sadrže sulfate). Stoga se svi dijelovi armiranobetonske konstrukcije koji nisu dostupni pregledima i čiji bi popravak u svrhu održavanja bio otežan jer se nalaze unutar obnovljenog kamenog ziđa

mosta, armiraju nehrđajućim rebrastim čelikom za armiranje 1.4436 (EN 10088-1). Navedenim nehrđajućim armaturnim čelikom armirani su uzdužni zidovi, poprečne dijafragme, vezne grede i armiranobetonske ljske iznad svodova. Ploče dna i naglavne grede koje su trajno ispod površine mora i dostupne su pregledima te piloti armirani su ugljičnim čelikom za armiranje B500B. Sidra za povezivanje kamenog ziđa i armiranobetonskih konstrukcijskih elemenata izvode se od nehrđajućeg rebrastog čelika za armiranje velike koroziske otpornosti 1.4462 ("duplex") jer se dijelom svoje duljine nalaze u kamenom ziđu koje ne pruža slabiju antikorozivnu zaštitu od betona. Obje primijenjene vrste nehrđajućeg čelika za armiranje imaju karakterističnu granicu popuštanja 500 MPa i vlačnu čvrstoću 550 MPa. Uporaba nehrđajućeg čelika za armiranje u kloridno agresivnom okolišu relativno je u svijetu česta i opravdana za građevine kulturne baštine kojima se mora produžiti uporabni vijek [19]. Zidani čelni zidovi u dijelu koji se ponovno zidaju su od obrađenog kamena vapnenca tlačne čvrstoće 60 MPa i od tvornički pripremljenog projektiranog morta čvrstoće 5 MPa u kojemu je vezivo prirodno hidraulično vapno s dodatkom pucolana.

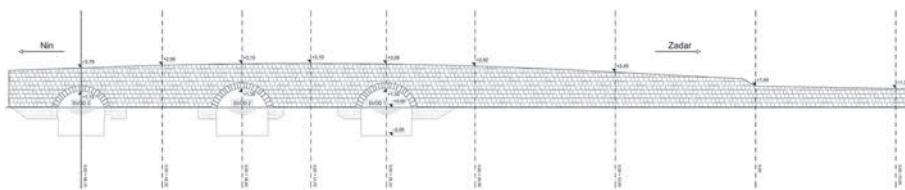
Zidani svodovi zidaju se od vapneničkih klesanaca tlačne čvrstoće 60 MPa u ranije spomenutom hidrauličnom vapnenom mortu za zidanje M5. Sve ziđe, to jest zidani zidovi i svodovi fugiraju se hidrauličnim vapnenim mortom M5 uz potpuno ispunjavanje sljubnica.

#### 4.4 Projekt konstrukcije Donjeg mosta

Projektom konstrukcije [11] predviđeno je obnoviti most za njegovu izvornu namjenu, povećati potresnu otpornost mosta, očuvati izvorni izgled i konstrukcijski sustav mosta. Rekonstrukcija izgleda mosta provedena je na temelju podataka dobivenih laserskim 3D skeniranjem (slike 23. i 24.), SfM fotogrametrijom, geodetskom snimkom, zatim podataka dostupnih iz ranije snimke mosta koju je 1969. godine izradio Zavod za fotogrametriju [17], projekta rekonstrukcije iz 1988. godine te dostupnih fotografija mosta prije zadnje poplave. Ukupna duljina građevine je 68 metara. Most je projektiran na pješačko opterećenje i opterećenje servisnim i vatrogasnim vozilom.



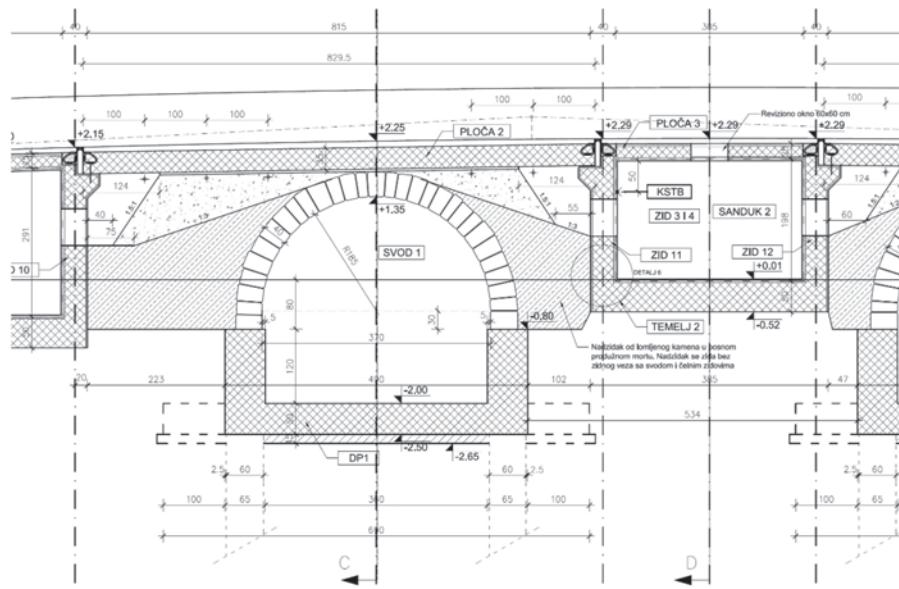
Slika 23. Jugoistočno pročelje [11]



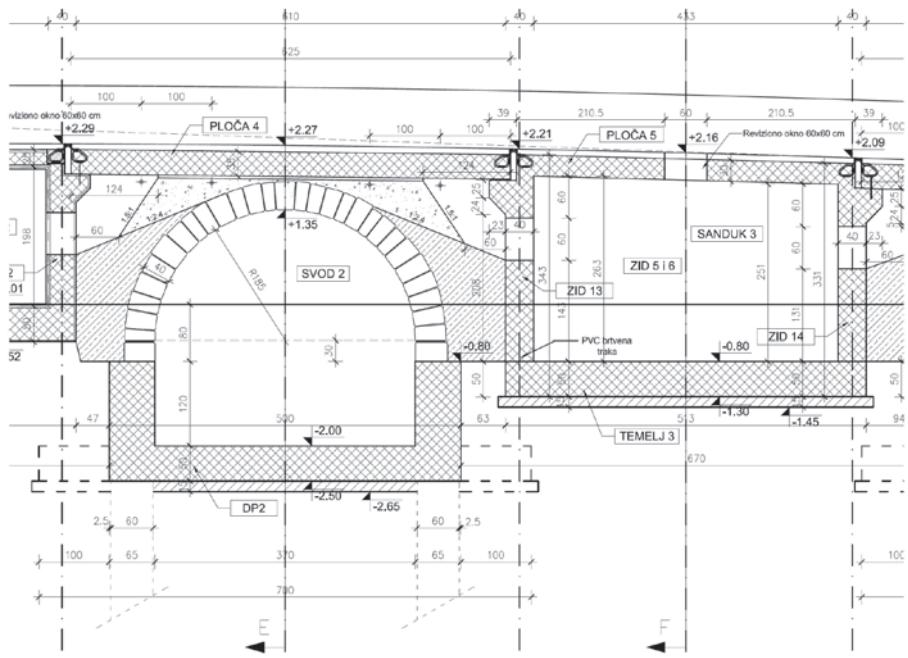
Slika 24. Sjeverozapadno pročelje [11]

Obnova i rekonstrukcija Donjeg mosta u Ninu obuhvaća uklanjanje urušenih dijelova mosta, kao i dijelova mosta koji su u poplavi doživjeli neprihvatljive pomake i deformacije, njegovu ponovnu izvedbu (rekonstrukciju), zatim sanaciju dijelova armiranobetonske konstrukcije izloženih koroziji armature, međusobno povezivanje čelnih zidova i armiranobetonskih dijelova konstrukcije i izvedbu novog kolničkog zastora mosta. Pregledni nacrt predviđenih radova prikazan je na slici 8.

Temeljno tlo ispod mosta stabilizirano je injektiranjem i izvedbom pilota. Temelji svih svodova stabiliziraju se izvedbom bušenih pilota. Piloti i naglavne grede su dilatirani od armiranobetonskih sanduka, a slobodni profil za protok vode ispod srednjeg i zadnjeg svoda povećan je izvedbom armiranobetonske ploče na dnu protočnog profila koja povezuje pilote s obje stane raspona kamenih svodova (slike 25., 26. i 27.). Ispod peta zidanih svodova izvodi se temeljna konstrukcija na pilotima. Naglavnim gredama pilota i armiranobetonском pločom koja ih povezuje oblikuje se dno novog (povećanog) protočnog profila ispod mosta. Naglavne grede povezane s pločom dna ispod pojedinog svoda zajedno se dalje u projektu tretiraju kao jedna naglavica pilota poligonalnog oblika. Naglavne grede iznad pilota su ukupne visine 170 cm, a debљina ploče je 50 cm. Debљina naglavne grede je 65 cm. Ovi elementi se nalaze okolišu s razredom izloženosti XS2/XA2 i izvedeni su od armiranog betona razreda C35/45 uz uporabu sulfatno otpornog cementa i inhibitora korozije.



Slika 25. Dio uzdužnog presjeka Donjeg mosta - svod 1 i sanirani sanduk 2 [11]



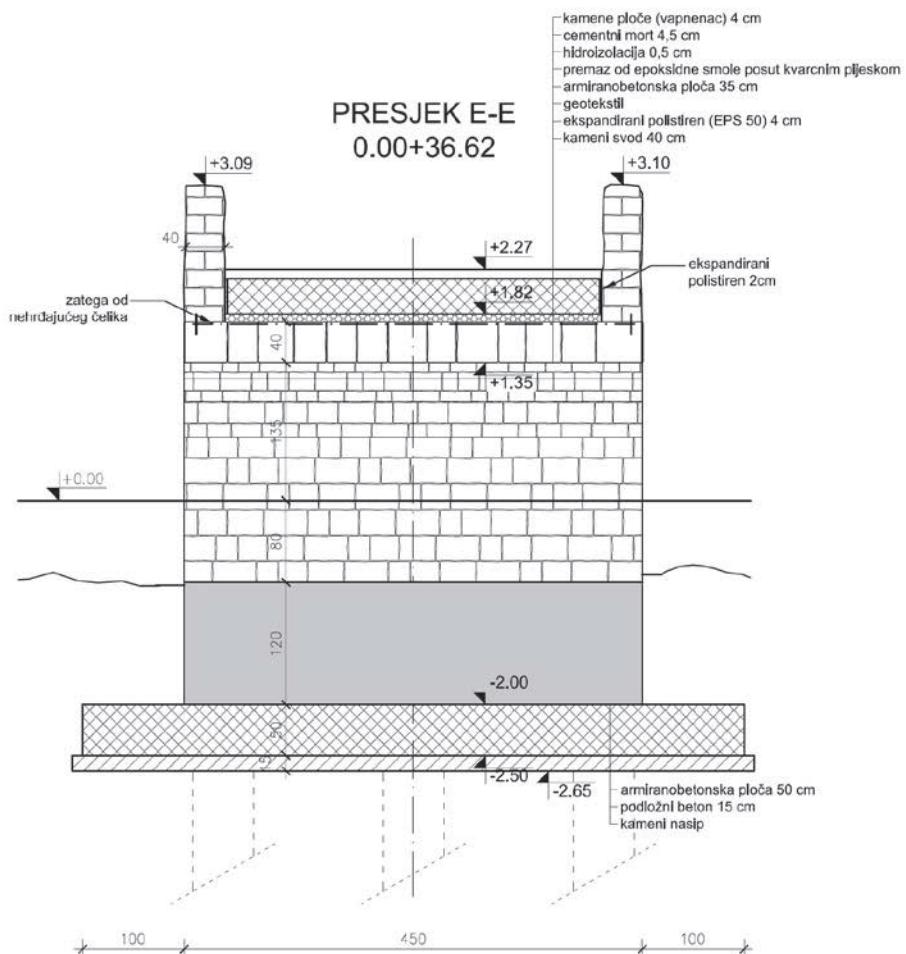
Novi armiranobetonski sanduk 3 i ploče 2, 4 i 6, koji se nalaze u okolišu s razredom izloženosti XS3/XA2, izvedeni se od armiranog betona razreda C45/55 uz uporabu sulfatno otpornog cementa i inhibitora korozije. Radni spojevi između temeljne ploče i zidova sanduka 3 zabrtvleni su PVC brtvom s otpornošću na tlak vode od 10 bara (širina brtve 240 mm). Armatura je B500B, a zaštitni sloj betona do armature iznosi 6,0 cm. Temeljna ploča sanduka izvodi se debljine 50 cm, zidovi 40 cm, a ploča sanduka je debljine 30 cm. Armiranobetonske ploče 2, 4 i 6 koje međusobno povezuju armiranobetonske sanduke izvedene su debljine 35 cm od betona i armature iste kvalitete kao i u sanduku.

Kameni svodovi, oslonci svodova i srušeni i uklonjeni čelni zidovi sa zidanim ogradama ponovno su sazidani pri čemu su u najvećoj mjeri rabljeni postojeći kameni zidni elementi. Nadomjesni kamen odabran je tako da teksturom, strukturom i čvrstoćom odgovara izvornom kamenu. Svodovi su zidani na podupirućoj skeli i oplati. Nadzidci koji stabiliziraju donje dijelove svodova izvedeni su u posnom mortu sa sljedećim volumnim omjerom vapna, cementa i pijeska: 1 : 2 : 9 (M2,5) bez zidnog veza sa svodom i čelnim zidovima. Dio nadzidaka iznad kote +0,50 m, kao i čelno i ogradno zide iznad svodova sazidani su nakon otpuštanja i uklanjanja podupirućih skela.

Zidanje zidova i svodova izvedeno je tvornički projektiranim mortom oznake M5 u kojemu je vezivo prirodno hidraulično vapno.

Između zidanih zidova zatim je izведен ispun (nasip od kamenog materijala) od vapneničkog drobljenca 31/45 mm kojem su šupljine ispunjene kamenom sitneži. Radi održanja stabilnosti nasipa unutar trupa mosta i smanjenja pritiska stijenke, ispun od nevezanog materijala omotan je u geotekstil mase 250 g/m<sup>2</sup>. Taj ispun stabilizira svodove za slučaj koncentriranog statičkog opterećenja ili uzgona. Najniži svod 3 se osigurava protiv uzgona pri velikoj vodi skrivenim armiranobetonskim prstenima u ogradnom kamenom zidu. Prsteni su dimenzija presjeka 20x20 cm i povezani su s naglavnim gredama iznad pilota. Na dijelovima svoda nižim od tjemena prsteni su međusobno povezani poprečnim armiranobetonskim gredama presjeka 20x20 cm. Ti armiranobetonski elementi (prsteni i poprečne grede) izvedeni su s gornje strane svoda i povezani su sa svodom i kamenim zidem sidrima od nehrđajućeg čelika za armiranje kvalitete 1.4462 s karakterističnom granicom popuštanja 500 MPa. Na poravnani sloj nasipa (ispuna) i iznad tjemena svodova postavlja se sloj ekspandiranog polistirena debljine 4,0 cm koji služi kao "izgubljen" za armiranobetonske kolničke ploče 2, 4 i 6 (slika 28.).

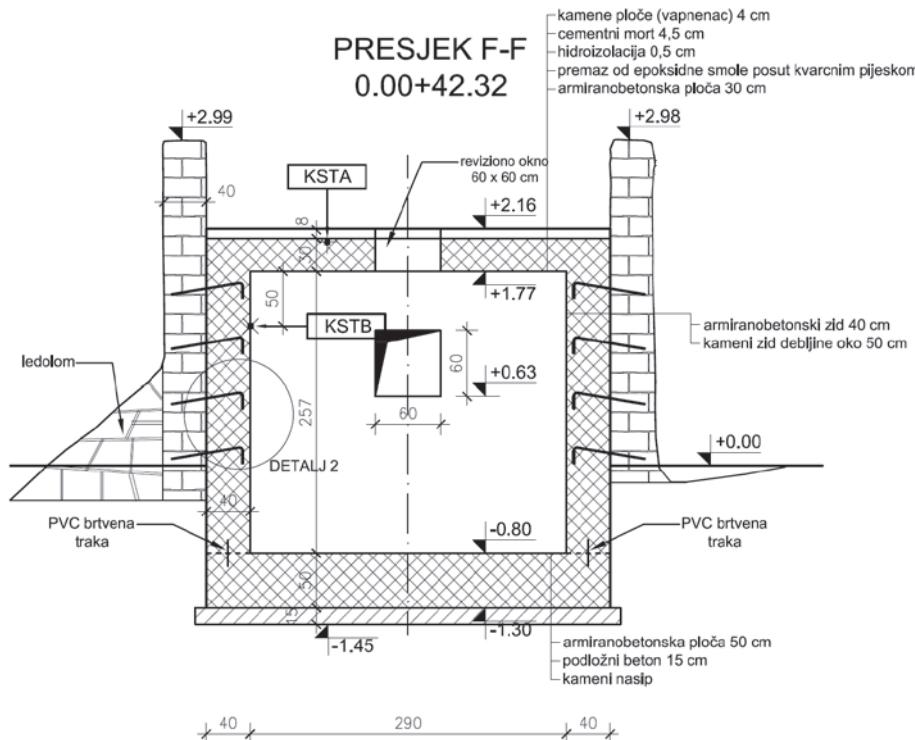
Na dijelovima zida koji se ne uklanjaju injektirane su pukotine hidrauličnom injekcijskom smjesom na bazi vapna i pucolana, tlačne čvrstoće 15 MPa. U oštećenim dijelovima zidova u njihovu podnožju istom injekcijskom smjesom izvedeno je konsolidacijsko injektiranje unutarnjih šupljina u zidovima. Kameni čelni zidovi (postojeći i novozidanji) povezuju se s armiranobetonskim sanducima sidrima od nehrđajućeg rebrastog čelika za armiranje s karakterističnom granicom popuštanja 500 MPa, kvalitete 1.4462. (slika 29) Sidra su raspoređena na međusobnom razmaku 0,7 do 1,0 m u horizontalnom i vertikalnom smjeru (1,4 kom/m<sup>2</sup> ili 7 kom/5m<sup>2</sup>), a ugrađena su u bušotine promjera 24 mm injektirane tekućim mortom za podlijevanje (sidrenje) s kompenziranim skupljanjem na bazi cementa, aditiva i pijeska granulacija 0-2 mm najmanje 28-dnevne tlačne čvrstoće 50 MPa.



Slika 28. Poprečni presjek Donjeg mosta kroz tjeme svoda 2 [11]

U području svodova gdje nije u kontaktu sa sanducima, uzdužno čelno ziđe je međusobno povezano zategama od nehrđajućeg čelika kvalitete 1.4462 i promjera 20 mm (slike 28 i 30). Nakon ugradnje, u zatege je unesena vlačna sila od 10 kN. Pukotine u betonu u unutrašnjosti sačuvanih sanduka 1, 2 i 4. injektirane su epoksidnom smolom prije radova na obnovi i pojačanju zaštitnih slojeva.

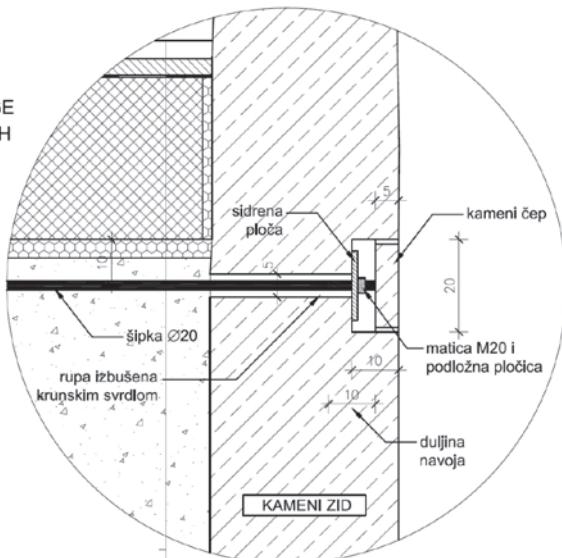
Antikorozivna zaštita konstrukcije od primarne je važnosti za konstrukcije u morskom okolišu. Zbog toga se pristupilo obnovi i pojačanju zaštitnih slojeva betona u unutrašnjosti sačuvanih sanduka. Na vanjskim dijelovima armiranobetonski zidovi sanduka zaštićeni su čelnim zidovima.



Slika 29. Poprečni presjek Donjeg mosta kroz novoizvedeni sanduk 3 [11]

**DETALJ 9**  
**M 1:10**

**DETALJ ČELIČNE ZATEGE  
ZA POVEZIVANJE ČELNIH  
KAMENIH ZIDOVA**



Slika 30. Detalj čelične zatege za povezivanje čelnih kamenih zidova [11]

U unutrašnjosti postojećih sačuvanih sanduka 1, 2 i 4 uklonjen je oštećeni beton do dubine 3 cm, a na mjestima gdje postoji aktivna korozija armature (lokalno) potpuno je uklonjen zaštitni sloj betona do armature i armatura je očišćena od korozije do stupnja D.Sa21/2 prema HRN EN ISO 8501-1. Uklanjanje betona i čišćenje armature izvedeno je hidrodinamičkim postupkom vodom pod tlakom većim od 2000 bara ("hidrorazaranje"). Vidljiva i očišćena armatura premazana je antikorozivnim premazom za armaturu u obliku jednokomponentnog polimerno cementnog morta koji sadrži inhibitor korozije.

Nakon pripreme površine nanesen je sloj reparaturnog polimernocementnog morta ojačanog vlaknima, klase R4 prema HRN EN 1504-3, 28-dnevna tlačna čvrstoća morta je 60 MPa, a modul elastičnosti oko 30000 MPa. Reparaturni mort ugrađen je strojno, mokrim postupkom u ukupnoj prosječnoj debljini 6 cm, tako da se postojeći zaštitni sloj betona do armature povećao za 3,0 cm. Površina morta se izravnava i zaglađuje. Na kraju je preko svih površina u unutrašnjosti sanduka nanesena hidrofobna impregnacija betona.

Nakon što je uklonjen postojeći asfaltni sloj debljine 8 cm, na cijeloj gornjoj površini kolnika dijela mosta koji se sanira (ploče 1, 3 i 7) uklonjen je zaštitni sloj betona u punoj debljini do armature (prosječno 5 cm). Armatura je očišćena od primjera korozije do stupnja D.Sa21/2 prema HRN EN ISO 8501-1. Uklanjanje zaštitinog sloja i čišćenje armature provodeno je hidrodinamičkim postupkom vodom pod tlakom većim od 2000 bara. Vidljiva i očišćena armatura premazana je antikorozivnim premazom za armaturu o obliku jednokomponentnog polimerno cementnog morta koji sadrži inhibitor korozije. Zatim je površina betona reprofilirana zamjenskim zaštitinim slojem debljine 5 cm nanošenjem sloja reparaturnog polimernocementnog morta ojačanog vlaknima, klase R4 prema HRN EN 1504-3, 28-dnevna tlačna čvrstoća morta 60 MPa i modul elastičnosti oko 30000 MPa. Mort je ugrađen strojno, postupkom mokrog torkretiranja. Površina morta je izravnana i zaglađena.

Sanirana gornja površina ploča 1, 3 i 7, kao i novoizvedenih (rekonstruiranih) kolničkih ploča 2, 4 i 6 dodatno se zaštićuje izvedbom hidroizolacije.

Projektom je predviđeno da se tijekom uporabe mosta treba motriti stanje korozije armature u armiranobetonskoj konstrukciji mosta. Stoga su u novoizvedene zaštitne slojeve, kao i u novoizvedene dijelove mosta ugrađene sonde za mjerjenje parametara korozije armature. Ugrađeno je ukupno 6 sondi (u projektu nazvani tip A i tip B). Sonde tipa A ugrađuju se u zaštitni sloj betona (ugrađen je sustav CorroWatch). Sonde tipa B montiraju se na gotovu površinu armiranobetonskog elementa (ugrađen je sustav CorroRisk). Elektrokemijske sonda tipa A ugrađuju se prilikom izvedbe u beton (na gornjoj strani kolničke ploče 5 sanduka 3) i u zamjenski zaštitni sloj od reparaturnog morta (na gornjoj strani kolničke ploče 1 sanduka 1). Ugrađena su ukupno dva komada sondi tipa A, po jedan u svaku od navedenih ploča. Sonda tipa A opremljena je s četiri anode, katodom i referentnom elektrodom, a služi za mjerjenje potencijala i brzine korozije armature.

Elektrokemijske sonda tipa B, koje se montiraju na gotovu površinu armiranobetonskih elemenata sastoje se od četiri anode koje se bušenjem ugrađuju u zaštitnom sloju na različitim dubinama od površine zadnje armature do površine betona. Ugrađene su ukupno četiri sonda tipa B nakon ugradnje reparaturnog morta u sanducima 1, 2 i 4, odnosno na betonsku površinu zida novoizvedenog sanduka 3, a raspoređene su na zidovima u unutrašnjosti navedenih sanduka. Sonda tipa B opremljena je i kombiniranom elektrodom koja se sastoji od katode i referentne elektrode za mjerjenje potencijala. Uređaj mjeri korozijski potencijal i brzinu ko-

rozije armature na dubinama na kojima su ugrađene četiri anode. Sva očitanja parametara korozije obavljat će se unutar sanduka koristeći pritom za ulazak revizijska okna. Očitavanje parametara korozije (potencijal i brzina korozije) treba provoditi najmanje četiri puta godišnje, raspoređeno u jednakim vremenskim intervalima (zima, proljeće, ljeto i jesen).

Na sve kolničke površine postavljena je hidroizolacija povrh koje se izvodi kamenom opločenje kolnika. Kamenno opločenje kolnika izvodi se u tvornički projektiranom polimerno cementnom mortu s dodatkom vlakana, 28-dnevne čvrstoće 60 MPa. Konačna debljina morta je 3 do 4 cm, a debljina kamenih ploča od vapnenca 4 do 5 cm. Ispunjavanje sljubnica među kamenim pločama izvodi se tvornički projektiranim mortom za opločenja 28-dnevne tlačne čvrstoće 15 MPa. Boja morta za fugiranje, vrsta i oblik kamenog opločenja odabrani su prema uputama konzervatora.

## 5 Izvedba obnove i rekonstrukcije ninskih mostova

Radovi na obnovi i rekonstrukciji ninskih mostova započeli su u studenom 2018. uklanjanjem urušenih i jače oštećenih dijelova mostova. Glavni izvođač radova je Spegra Inženjerинг d.o.o. iz Splita, a naručitelj su Hrvatske ceste i Grad Nin.

### 5.1 Donji most

U siječnju 2019. na Donjem mostu izvođeni su radovi izrade radnog nasipa, vertikalnih stupnjaka za zaštitu iskopa i mlazno injektiranje temeljnog tla. Razgrađivani su oštećeni zidani svodovi, a kamen se čuvao radi što vjernije rekonstrukcije izvornog izgleda svodova (slika 31.). U veljači se pristupilo izvedbi CFA pilota. U ožujku su započeli armiranobetonski radovi betoniranjem ploča dna, naglavnih greda i sanduka mosta (slika 32.). U isto vrijeme radilo se na sanaciji betonskih površina u unutrašnjosti armiranobetonskih sanduka (slika 33.). Od svibnja do srpnja 2019. zidani su svodovi (slika 34.). Krajem kolovoza 2019. ugrađene su prijelazne naprave i betonirane su kolničke ploče (slika 35.).



Slika 31. Rekonstrukcija izgleda svoda od izvornog kamena (arhiv Spegra Inženjerинг d.o.o.)



Slika 32. Izrada ploče dna i naglavnih greda pilota na Donjem mostu (arhiv Spegra Inženjering d.o.o.)



Slika 33. Sanacija betonskih površina u unutrašnjosti sanduka (arhiv Spegra Inženjering d.o.o.)



Slika 34. Svodovi donjeg mosta: lijevo-zidanje, desno-fugirani intrados svoda (arhiv Spegra Inženjering d.o.o.)



Slika 35. Armatura kolničkih ploča na Donjem mostu (arhiv Spegra Inženjering d.o.o.)

Nakon prikazanog su izvedeni radovi zidanja ogradnih zidova i fugiranja zidnih površina. U tijeku su radovi na čišćenju morskog dna od mulja u širem okolišu mosta, popločavanja kolničke površine mosta, zidanja valobrana i uklanjanja radnih nasipa. Predviđeni rok završetka radova na Donjem mostu je 1. travnja 2020. godine. Na slikama 36 i 37 vidi se stanje dovršenosti Donjeg mosta na dan 31. siječnja 2019.



Slika 36. Donji most 31. siječnja 2020: lijevo - uklanjanje radnog nasipa uz sjeverozapadno pročelje, desno izgled dijela jugoistočnog pročelja (fotografirao Grandić, D.)



Slika 37. Izrada kamenog opločenja na Donjem mostu 31. siječnja 2020. (fotografirao Grandić, D.)

## 5.2 Gornji most

Gornji most je trenutačno u manjem stupnju dovršenosti u odnosu na Donji. Razlozi tomu su izvedba propusta ispod nasipa na cesti usporednoj Gornjem mostu i veći stupanj oštećenja Gornjeg mosta u poplavi.



Slika 38. Izvedeni piloti na Gornjem mostu (arhiv Spegra Inženjering d.o.o.)

U veljači i ožujku 2019. na Gornjem su mostu izvedeni radovi izrade radnog nasipa, vertikalnih stupnjaka za zaštitu iskopa i mlazno injektiranje temeljnog tla. U travnju se pristupilo izvedbi CFA pilota (slika 38.), a u lipnju su započeli armiranobetonski radovi betoniranjem ploča dna i naglavnih greda pilota (slika 39.). Temeljne ploče izvedene su početkom kolovoza (slika 40.). Zatim su izvedeni zidani i armiranobetonski zidovi i dijafragme armirane nehrđajućom armaturom (slika 41.). Krajem prosinca 2019. završeno je zidanje svodova (slika 42.). Na slici 43 prikazano je stanje dovršenosti radova na dan 31. siječnja 2020. Predviđeni rok završetka radova na Gornjem mostu je 1. lipnja 2020. godine.



Slika 39. Izvedene ploče dna i priprema betoniranja naglavnih greda na Gornjem mostu (arhiv Spegra Inženjerинг d.o.o.)



Slika 40. Betoniranje temeljnih ploča armiranih nehrđajućom armaturom na Gornjem mostu (arhiv Spegra Inženjerинг d.o.o.)



Slika 41. Izvedba zidova na Gornjem mostu (arhiv Spegra Inženjering d.o.o.)



Slika 42. Gornji most, sazidani svod na skeli (arhiv Spegra Inženjering d.o.o.)



Slika 43. Gornji most, južna strana 31. siječnja 2019. (fotografirao Grandić, D.)

## 6 Zaključak

Niske obale mora na kojima se oblikuju lagune, estuariji i delte vodotoka lokacije su mnogih povijesnih naselja i spomenika kulturne baštine uključujući i povijesne mostove. Osnovni problem koji treba svladati na takvim lokacijama je temeljenje teških kamenih građevina. To je primjerice problem i puno poznatije Venecije. Donji i Gornji ninski mostovi tijekom povijesti više su puta razarani bujičnim poplavama ili su bili oštećivani zbog popuštanja temeljnog tla. Prikazanim projektima riješen je problem temeljenja mostova i propuštanja bujičnog toka kroz prošireni protočni profil ispod svodova mosta. Nadtemeljna kamena konstrukcija mostova ojačana je izvedbom stabilizirajućih armiranobetonskih elemenata unutar kamenog ziđa koji nisu vidljivi na vanjskim površinama mosta. Kameno ziđe i svodovi izvedeni su u izvornom obliku i dimenzijama, a za obnovu su u najvećoj mjeri korišteni stari kameni zidni elementi. Za zidanje, fugiranje i injektiranje kamenog ziđa korišteni su bescementni mortovi i injekcijske smjese na bazi prirodnog hidrauličnog vapna i pucolana. U slučaju Gornjeg mosta obnovom je sačuvana izvorna nosiva funkcija kamenih svodova, a u trupu mosta izведен je zbijeni kameni ispun povrh kojeg se izvodi tradicionalno opločenje kolnika mosta kamenim prizmama. Prikazanom obnovom rekonstruiran je izvorni izgled mosta, a korišteni materijali za ziđe kompatibilni su izvornom ziđu. Posebno se pazilo na trajnost građevine za koju je kritična trajnost armiranog betona i sidara za povezivanje ziđa i betona. Stoga su odabrani betoni odgovarajuće kvalitete, a armatura i sidra na Gornjem mostu su izrađeni od nehrđajućeg čelika za armiranje odgovarajuće kvalitete. U slučaju Donjeg mosta, u osnovi je zadržano isto rješenje nadtemeljne konstrukcija iz zadnje rekonstrukcije 1988. godine koje je unaprijeđeno dodatnim povezivanjem ziđa s armiranobetonском konstrukcijom i poboljšanim detaljima izvedbe. Stoga je u Donjem mostu u zamijenjenim armiranobetonskim elementima odabran ugljični čelik za armiranje (kao i u zadržanim, postojećim elementima). Sidra i zatege su, kao i na Gornjem mostu, od nehrđajućeg čelika. Na Donjem mostu osigurana je mogućnost pregleda konstrukcije kroz revizijska okna u sanducima i predviđeno je trajno praćenje parametara korozije armature s pomoću ugrađenih senzora.

## Literatura

- [1] Projekt rekonstrukcije Donjeg mosta u Ninu, oznaka 2592, Projektno poduzeće Donat, Zadar, 1988.
- [2] Projekt za izvedbu obnove i rekonstrukcije Gornjeg mosta u Ninu, oznaka 081/10/05, Bos projekt d.o.o., Zadar, 2004.
- [3] Ilakovac, B.: Postanak i razvoj ninskih mostova, Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu, Vol. 28-29 No. 1, 1995, pp 73-95.
- [4] Glavan, Š.: Arheološka istraživanja, restauracija i konzervacija na Gornjem mostu u Ninu, Stručni rad za zvanje konzervator- arheolog, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, 2009.
- [5] <https://www.zadarskilist.hr/clanci/04102008/obnova-ninskog-kamenog-mosta-iz-16-stoljeca> (15.9.2019.)
- [6] <https://triprabbits.com/hr/gornji-gradski-most-nin-hrvatska-znamenitosti-atrakcije/> (15.9.2019.)
- [7] Trodimenzionalni snimak Gornjeg mosta u Ninu nakon poplave i oštećenja mosta 2017. godine, oznaka IZ-2/2018, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, 2018.

- [8] Analiza geometrije i podmorske konstrukcije Gornjeg mosta u Ninu nakon poplave i oštećenja 2017. godine, oznaka S-2/2018, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, 2018.
- [9] Trodimenzionalni snimak Donjeg mosta u Ninu nakon poplave i oštećenja mosta 2017 godine, oznaka IZ-1/2018, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, 2018.
- [10] Analiza geometrije i podmorske konstrukcije Donjeg mosta u Ninu nakon poplave i oštećenja 2017. godine, oznaka S-1/2018, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, 2018.
- [11] Glavni i izvedbeni projekt obnove i rekonstrukcije Donjeg mosta u Ninu, Građevinski projekt - Konstrukcija mosta, oznaka NK-07-2018, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, 2018.
- [12] Glavni i izvedbeni projekt obnove i rekonstrukcije Gornjeg mosta u Ninu, Građevinski projekt - Konstrukcija mosta, oznaka NK-07-2018, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, 2018.
- [13] Glavni i izvedbeni projekt obnove i rekonstrukcije Gornjeg mosta u Ninu - Temeljenje mosta, oznaka IZ-2/2018, Geokon-Zagreb d.d., 2018.
- [14] Glavni i izvedbeni projekt obnove i rekonstrukcije Dornjeg mosta u Ninu - Temeljenje mosta, oznaka IZ-1/2018, Geokon-Zagreb d.d., 2018.
- [15] Geotehnički elaborati istraživanja temeljnog tla Donjeg mosta u Ninu, oznaka E-139-17-01, Geokon-Zagreb d.d., 2018.
- [16] Geotehnički elaborati istraživanja temeljnog tla Gornjeg mosta u Ninu, oznaka E-139-17-02, Geokon-Zagreb d.d., 2018.
- [17] Snimak spomenika kulture Most NIN-VRSI, Zavod za fotogrametriju, Zagreb, 1969.
- [18] Wilmers, W.: Restoration of masonry arch bridges, Bridge Engineering 165 (2012) 3, pp. 135-146.
- [19] Fib Bulletin 49: Corrosion protection of reinforcing steels, Fédération internationale du béton (fib), Lausanne, Switzerland, 2009.



## Izazovi u obnovi tvrđava Brod i Stara Gradiška

Autor:

Željka Perković, dipl.ing.arch.<sup>1</sup>

Darija Perković, mag.ing.prosp.arch.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ministarstvo kulture Republike Hrvatske  
Uprava za zaštitu kulturne baštine  
Konzervatorski odjel u Slavonskom Brodu  
Slavonski Brod, A. Starčevića 43

<sup>2</sup>IFLA Europe  
(International Federation of Landscape Architects,  
the European Region)  
Brisel, WAO Rue Lambert Crickx 19

## Izazovi u obnovi tvrđava Brod i Stara Gradiška

Željka Perković, Darija Perković

### Sažetak

Graditeljska kulturna baština je zbog svoje materijalne strukture osobito ranjiva i ugrožena kategorija baštine, a pitanje njezine primjerene zaštite, očuvanja i obnove sve je aktualnije u transdisciplinarnim znanstvenim i stručnim raspravama. Predmet istraživanja su izazovi u obnovi tvrđava Brod i Stara Gradiška, spomenicima europske barokne fortifikacijske arhitekture. Istraživanje je posebno zanimljivo jer uspoređuje isti tip kulturnog dobra, koja su u različitom stanju očuvanosti i u različitom stadiju obnove. Na osnovi analize dosadašnjih izazova i procjene sadašnjeg stanja, dana je projekcija izazova obnove koji se mogu očekivati u budućem razdoblju.

**Ključne riječi:** kulturna baština, zaštita i obnova fortifikacijske baštine, Tvrđava Brod, Tvrđava Stara Gradiška, arhitektura, graditeljstvo, krajobrazna arhitektura, održivi razvoj

## Challenges in rebuilding Fortresses Brod and Stara Gradiška

### Abstract

Because of its material structure, architectural cultural heritage is a particularly vulnerable and endangered category of heritage. The question of its adequate protection, preservation and restoration is increasingly current in transdisciplinary scientific and professional discussions. The subject of the research are challenges in rebuilding the Brod and Stara Gradiška Fortresses, monuments of the European Baroque fortification architecture. The research is particularly interesting because it compares the same type of cultural goods, which are in a different state of preservation and in different stages of renewal. Based on the analysis of the current challenges and the assessment of the present situation, a projection of the renewal challenges that can be expected in the future period is given.

**Key words:** cultural heritage, protection and restoration of fortification heritage, Fortress Brod, Fortress Stara Gradiška architecture, civil engineering, landscape architecture, sustainable development

## 1 Uvod

Baština može biti materijalna (pokretna ili nepokretna) ili nematerijalna, prirodna ili od čovjeka stvorena, zasebni entitet, cjelina ili prostoranstvo, od duhovnog ili svjetovnog, umjetničkog, povjesnog, kulturološkog, znanstvenog, prostornog, memorijalnog i/ili graditeljskog značenja [1-6]. Kulturna dobra su pokretne i nepokretne stvari od umjetničkog, povjesnog, paleontološkog, arheološkog, antropološkog i znanstvenog značenja, arheološka nalazišta i zone, krajolici i njihovi dijelovi, nematerijalni oblici čovjekova duhovnog stvaralaštva i zgrade/prostori u kojima se čuvaju ili izlažu kulturna dobra i dokumentacija o njima. Kulturna dobra i sva preventivno zaštićena dobra su nacionalno blago od interesa za Republiku Hrvatsku i uživaju osobitu zaštitu [1]. Shvaćanje pojma baštine je raznoliko i mijenja se, kako s lokalnim društveno-političkim i ekonomskim razvojem, tako i sa sveukupnim razvojem čovječanstva.

U fokusu ovog istraživanja je materijalna, od čovjeka stvorena, graditeljska baština predstavljena kroz izazove u zaštiti i obnovi baroknih fortifikacijskih cjelina Tvrđava Brod i Tvrđava Stara Gradiška (slika 1.).



Slika 1. Tvrđava Stara Gradiška, sjeverna kurtina - južno pročelje (Perković, D., 2019.)

## 1.1 Cilj istraživanja

Primarni cilj istraživanja je predstaviti izazove u obnovi hrvatske fortifikacijske graditeljske baštine na primjerima tvrđava Brod i Stara Gradiška.

Sekundarni ciljevi istraživanja su razjasniti poimanje baštine; dati pregled metodologije zaštite, očuvanja i obnove baštine; proučiti povijesni kontekst barokne fortifikacijske arhitekture Brodsko-posavske županije; analizirati izazove dosadašnje obnove tvrđava Brod i Stara Gradiška; procijeniti njihovo sadašnje stanje i na temelju pridobivenih spoznaja iznjedriti utemeljenu projekciju budućih izazova obnove.

## 2 Poimanje baštine

Do prve polovine XX. stoljeća baštinom (*common heritage*) su smatrane građevine i naselja - povijesni spomenici (*historic monuments*) [4]. Sedamdesetih godina XX. stoljeća se mijenja percepcija znanstvene i stručne javnosti, od kada pojам baštine (*heritage*) postaje širi i podrazumijeva kulturnu (graditeljsku, od čovjeka stvorenu) i prirodnu baštinu. Prirodnom baštinom (*natural heritage*) u ovom se smislu smatra izvorna priroda (jedinke, skupine, staništa, područja, geološke strukture...), dok kulturna baština (*cultural heritage*) podrazumijeva arhitektonske, kiparske, slikarske, arheološke i speleološke spomenike (*monuments*), izgrađene cjeline (*group of buildings*) i lokalitete stvorene od čovjeka i/ili djelovanjem čovjeka i prirode (*sites*) [2].

Definicijom kulturne baštine iz UNESCO-ve Konvencije istaknuta je nedjeljivost izgrađenog i neizgrađenog okoliša te važnost zaštite i očuvanja krajobraznog konteksta i prirodne komponente kulturne baštine, što je aktualno od kraja XX. stoljeća do današnjih dana [2, 3, 7]. U tom duhu je pojam materijalne nepokretne kulturne baštine, koji osim izgrađenih struktura može uključivati i organsku komponentu, definiran i u zakonodavstvu Republike Hrvatske [1]. Graditeljska baština je specifičan i višestruko značajan dio ukupnog kulturnog fonda, koja u sebi ima i nematerijalne (duhovne i svjetovne, memorijalne, umjetničke, povijesne, društvene kvalitete i javni interes) i materijalne kvalitete, koje proizlaze iz specifičnosti prostornog konteksta, interakcije s korisnicima prostora, građevinskih i arhitektonskih obilježja [5, 8-10]. Graditeljska baština važan je dio ukupnog kulturnog fonda, koji je sa svojim kulturno-povijesnim značenjem sastavni dio čovjekova okoliša [8].

Združeni prikaz različitog poimanja baštine u međunarodnim dokumentima i nacionalnom zakonodavstvu Republike Hrvatske dan je u tablici 1.

Tablica 1. Poimanje baštine (priredile autorice)

<p style="text-align: center;"><b>ICOMOS Venecijanska povelja 1964.</b></p> <p>povijesni spomenik (historic monument) - pojedinačno arhitektonsko djelo, urbano ili ruralno naselje povezano s određenom civilizacijom ili povijesnim događajem</p>			
<b>UNESCO 1972.</b>			
<b>KULTURNA BAŠTINA</b> (cultural heritage)	spomenici ( <i>monuments</i> ) - djela arhitekture, monumentalna kiparska i slikarska djela, elementi ili strukture arheološkog karaktera, natpisi, špilje u kojima se stanovalo i kombinacija elemenata koji imaju izuzetnu univerzalnu povijesnu, umjetničku ili znanstvenu vrijednost	izgrađene cjeline ( <i>groups of buildings</i> ) - skupine zasebnih ili spojenih zgrada koje zbog svoje arhitekture, homogenosti cjeline ili krajobraznog konteksta imaju izrazitu univerzalnu povijesnu, umjetničku ili znanstvenu vrijednost	lokaliteti ( <i>sites</i> ) - stvoreni od čovjeka ili kombiniranim djelovanjem prirode i čovjeka, uključujući arheološka nalazišta
<b>PRIRODNA BAŠTINA</b> (natural heritage)	prirodne vrijednosti ( <i>natural features</i> )	staništa ugroženih životinjskih i biljnih vrsta - ( <i>geological and physiographical formations and precisely delineated areas</i> )	prirodni lokaliteti i područja ( <i>natural sites or precisely delineated natural areas</i> )
<b>ICOMOS-IFLA Firentinska povelja 1981.</b>			
proširuje definiciju povijesnog spomenika ( <i>historic monument</i> ) iz Venecijanske povelje i na neposredno okruženje građevine – baština je izgrađeno i neizgrađeno		povijesni vrt (historic garden) – odnosi se na male vrtove, velike parkove, formalnog oblikovanja ili nalik prirodi (applicable to small gardens and to large parks, whether formal or “landscape”)	povijesni lokalitet (historic site) – krajobraz memorijalnog karaktera povezan s povijesnim događajem, legendama, bitkama, slavni motiv u slikarstvu
<b>Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara RH</b>			
NEMATERIJALNA KULTURNA BAŠTINA			
MATERIJALNA KULTURNA BAŠTINA			
pokretna kulturna baština		nepokretna kulturna baština – grad, selo, naselje ili njegov dio; građevina ili njezini dijelovi, te građevina s okolišem; elementi povijesne opreme naselja; područje, mjesto, spomenik i obilježje u svezi s povijesnim događajima i osobama; arheološko nalazište i arheološka zona, uključujući i podvodna nalazišta i zone; područje i mjesto s etnološkim i topnimskim sadržajima; krajolik ili njegov dio koji sadrži povijesno karakteristične strukture, koje svjedoče o čovjekovoj nazočnosti u prostoru; vrtovi, perivoji i parkovi; tehnički objekt s uređajima i drugi slični objekti	

### 3 Metodologija zaštite, očuvanja i obnove baštine

Prolaznost vremena, prirodne sile i (ne)djelovanje čovjeka nerijetko dovode do oštećenja, propadanja i uništenja baštine, čija su zaštita i očuvanje obveza na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini ali i interes međunarodne zajednice, koji posebno dolazi do izražaja u obnovi većih razmjera i značaja za koju lokalne sredine, a često i država, samostalno nemaju dostatne ekonomski, stručne i tehničke resurse, nego koriste različite raspoložive oblike nadnacionalnog financiranja i suradnje. Za zaštitu i očuvanje kulturnih dobara su odgovorni tijela državne i lokalne uprave i samouprave u području kulture, prostornog planiranja i uređenja prostora, zaštite okoliša, graditeljstva, stambenog i komunalnog gospodarstva, turizma, financija, unutarnjih poslova i pravosuđa. O zaštiti i očuvanju kulturnih dobara su dužni skrbiti svi građani [1]. Dužnost očuvanja baštine kao tvorbenog elementa identiteta, svjedoka minulih i vrijednosti sadašnjeg vremena te kao ostavštine za buduće generacije, utemeljena je i u osnovnim prepostavkama održivog razvoja. Između ostalog, svrha zaštite kulturnih dobara je očuvanje njihove vrijednosti (svojstva, oblik, značenje, izgled) za buduće naraštaje, stvaranje uvjeta i mjera za korištenje opstanak i održavanje služeći potrebama pojedinca i općem interesu [1]. Pitanja u svezi sa zaštitom i očuvanjem pokretnih i nepokretnih kulturnih dobara te provedba relevantnih akata Europske unije uređeni su u Republici Hrvatskoj Strategijom očuvanja, zaštite i održivog gospodarskog korištenja kulturne baštine Republike Hrvatske i Zakonom o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara [1, 2, 8, 9].

Graditeljska kulturna baština je, zbog svoje materijalne strukture, osobito ranjiva i sklona propadanju, pri čemu najizraženiji degradacijski učinak ima negativan antropogeni utjecaj kroz ratna razaranja, neprimjerene građevinske zahvate, napuštanje, nebrigu i neodržavanje (slika 2.). Degradacijsko djelovanje čovjeka potaknuto je nedovoljnom svijesti o vrijednosti baštine (iz čega proizlazi nepoštivanje zakonskih propisa i neuvažavanje konzervatorskih uvjeta), neriješenim imovinsko-pravnim pitanjima i nedostatnim financijskim sredstvima. U Republici Hrvatskoj su mnoge kulturno-povijesne cjeline i pojedinačna kulturna dobra ugroženi [10, 11] što pitanje primjerene zaštite, očuvanja i obnove graditeljske kulturne baštine čini aktualnim i vrijednim transdisciplinarne znanstvene i stručne rasprave.



Slika 2. Tvrđava Stara Gradiška, časnicički paviljon – uslijed ratnih razaranja i zapuštanja (Perković, Ž., 2019.)

### 3.1 Zaštita i očuvanje graditeljske baštine

Zaštita i očuvanje baštine Republike Hrvatske se provodi kroz nacionalno zakonodavstvo koje predviđa registraciju zaštićenih kulturnih dobara i preventivnu zaštitu.

Preventivna zaštita se uspostavlja privremenim rješenjem o preventivnoj zaštiti za dobra za koja se predviđa da imaju svojstvo kulturnog dobra, najduže na rok do četiri godine u neprekinutom trajanju (šest godina za arheološka nalazišta), u kojem je potrebno donijeti rješenje kojim se utvrđuje svojstvo kulturnog dobra. Protekom četverogodišnjeg (šestogodišnjeg) roka rješenje o preventivnoj zaštiti prestaje vrijediti.

Svojstvo kulturnog dobra na temelju stručnog vrednovanja utvrđuje Ministarstvo kulture rješenjem na temelju čega se utvrđuju granice kulturnog dobra, određuje sustav mjera zaštite i provodi upis u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske, Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske je javna knjiga koju vodi Ministarstvo kulture [1], Listu zaštićenih kulturnih dobara i/ili Listu kulturnih dobara od nacionalnog značenja. Kulturna dobra za koja se utvrdi da su od najvećeg nacionalnog značenja za Republiku Hrvatsku upisuju se u posebni dio Registra, Listu kulturnih dobara nacionalnog značenja [1]. U sustavu zaštite graditeljske kulturne baštine, razlikuju se mjere zaštite pojedinačno zaštićene građevine od zaštite kulturno-povijesne cjeline odnosno krajolika [1]. Mjere zaštite i očuvanja kulturnih dobara Republike Hrvatske prikazane su tablicom 2.

**Tablica 2. Mjere zaštite i očuvanja kulturnih dobara RH (prema čl. 44 do čl. 76. Zakona, priredile autorice)**

	Mjera	Opis	
1.	Istraživanje kulturnih dobara	radi stvaranja uvjeta za zaštitu i očuvanje - arheološka iskapanja i istraživanja, konzervatorska, geomehanička i sl. istraživanja	
2.	Dokumentiranje i praćenje stanja kulturnih dobara	izrađuje se dokumentacija definirane razine i standarda za pojedine vrste kulturnih dobara	
3.	Označavanje kulturnog dobra		
4.	Utvrđivanje sustava mjera zaštite za kulturno dobro prema Zakonu i Pravilnicima (čl. 55. do čl. 65.)		
4.1	U prostornom planiranju i uređenju	izrada konzervatorske podloge i/ili utvrđivanje sustava mjera zaštite za područje obuhvata prostornog plana	sastavni dio dokumenata prostornog uređenja
4.2	U gradnji	utvrđivanje posebnih uvjeta zaštite kulturnog dobra, prema potrebi izrada konzervatorskog elaborata, potvrda glavnog projekta	za lokacijsku ili građevinsku dozvolu i za građenje jednostavnih i drugih građevina i radove za koje, prema propisu kojim se uređuje gradnja, nije potrebno ishoditi građevinsku dozvolu
		prethodno odobrenje za radove na kulturnom dobru	za radnje bez obaveze izrade glavnog projekta, npr. za jednostavne građevine i radove za koje, prema propisu kojim se uređuje gradnja, nije potrebno ishoditi građevinsku dozvolu, za konzerviranje, restauriranje, premještanje, sanaciju i adaptaciju
		prethodno odobrenje za obavljanje djelatnosti u nepokretnom kulturnom dobru	za sve gospodarske djelatnosti u prostoru unutar nepokretnog kulturnog dobra ili zaštićene kulturno-povijesne cjeline
		odobrenje za izradu replike kulturnog dobra	

### 3.2 Obrada graditeljske baštine

Značenje i obuhvat pojma obrade graditeljske baštine različito su shvaćani i kroz vrijeme su se mijenjali zajedno s različitim shvaćanjem samog pojma i uloge baštine (tablica 3). U ranijim fazama, obrada baštine je bila usmjerena prema fizičkom očuvanju zatečenih struktura, istraživanju i dokumentiranju. Nešto kasnije, obrada baštine počinje uključivati kvalitativnu i funkcionalnu komponentu i metodologiju strateškog planiranja, kroz praćenje stanja (monitoring), usmjeravanje održavanja (upravljanja), izbor odgovarajuće namjene i planiranje razvoja. U novije doba, obrada baštine je usmjerena prema održivosti, inkluzivnosti i čuvanju za buduće generacije.

**Tablica 3. Značenje i obuhvat pojma obrade graditeljske baštine (priredile autorice)**

Godina	Dokument	Opisane metode obrade graditeljske baštine
1964.	ICOMOS Venecijanska povelja <sup>1</sup>	očuvanje i restauracija uz poštivanje lokalnih specifičnosti i povjesne slojevitosti
1972.	UNESCO Konvencija	identifikacija, zaštita, konzervacija, prezentacija i prenošenje budućim naraštajima ( <i>identification, protection, conservation, presentation and transmission to future generations</i> )
1981.	ICOMOS-IFLA Firentinska povelja <sup>2</sup>	identifikacija, evidencija, održavanje, konzervacija, restauracija i rekonstrukcija ( <i>identification, listing, maintenance, conservation, restoration, reconstruction</i> )
1985.	Marasović, T., 1983. i 1985.	konzervacija, restauracija, rekonstrukcija, rekompozicija, replika, nove strukture s povjesnim reminiscencijama, revitalizacija
2017.	ICOMOS -IFLA 2017	istraživanje, upravljanje i konzervacija ( <i>research, management, conservation</i> ) pristupačno i osobama s poteškoćama u kretanju bez narušavanja izvornih vrijednosti ( <i>universally accessible without adversely impacting their heritage values</i> )
2020.	Zakon RH (čl. 77. do čl. 101.) <sup>3</sup>	istraživanje, dokumentiranje i praćenje stanja, označavanje, utvrđivanje mjera, uvjeta i odobrenja, restauracija, konzervacija, održavanje, obrada

<sup>1</sup> It is essential that the principles guiding the preservation and restoration of ancient buildings should be agreed and be laid down on an international basis, with each country being responsible for applying the plan within the framework of its own culture and traditions. [4]

<sup>2</sup> The preservation of historic gardens depends on their identification and listing. They require several kinds of action, namely maintenance, conservation and restoration. In certain cases, reconstruction may be recommended. The authenticity of a historic garden depends as much on the design and scale of its various parts as on its decorative features and on the choice of plant or inorganic materials adopted for each of its parts. [4]

<sup>3</sup> Osim upravnih, stručnih i inspekcijskih poslova (Ministarstvo) te ustanova u kulturi, poslove na očuvanju kulturnih dobara mogu obavljati i pravne i fizičke osobe u skladu sa Zakonom (čl. 77. Zakona). Poslove restauriranja, konzerviranja i obrade kulturnih dobara obavljaju Hrvatski restauratorski zavod i druge javne ustanove koje udovoljavaju uvjetima (čl. 94. Zakona) te specijalizirane pravne i fizičke osobe poslove istraživanja, restauriranja, konzerviranja, održavanja i obrade [1]

Kao rezultat znanstvenog i stručnog napretka, pojam obnove graditeljske baštine je od posljednjih desetljeća XX. stoljeća vrlo razgranat i podrazumijeva modele fizičke obnove: konzervaciju, restauraciju, rekonstrukciju (slika 3.), rekompoziciju, repliku i izvođenje novih struktura s povijesnim reminiscencijama te revitalizaciju kao model funkcionalne obnove graditeljske baštine.

Od početka XXI. stoljeća, od kada se veće značenje pridaje funkciji baštine, revitalizacija se počinje metodološki razvijati, a najčešći modeli su: konzervatorski, urbanistički, aktivacijski, ekonomski, umreženi ili linearni i model suvremenih zahvata u baštini [1, 2, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 14]. Kako se metodologija obnove širi, tako se širi i krug znanstvenih i stručnih disciplina koje sudjeluju u obnovi graditeljske baštine, pa ovo područje više nije sektorsko, nego multidisciplinarno a nerijetko i transdisciplinarno. Pregled suvremenih modela fizičke i funkcionalne obnove graditeljske baštine dan je tablicom 4.

**Tablica 4. Modeli obnove graditeljske baštine (priredile autorice)**

Modeli obnove		
Fizička obnova		Funkcionalna obnova
Konzervacija	revitalizacija	<i>Modeli revitalizacije</i>
Restauracija		Konzervatorski
Rekonstrukcija		Urbanistički
Rekompozicija		aktivacijski
Replika		ekonomski
Izvođenje novih struktura s povijesnim reminiscencijama		umreženi ili linearni
		model suvremenih zahvata u baštini



**Slika 3. Tvrđava Brod, obnova bastiona i opkopa metodom rekonstrukcije, 1998. (arhiv KO u Slav. Brodu)**

### 3.3 Analiza i procjena graditeljske baštine

Zbog višestrukog, složenog i raznovrsnog karaktera i značenja graditeljske baštine, ovisno o različitim ciljevima analize i procjene, primjenjuju se različite metode usmjerene na upoznavanje i definiranje fizičkih obilježja graditeljske baštine te njezine društvene, ekonomski, ekološke ili uporabne vrijednosti. Kvaliteta i razina zaštite, očuvanja i obnove graditeljske baštine zasnivaju se na izboru primjerenih metoda analize i procjene.

U prostorima s prisutnošću graditeljske kulturne baštine, analize najčešće obuhvaćaju funkcionalna i fizička (geomorfološka, biološka, graditeljska i krajobrazna) obilježja te analize povijesno-morfoloških promjena prostornih karakteristika. Procjena graditeljske baštine se provodi metodama procjene novčano izraženih vrijednosti, nenovčano izraženih vrijednosti i procjenom društvene vrijednosti u prostornom planiranju i sudjelovanju javnosti [9, 10, 15].

## 4 Materijal i metode

Predmet istraživanja je obnova baroknih tvrđava Brod i Stara Gradiška, predstavljena kroz analizu dosadašnjih izazova i projekciju izazova koji se mogu očekivati u budućem razdoblju obnove. U studijsko-analitičkom radu su primjenjeni desk metoda istraživanja, terensko istraživanje, računalne prostorne analize, procjena ograničavajućih učinaka izazova u obnovi, procjena nenovčano izraženih kvaliteta baštine i SWOT analiza.

**Desk metoda istraživanja** primarnih i sekundarnih izvora podrazumijeva je prikupljanje, sistematizaciju i proučavanje relevantnih istraživanja, publikacija, studija, projekata, zakonskih i podzakonskih akata, prostornoplanske dokumentacije te kartografsku i fotodokumentaciju. Cilj ove metode je bio razjasniti poimanje baštine, graditeljske baštine i fortifikacijske arhitekture u tom kontekstu; dati pregled metodologije zaštite, očuvanja i obnove baštine; opisati izvornu morfološku i funkcionalnu osnovu tvrđava Brod i Stara Gradiška, genezu, dosadašnji tijek obnove i sadašnje stanje tih fortifikacijskih cjelina. Terensko istraživanje i računalne prostorne analize su provedeni istovremeno s desk metodom istraživanja.

**Terensko istraživanje** je provedeno u dva terenska obilaska u siječnju 2020. godine. Prvi put početkom rada, kako bi se prikupili inicijalni podaci o prostoru istraživanja, i drugi put pred kraj istraživanja, kako bi se utvrdile spoznaje i provjerili rezultati.

**Računalnim prostornim analizama** izrađene su tematske kartografske podloge s podacima o sadašnjem stanju predmetnog prostora (veličine, površinski pokrov) i usporedbom sadašnje granice kulturnog dobra s izvornom povijesnom granicom fortifikacijskih cjelina. Izrađene su karte obnove s prikazom zastupljenosti različitih primjenjenih/planiranih metoda fizičke i funkcionalne obnove. Računalne prostorne analize su izrađene u računalnom programu AutoCAD2018®, korištenjem georeferenciranih arhivskih kartografskih podloga, ortofoto snimaka i katastarskih planova.

**Procjena izazova dosadašnje obnove** tvrđava Brod i Stara Gradiška provedena je vrednovanjem ograničavajućeg učinka pojedinih izazova. Lista izazova dosadašnje obnove je proizašla iz proučavanja dokumentacije.

**Procjena sadašnjeg stanja tvrđava Brod i Stara Gradiška** provedena je metodologijom procjene nenovčano izraženih vrijednosti baštine višekriterijskim vrednovanjem njihovih fizičkih i funkcionalnih kvaliteta i kriterija održivosti te SWOT analizom. Kriteriji vrednovanja su proizašli iz terenskih opažaja, prostornih analiza i istraživanja dokumentacije.

Barokne tvrđave Brod i Stara Gradiška se nalaze u Brodsko-posavskoj županiji, u istoimenim naseljima (Slavonski Brod i Stara Gradiška), neposredno uz rijeku Savu. Međusobno su udaljene oko 75 km. Prostorni obuhvat obiju cijelina je podjednak i iznosi oko 30 ha (Tvrđava Brod 29,18 ha, Tvrđava Stara Gradiška 33,43 ha).

## 5 Barokna fortifikacijska arhitektura Brodsko-posavske županije

### 5.1 Povijesni kontekst barokne fortifikacijske arhitekture Brodsko-posavske županije

U XVIII. stoljeću je vojni strateg princ Eugen Savojski koncipirao sustav obrane Habsburške Monarhije, koji je duž granice s Osmanskim Carstvom od Gradiške do Zemuna, na važnim prometnim i strateškim mjestima koji kontroliraju prijelaz preko Save na granici trgovačkih puteva između dva carstva, podrazumijevao, uz stražarnice-čardake, podizanje velikih obrambenih objekata. Na prostoru Brodsko-posavske županije se nalaze dvije od pet najznačajnijih slavonsko-srijemskih tvrđava iz toga doba - tvrđave Brod i Stara Gradiška. U slavonsko-srijemskom području su iz tog doba najznačajnija uporišta obrane jugoistočne granice Monarhije bile tvrđave u Petrovaradinu, Osijeku, Rači, Brodu i Gradiški, [17].

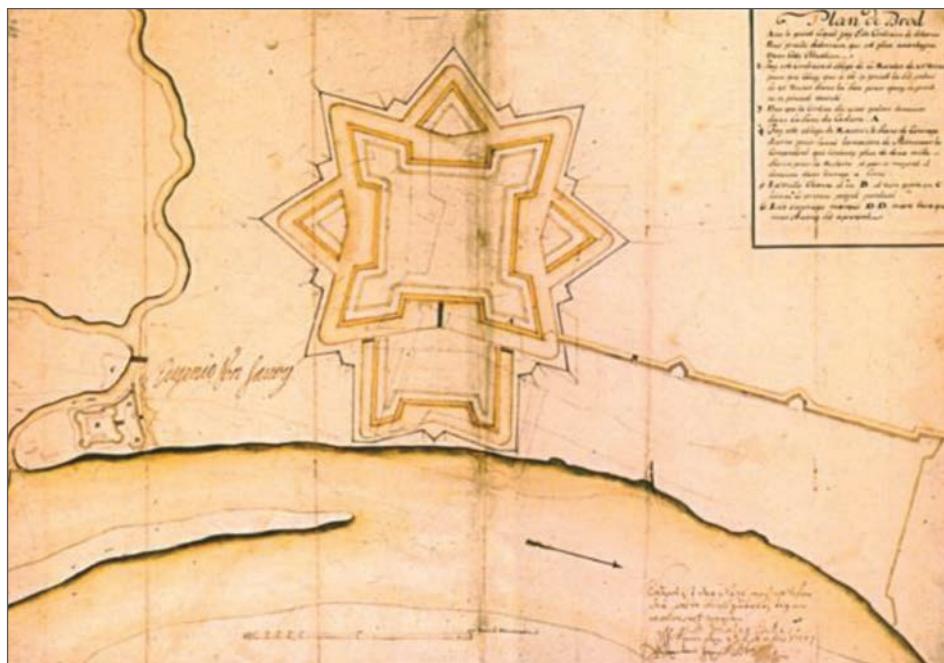
Obje tvrđave su primjeri baroknog vojnog graditeljstva XVIII. stoljeća i spomenici europske fortifikacijske arhitekture, građene prema načelima Sebastiana Vaubana, vodećeg europskog stručnjaka za fortifikacije s prijelaza XVII. na XVIII. stoljeće, po čijoj koncepciji su u to doba podizane slične utvrde diljem Europe, ponajviše u Francuskoj, Nizozemskoj, Njemačkoj, Austriji i Italiji (slika 4.). Izgrađene su na mjestu manjih srednjovjekovnih utvrda, na niskom močvarno-podvodnom zemljишtu iz niza obrambenih nasipa i jaraka koji su im dali prepoznatljivu geometrijsku razvedenost i zvjezdoliki tlocrtni oblik [16, 17].



Slika 4. Citadelle de Vauban à Gravelines, Francuska (<https://opale-gites.com/portfolio-archive/citadelle-de-vauban-a-gravelines/?lang=en#>)

## 5.2 Izvorna morfološka i funkcionalna osnova Tvrđave Brod (*Festung Brod, 1715. – 1780.*)

Grad Brod (danас Slavonski Brod) se od Karlovačkog mirа 1699. godine do Berlinskog konгреса 1878. godine nalazio na granici Habsburške Monarhije i Osmanskog Carstva. Od 1702. godine, kada postaje dio habsburške Vojne krajine, Brod je imao temeljnu zadaću čuvati i obraniti Monarhiju od prodora osmanlijske vojske, čemu je trebala pridonijeti izgradnja nove monumentalne carske i kraljevske tvrđave za smještaj 4000 vojnika. Gradnja tvrđave započela je u ljetо 1715. godine, između civilnog naselja i starije srednjovjekovne tvrđave Vukovac koja je do tada čuvala granični prijelaz (slika 5.).

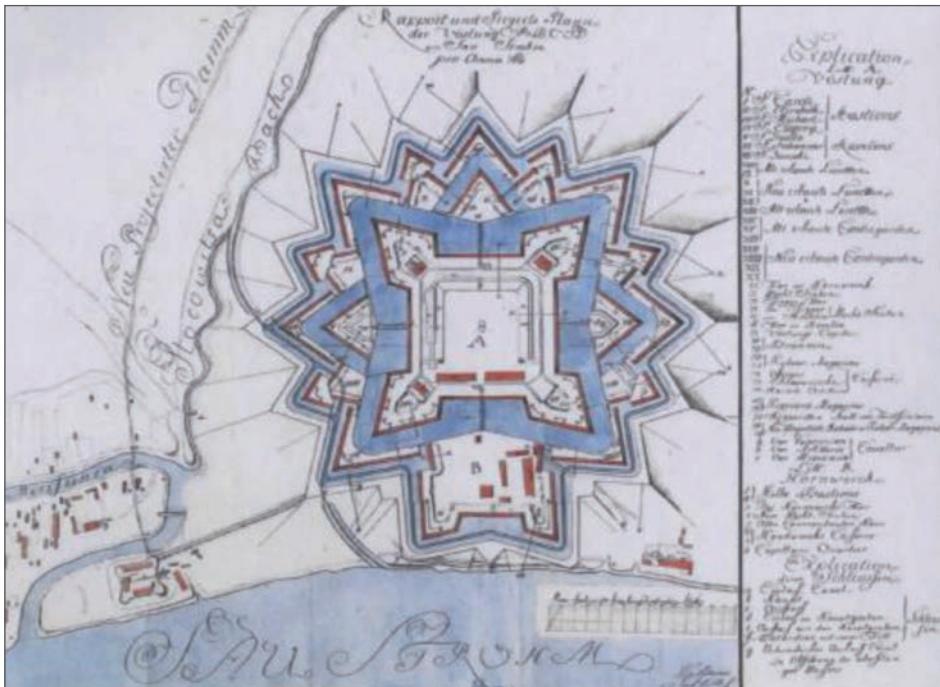


Slika 5. Plan tvrđave Brod iz 1715. (arhiv Konzervatorskog odjela u Slavonskom Brodu)

Projektnu jezgru novog utvrđenja, kvadratne osnove prema prostornoj matrici renesansnog Broda, izradili su inženjeri Wilier i Perette. Glavni provedbeni projekt tvrđave je izradio inženjer Anton Joseph Oetta, a odobrio ga je princ Eugen Savojski. Do 1718. godine su izvedeni radovi trasiranja terena, kopanje temelja, djelomično podizanje zemljanih bedema i gradnja objekata za smještaj vojne opreme i vojske, koja je uselila u tvrđavu 1720. godine. Prepoznatljivu zvezdoliku tlocrtну formu sustava obrambenih grabišta tvrđavi je dao arhitekt Nicolas Doxat de Demoret, najznačajniji graditelj utvrđenja duž austrijske granice, koji je u Brodu boravio 1726. godine. Važnu ulogu u izgradnji je imao i njezin prvi zapovjednik Maksimilijan Petraš. Gradnja tvrđave se odvijala u nekoliko faza do 1780. godine.

Tvrđava Brod je imala tri obrambena pojasa – unutarnji, vanjski i južni, a prostirala se na oko 60 hektara s bedemima duljine oko 2150 metara. Izgrađena je zemljanim naboјima i opekom baroknih dimenzija te manjim dijelom od drva (hrastovina) i kamaна (bihacit i šikloški kamen). **Unutarnji obrambeni pojas** je formiran iz četiri bastiona (sv. Karla, sv. Elizabete, sv. Mihovila i sv. Eugena) građena od zemljanog naboja i s vanjske strane ozidana opekom, povezana bedemima-kurtinama sa 61 kazamatom (bačvasto svodena prostorija) i zemljanim naboјem s gornje strane. U središnjem dijelu ove zone su Oružni trg, oktogonalna kapela sv. Ane, Slavonska i Stožerna vojarna i najreprezentativniji dio Tvrđave, kavalir, ciglom zidana dvoetažna građevina u obliku potkove sa 108 kazamata. U sredini južne i sjeverne kurtine su dva glavna tvrđavska prolaza (vrata) i slavoluci pobjede posvećeni caru Karlu VI i Eugenu Savojskom. Kroz Osječka vrata je, preko glavnog grabišta i glasije, put prema cesti za Staru Gradišku, a kroz Vodenu vrata je put prema **južnom obrambenom pojasu**, koji je usmjeren prema rijeci Savi i čine ga dva polubastiona povezana bedemima te utvrđenim ojačanjem u obliku roga (*Hornwerk*). Unutar zone južnog obrambenog pojasa su izgrađeni stan zapovednika tvrđave, kapelanov stan, časnički paviljon, stan lječnika i tvrđavskog inženjera, ljetna kuhinja, mesnica, drvarnica i stražarnice. **Vanjski obrambeni pojas** su činila tri revelina (sv. Guido, sv. Ivan i sv. Josip) i naizmjenično postavljene kontragarde, linete, kurtine i bastioni. Perivojne i vrtne površine Tvrđave su uređene po konцепцијi bojnika Schultza, potpukovnika Erbensteina i satnika Castellija. Satnik Josip Fohmann je zaslужan za uređenje perivoja na proširenoj glasiji, u zoni *Hornwerka* ispred časničkog paviljona i u središnjem dijelu tvrđave. Uz prilazne ceste bili su formiranidrvoredi.

Tvrđavu su štitila **dva pojasa obrambenih grabišta** – unutarnje oko bastiona, glavnih bedema i revelina, te vanjsko koje je pratilo kontragarde, linete i *Hornwerk*. Voda se u kanale dovodila pomoću ustava iz potoka Glogovica, koji je u XVIII. stoljeću tekao zapadno od tvrđave, a sustavom ispusta se odvodila u Savu. Za obranu grabišta je izgrađeno 6 kaponira i 12 polukaponira – zemljanih utvrđenja leptirastog oblika, međusobno povezanih hodnicima i mostovima. Vanjsko grabište je pratio put za neprimjetno kretanje vojnika i 11 manjih mostova. Tvrđava je završavala glasijom – blagim zemljanim nasipom ispred vanjskog grabišta, koji je prikrivao tvrđavu i omogućavao bolju zaštitu obrani [18-22]. Izvorna morfologija Tvrđave Brod na njezinom vrhuncu prikazana je slikom 6.



Slika 6. Plan Tvrđave Brod iz 1767. (arhiv Konzervatorskog odjela u Slavonskom Brodu)

### 5.3 Suvremeni kontekst Tvrđave Brod

Važna pogranična funkcija Tvrđave Brod se ukida 1860. godine, od kada njezin vojni značaj slabi, ali ju sve do 1990-ih godina i dalje koristi vojska, što uzrokuje zapuštanje i degradaciju prenamjenom, rušenjem i neprimjerenim dogradnjama unutar fortifikacijske cjeline. Snažna urbanizacija grada Broda, koja je započela 1873. godine, također je imala degradacijski učinak na Tvrđavu Brod, ponajviše u vidu razgradnje i odnošenja građevnog materijala iz Tvrđave te zauzimanjem slobodnog tvrđavskog esplanadnog prostora. Značajan degradacijski učinak na Tvrđavu su imali i ratovi kroz XX. stoljeće, posebno bombardiranja u Drugom svjetskom ratu i devedesetih godina u Domovinskom ratu te poplava 1932. godine, potres 1964. godine i izgradnja infrastrukture 1970-ih godina. Danas je Tvrđava Brod smještena u središtu grada Slavonskog Broda i integralni je dio urbanog tkiva (slika 7.), a usprkos višestoljetnoj izloženosti različitim degradacijskim čimbenicima, barokna fortifikacijska cjelina je do današnjih dana očuvana u gotovo izvornom obuhvatu i izgledu, s dobro očuvanim konstrukcijskim elementima i dijelom izvorne tvrđavske glasije koja je do danas sačuvana u formi ali i nazivu obližnjeg gradskog parka Klasiča [10, 16].



Slika 7. Panorama tvrđave Brod i grada, 2019. godine (arhiv Konzervatorskog odjela u Slavonskom Brodu)



Slika 8. Vizija obnove Tvrđave Brod arhitektice Branke Kaminski (<http://www.splavari.com.hr/1980-2000%20god-splavi/plakat%20festung2.jpg>)

Tvrđava Brod je od 1959. godine registrirano kulturno dobro (Z-1294) i od 2007. godine kulturno dobro od nacionalnog značenja (N-42) [23]. Vlasnik Tvrđave Brod je od 1994. godine Grad Slavonski Brod, koji od 1995. godine do danas provodi njezinu obnovu koja je posljednjih dvadesetak godina financirana najvećim dijelom proračunskim sredstvima Grada, te manjim dijelom sredstvima Ministarstva kulture Republike Hrvatske. U novije vrijeme se obnova djelomice financira sredstvima iz fondova Europske unije.

Zbog očuvanih izvornih struktura neopterećenih novim konstrukcijama i zahvatima zadiranja u povijesnu strukturu i gotovo posve netaknutog prostornog obuhvata, za Tvrđavu Brod je, prema preporuci prof. Radovana Ivančevića, prihvaćena koncepcija integralne obnove [18, 20-24]. Integralno planiranje i upravljanje osim očuvanja vrijednosti naslijeda krajolika ujedno uključuje i ostale gospodarske ciljeve razvoja. Ono povezuje i ostala pitanja koja su od temeljne važnosti za budućnost kulturnih krajolika, kao što su: održivost, kvaliteta života stanovnika, identitet mjesta, socijalna ravnoteža i uključivost, kulturno stvaralaštvo, tehnološke inovacije i gospodarske prilike, [24]. Vizija obnovljene Tvrđave (slika 8.) u poznatom crtežu Brođanke Branke Kaminske, dipl.ing.arch. bila je poticaj za početak obnove. U posljednjih 25 godina su provedeni pripremni radovi razminiranja i čišćenja terena, istražni geomehanički, arheološki i konzervatorski radovi te obnova opkopa i bastiona (slike 3. i 7.) i pojedinačno očuvanih zgrada. Dio zgrada je još uvijek u ruševnom stanju.

Fortifikacijskoj cjelini je obnovom opkopa i bastiona u razdoblju od 1996. do 1998. rekonstrukcijom gotovo u potpunosti vraćen izvorni prostorni obuhvat i povijesna forma (slike 3. i 7.). Oчиšćena su i otkopana grabišta oko ranije srušenih bastiona, kurtina i *Hornwerka*, obnovljeni su bastioni sv. Mihovila i sv. Eugena. Manji dio kompleksa nije moguće obnoviti zbog prostornih ograničenja recentnom gradogradnjom s istočne strane i graničnim prijelazom sa zapadne strane Tvrđave.

Prva obnovljena zgrada je zgrada Slavonske vojarne koja je 1998. godine metodom restauracije te prirodnim materijalima i tradicionalnim tehnikama gradnje po principu "zdrave škole" obnovljena za današnju Klasičnu gimnaziju. Zatim je 2000. godine metodom rekonstrukcije (povijesni zemljani grudobran, unutrašnjost kazamata) i djelomične restauracije (izvorni elementi pročelja), uz primjenu suvremenih tehnika i rješenja u smislu unaprjeđenja pojedinih tehničkih detalja (dijelovi konstrukcije, pristupna rampa, hidroizolacija, toplinska izolacija, krovni kanal, stolarija, upotreba betona i armiranog betona i sl.) uz minimalne promjene povijesne strukture obnovljen zapadni dio zgrade kavalira u kojem je od 2004. godine smještena Galerija Ružić-umjetnička zbirka donacije slikara i kipara Branka Ružića (rodom Brođanina) i njegovih suvremenika i prijatelja (slika 9.).

Metodom restauracije su obnovljeni Časnički paviljon (2004. godine), prenamijenjen za zgradu gradske uprave (slika 10.) i zgrada zapovjednika tvrđave (2005. godine), prenamijenjena za glazbenu školu. Rekonstruiran je Kapelanov stan (2007. godine) i prenamijenjen za turističko-ugostiteljsku namjenu. Obnova zapadne kurtine je provedena metodama restauracije (dio pročelja i unutrašnjosti), konzervacije (dio unutrašnjosti kazamata i očuvane konstrukcije bačastih svodova) i rekonstrukcije (2008. – 2013. godine), uz prenamjenu za turističko-edukativne sadržaje (postav povijesti tambure i kazamat za program oživljene povijesti – kovačnica, ljekarna, tvrđavski zatvor, kuhinja). Drveni most kod Vodenih vrata (slika 11.) obnovljen je metodama djelomične konzervacije, rekompozicije (stupište mosta) i rekonstrukcije (2011. godine). U središtu Oružnog trga je, na očuvanim temeljima (slika



Slika 9. Tvrđava Brod, zapadni dio kavalira - sanacija ziđa pročelja, 2000. god. (arhiv KO u Slav. Brodu)



Slika 10. Tvrđava Brod, Časnički paviljon danas (arhiv Konzervatorskog odjela u Slavonskom Brodu)

12.), metodom replike obnovljena kapela sv. Ane (2010. godine). U tijeku je obnova dijela kavalira kombiniranim metodama obnove za planiranu prenamjenu u Kuću tambure. Funkcionalna obnova Tvrđave Brod se metodom revitalizacije (uključivanjem tvrđave u život grada), prateći fizičku obnovu, provodi od 1995. godine do danas [10, 12, 13, 16, 25].



Slika 11. Tvrđava Brod, most kod Vodenih vrata nakon arheoloških istražnih radova (arhiv KO u Slav. Brodu)



Slika 12. Tvrđava Brod, Kapela sv. Ane na Oružnom trgu, arheološki istražni radovi (arhiv KO u Slav. Brodu)

#### 5.4 Izvorna morfološka i funkcionalna osnova Tvrđave Stara Gradiška (*Vodum Gradysche, Festung Alt Gradicca, Festung Gradisca, 1715. – 1785.*)

Tvrđava Stara Gradiška je izgrađena u XVIII. stoljeću na mjestu srednjovjekovnog kaštela imena *Festung Alt Gradisca*, na strateškom položaju kao dio sustava utvrda na granicama civilizacija toga doba. Građena je prema Vaubanovom sustavu utvrda, a prepoznatljiv zvjezdoliki tlocrtni oblik bio je formiran iz sedam bastiona i jedanaest zemljanih bedema s grabištima ispunjenim vodom (slika 13.). Za razliku od brodske Tvrđave koja je imala isključivo vojnu funkciju, Tvrđava Stara Gradiška je unutar svojih granica izvorno obuhvaćala i civilno naselje i franjevački samostan [26, 27].

Gradnja fortifikacijskog naselja je započela 1715. godine i odvijala se u nekoliko etapa. Naselje se postupno razvija do 1762. godine, kada dolazi do radikalne modernizacije Tvrđave. Novi kazamatski sustav i pojačani bedemi, osobito prema Savi, uz zadržani vanjski opseg, jarke i glasije su zahvatili veći dio naselja u Tvrđavi, čime se značajno mijenja i struktura naselja. Smanjene su zone stanovanja civilnog stanovništva, koje se do 1785. potpuno ise-

Ijava i Tvrđava ostaje samo vojne namjene. Pragmatično arhitektonsko rješenje s polovice XVIII. st. preoblikovalo je fortifikacijsko naselje naglašavajući red i pravilnost. Prostor unutar tvrđavskog trapeza je podijeljen u pravilnu uličnu mrežu koju su tvorile tri vodoravne i pet okomitih ulica u odnosu na rijeku Savu. Unutar rastera ulica je bilo pravokutno naselje sa 17 blokova. Odstupanja od pravilnosti blokova u naselju su uvjetovana jedino bedemima (kurtinama). Ispuštanjem jednog kvadratnog bloka ispred starog kaštela koji je još postojao omogućeno je oblikovanje asimetričnog centralnog trga. Na sjevernoj fronti nasuprot starem kaštelu izgrađena su u osi tvrđave nova ulazna vrata (Osječka). Glavna os je naglašena širokom ulicom koja je spajala ulazna vrata, centralni trg i kaštel.



Slika 13. Plan Tvrđave Stara Gradiška iz 1790. (arhiv Konzervatorskog odjela u Slavonskom Brodu)

Tvrđava Stara Gradiška je, od kada su u nju 1799. godine dovedeni francuski vojni zarobljenici, kroz gotovo dva stoljeća bila zatvor. Do kraja XIX. stoljeća bila je austrougarski zatvor, nakon 1918. godine politički zatvor, u razdoblju između 1941. i 1945. logor, nakon Hrvatskog proljeća 1971. godine kazneno-popravni dom za intelektualce, a 1991. zarobljenički logor kojim je upravljao banjalučki korpus Jugoslavenske armije. Višestoljetna zatvorska funkcija je, praćena prenamjenom, dogradnjama, zatrpanjem opkopa i rušenjem povijesnih struktura, uzrokovala značajne degradacije i gotovo potpunu destrukciju izvorne povijesne morfološke cjeline, koja danas nije čitljiva. Očuvane su tri pojedinačne barokne zgrade: kavalir-kula, dio sjeverne kurtine s gradskim vratima i časnički paviljon (vojarna) te historicistička zgrada bolnice [10, 16, 26, 27].

U sjevernom dijelu fortifikacijske cjeline je izgrađena **sjeverna kurtina** (slika 14.) - fortifikacijska građevina longitudinalne tlocrtne dispozicije koja je spajala II. i III. bastion. Izgrađena

je opekom baroknih dimenzija, s krovištem u vidu zemljjanog nasipa i prostorijama (kazamata) presvođenim bačvastim svodovima. U središnjoj osi je građevinu razdvajao reprezentativno ukrašen kolni prolaz urešen bogatom arhitektonskom plastikom u duhu baroknog klasicizma. U drugoj graditeljskoj fazi (prva polovina XIX. st.) uz južno je pročelje izgrađen ornamentirani barokno-klasicistički arkadni trijem i dograđeno je barokno-klasicističko višoko krovište pokriveno biber-crijepom.



Slika 14. Tvrđava Stara Gradiška, sjeverna kurtina, južno pročelje 2019. godine (Perković, Ž.)

U jugoistočnom dijelu Tvrđave je, u začelju troroga bastiona sv. Leopolda i sv. Ferdinande, prateći tlocrtnom dispozicijom položaj vanjskih obrambenih bedema, izgrađena monumentalna katna longitudinalna građevina – **kavalir** (slika 15.).



Slika 15. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir – sjeverno pročelje 2010. godine (fotografija Perković, D.)

Izgrađen je u cijelosti opekama baroknih dimenzija s 12 bačvasto svođenih prostorija (kazamata) u prizemnom dijelu. Kada je Tvrđava pretvorena u kaznionicu, oko kavalira je podignuta zidana ograda s historicistički oblikovanom plastikom, koja je sa sjeverne strane u središnjoj osi imala zidani portal historicističkog oblikovanja s klasicistički oblikovanim timpanonom koji uokviruje bogato profilirani rubni vijenac. Vertikalni akcent građevine kavalira bio je arhitektonski sklop kasnije dograđenog vodotornja (slika 16.). Gornji dio vodotornja imao je oktogonalnu osnovu s obodnim ziđem od opeke koji je bio ojačan vidljivom kanatnom konstrukcijom. Arhitektonski sklop vodotornja imao je krovnu konstrukciju u obliku plitkog stošca pokrivenu biber-crijepom. Kada je Tvrđava pretvorena u kaznionicu, vodotoranj je služio kao promatračnica. Volumen krovišta je bio identičan fortifikacijskim kompleksima građenim tijekom XVIII. stoljeća. Iznad svodnih konstrukcija građevina je bila utvrđena skošenim zemljanim nasipom od nabijene zemlje, grudobranom u visini otprilike 2-2,8 m.



Slika 16. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir – portal i vodotoranj (arhiv Konzervatorskog odjela u Slav. Brodu)

U sjeverozapadnom dijelu fortifikacijske cjeline je opekom izgrađena katna zgrada **časničkog paviljona (vojarna)** s visokim baroknim dvoslivnim krovištem pokrivenim crijepom. Tlocrtna dispozicija vojarne je u obliku slova L i sastoji se od južnog i istočnog krila. Prema dvorišnoj strani su smješteni hodnici, osvjetljeni u prizemlju i na katu velikim otvorima segmentnih nadvoja. Iz hodnika se ulazilo u prostorije koje su izvorno služile kao spavaonice, kasnije su prenamjenom povijesne građevine u zatvor pretvorene u zatvorske ćelije. Prostorije su u prizemlju presvođene bačvastim svodovima. Južno krilo je u prvoj polovini XX. stoljeća produženo prema zapadu, novim arhitektonskim korpusom unutar kojeg su smještene samice, [26, 28].



Slika 17. Tvrđava Stara Gradiška, časnički paviljon nekada (arhiv Konzervatorskog odjela u Slav. Brodu)



Slika 18. Tvrđava Stara Gradiška, časnički paviljon danas (Perković, Ž., 2019.)

## 5.5 Suvremeneni kontekst Tvrđave Stara Gradiška

Tvrđava Stara Gradiška se nalazi u zapadnom dijelu Brodsko-posavske županije, u posavskom krajobrazu poplavnih šuma hrasta lužnjaka, rijeke Save i mozaika poljoprivrednih površina, u blizini autoceste Zagreb-Lipovac i čvorišta Okučani te neposredno uz međunarodni granični prijelaz. Nalazi se u slabo naseljenom ruralnom području, u mjestu Stara Gradiška, središtu istoimene općine.

Najznačajnije morfološke i funkcionalne promjene koje su rezultirale značajnom degradacijom povijesne cjeline nastale su od 1925. do 1940. godine, kada se ruše bastioni i zatrpavaju jarnici, značajno se prenamjenom preoblikuju postojeće zgrade i grade nove za potrebe zatvora. Postupnim propadanjem i nestajanjem većeg dijela graditeljskog sklopa poništen je povijesni identitet fortifikacijske cjeline. Izvorna oblikovna osnova koju karakteriziraju pra-

vilni raster ulica, simetrija, blokovi, centralna os i centralni trg nije očuvana do današnjih dana. Četiri izvorne građevine su očuvane. Za ostale povijesne građevine nema površinskih tragova, no dosadašnja istraživanja (slika 19.) indiciraju postojanje njihovih arheoloških struktura [29]. Neke povijesne građevine su zamijenjene novima, koje u pravilu narušavaju povijesnu kompoziciju i ambijentalni sklad.

Usprkos visokom stupnju degradacije izvorne povijesne cjeline, riječ je o mjestu velike povijesne, memorijalne, krajobrazne i arhitektonske vrijednosti koje je od 2003. godine registrirano kulturno dobro Republike Hrvatske (Z-1300). Tvrđava dijelom pripada Općini Stara Gradiška (kurtina, časnički paviljon, bolnica i veći dio parkovnog prostora), dijelom Javnoj ustanovi Spomen-područje Jasenovac (kavalir), a rubni dijelovi unutar granice kulturnog dobra su u privatnom vlasništvu [16, 27, 30].

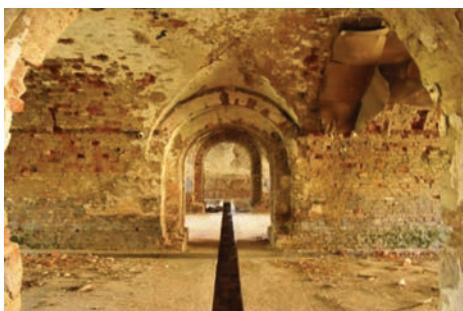


**Slika 19. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir-kula - arheološki istražni radovi (Gradski muzej Nova Gradiška, 2016.)**

Sustavna obnova pojedinačno očuvanih entiteta kulturne baštine provodi se od 2010. godine sredstvima Ministarstva kulture, Ministarstva regionalnog razvoja, Općine Stara Gradiška i JUSP Jasenovac. Na izvornim građevinama (kavalir-kula, kurtina, vojarna) djelomično su provedeni arheološki i konzervatorski istražni radovi, pripremni radovi čišćenja prostora i konstruktivne sanacije te je izrađena konzervatorska i tehnička dokumentacija. Historičistička zgrada bolnice se nalazi u zapadnom dijelu tvrđavske cjeline, koji je danas poslovna industrijska zona. Do sada nije bila uključena u istraživanja i obnovu, [27]. Radi kvalitetnijeg definiranja zona i mjera zaštite kulturnog dobra, 2019. godine je za potrebe prostornog ure-

đenja izrađena konzervatorska podloga. Konzervatorska podloga je stručna dokumentacija koja sadrži grafički i tekstualni dio, a obuhvaća identifikaciju, analizu stanja, valorizaciju i mjeru očuvanja kulturno-povijesnih vrijednosti na području obuhvata. Važna je sektorska studija za izradu razvojnih i provedbenih planova. Svrha joj je uvesti prostorne planere, urbaniste i projektante u cjelovit proces oblikovanja prostora, odrediti razinu zaštite u sustavu gospodarenja prostorom te pružiti informacije o zacrtanim granicama obuhvata plana. Uključivanjem konzervatorske podloge u prostorne planove, pravovremeno se sprječavaju potencijalni konflikti projekata i zahvata u prostoru, osigurava se kontinuitet upravljanja osjetljivim prostorom, sprječavaju se i umanjuju nepoželjni utjecaji iz okruženja na vrijednosti kulturnog dobra, [27]. Dosadašnja obnova je uglavnom funkcionalna - revitalizacija uvođenjem centralnih funkcija naselja u tvrđavski prostor.

Fizička obnova slijedi, a prema do sada izrađenoj dokumentaciji planirana je primjenom metoda **konzervacije** - jedna ćelija u kavalir-kuli iz prve graditeljske etape (slika 20.), nekoliko samica u zatvorskem dijelu vojarne iz druge graditeljske etape, **restauracije** - izvorno stubište (slika 21.), elementi pronaonica i elementi pročelja kavalira-kule (slika 22.), gradska vrata (slika 23.), dekorativni elementi pročelja te kovani elementi i vratnice kurtine (slika 24.) i oprema nekoliko zatvorskih ćelija vojarne, **rekonstrukcije** - veći dio izvornih parkovnih površina fortifikacijske cjeline, vodotoranj na kavaliru-kuli (slika 25.) i **replike** - historicistički portal u ogradi kavalira-kule, opkop i most kod gradskih vrata. U planu je **revitalizacija** uvođenjem edukativne, kulturne i turističke funkcije uređenjem znanstvenog muzeja i istraživačkog centra za proučavanje žrtava totalitarnih režima i novim javnim funkcijama koje će uvećati funkcionalnu i ambijentalnu kvalitetu životne sredine stanovnika općine.



Slika 20. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir-kula, unutrašnjost (Perković, D., 2019.)



Slika 21. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir-kula, stubište, detalj ograde (Perković, Ž., 2019.)



Slika 22. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir-kula, detalj pročelja (Perković, Ž., 2019.)



Slika 23. Tvrđava Stara Gradiška, sjeverna kurtina, gradska vrata (Perković, D., 2019.)



Slika 24. Tvrđava Stara Gradiška, sjeverna kurtina-dekorativni elementi južnog pročelja (Perković, D., 2019.)



Slika 25. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir-ostaci vodotornja (Perković, D., 2011.)

## 6 Značenje fortifikacijske arhitekture

Fortifikacijska arhitektura je višestruko značajan segment graditeljske baštine, jer osim memorijalne, arhitektonske, graditeljske, umjetničke i povjesne vrijednosti, zbog većeg prostornog obuhvata, specifičnog prostornog smještaja i neraskidive spone s prirodnom komponentom okruženja (reljef, voda, vegetacija, vizure) predstavlja i jedinstvenu urbanističku i krajobraznu vrijednost [16], što je poseban izazov u njezinoj zaštiti, očuvanju i obnovi (slika 26.). Višestruko značenje i širi kontekst fortifikacijske arhitekture prikazani su u tablici 5 pregledom pojavnih oblika nepokretnog kulturnog dobra prepoznatih u fortifikacijskim cjelinama Tvrđave Brod i Tvrđave Stara Gradiška.

**Tablica 5. Definiranje tvrđava Brod i Stara Gradiška prema tipologiji nepokretnih kulturnih dobara (prema članku 7. Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara priredile autorice)**

	<b>Nepokretno kulturno dobro:</b>	<b>Tvrđava Brod</b>		<b>Tvrđava Stara Gradiška</b>	
		u naravi	u primjeni	u naravi	u primjeni
1.	Grad, selo, naselje ili <b>njegov dio</b>	dio grada	dio grada	dio naselja	dio naselja
2.	Građevina ili njezini dijelovi, te <b>građevina s okolišem</b>	građevina s okolišem	građevina ili njezini dijelovi	građevina s okolišem	građevina s okolišem
3.	Elementi povjesne opreme naselja				
4.	<b>Područje, mjesto, spomenik i obilježje u svezi s povijesnim događajima i osobama</b>	da	da	da	da
5.	Arheološko nalazište i arheološka zona, uključujući i podvodna nalazišta i zone	da	da	da	da
6.	Područje i mjesto s etnološkim i <b>toponimskim sadržajima</b>	toponim	toponim		toponim
7.	<b>Krajolik ili njegov dio koji sadrži povijesno karakteristične strukture, koje svjedoče o čovjekovoj nazočnosti u prostoru</b>	da		da	da
8.	<b>Vrtovi, perivoji i parkovi</b>	da		da	da
9.	Tehnički objekt s uređajima i drugi slični objekti				



**Slika 26. Tvrđava Stara Gradiška, perivojni prostor (Perković, D., 2019.)**

## 7 Rezultati

### 7.1 Izazovi dosadašnje obnove tvrđava Brod i Stara Gradiška

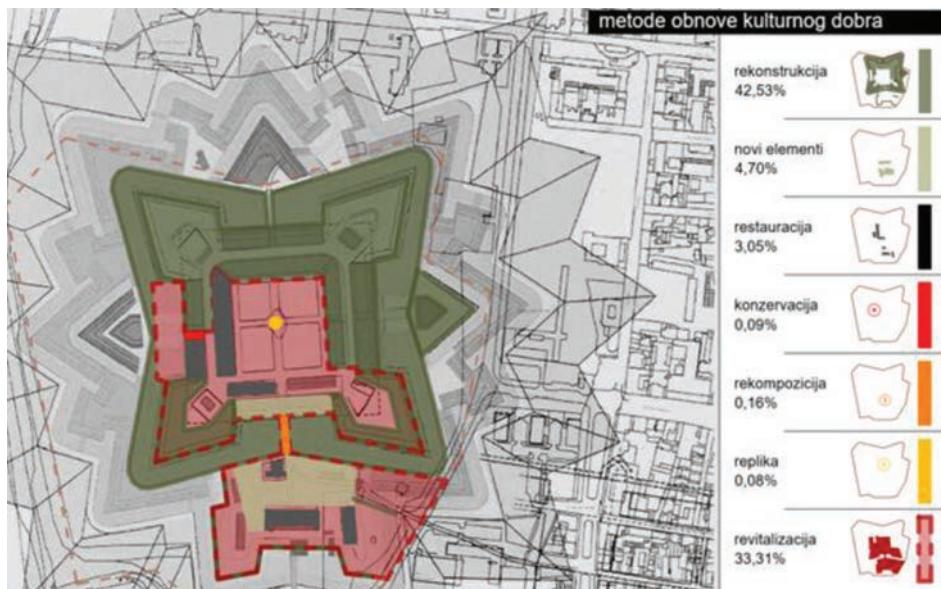
Procjena izazova dosadašnje obnove tvrđava Brod i Stara Gradiška provedena je vrednovanjem ograničavajućeg učinka pojedinih izazova. Lista izazova dosadašnje obnove proizašla je iz proučavanja dokumentacije, s obzirom na spoznaje proizašle iz istraživanja primarnih i sekundarnih izvora i prikazana je tablicom 6. Procijenjeni su izazovi u zaštiti (točke 1. do 3.), pripremnim i istražnim radovima i definiranju koncepcije prostora (točke 4. do 7.) te izazovi u dosadašnjoj obnovi (točke 8. do 12.). Dosadašnja obnova obiju tvrđava bila je velik, ali značajno različit izazov.



Slika 27. Tvrđava Brod, prostorni podaci (Perković, D., 2020.)

**Obnova Tvrđave Brod** (slika 27.) u tijeku je, a započela je 1995. godine. Izazovi s ograničavajućim učinkom u obnovi bili su osiguranje područja čišćenjem od mina, provođenje svih administrativnih procedura koje proizlaze iz visoke kategorije zaštite (prostorno planiranje, istraživanje, projektiranje) i osiguravanje dostatnih finansijskih sredstava. Najveći izazov je bio izbor primjerenih metoda obnove (uključujući izbor materijala i tehnologije), u čijem svladavanju su prevladavale tradicionalne metode projektiranja i gradnje koje imaju uporište u povijesti umjetnosti i arhitekture.

Cijeli prostor Tvrđave Brod je uređen, a sveobuhvatna fizička obnova povijesnog sklopa je provedena na otprilike polovici površine kulturnog dobra (slika 28.). U dosadašnjoj fizičkoj obnovi Tvrđave Brod prostorno je najzastupljenija metoda obnove rekonstrukcija, provedena na 42,53 % ukupne površine kulturnog dobra (bedemi, opkopi, nasipi). Manje su zastupljene metode restauracije, konzervacije, rekompozicije i replike, koje su primijenjene na pojedinačnim građevinama fortifikacijske cjeline. Izazovi koji u obnovi Tvrđave Brod još uvijek nisu svladani odnose se na nužnost ispravnijeg poimanja šireg krajobrazno-urbanističkog konteksta cjeline i promjene u pristupu obnovi iz dosadašnjeg tradicionalno-sektorskog u strateški i interdisciplinarni.



Slika 28. Tvrđava Brod, karta obnove (Perković, D., 2020.)

**Obnova Tvrđave Stara Gradiška** tek je u počecima. Zaštitni, pripremni i istražni radovi su počeli 2010. godine. Dosadašnji izazovi su bili osiguranje znatno degradiranog prostora povijesne cjeline s uređenjem pristupa, provođenje svih administrativnih procedura koje proizlaze iz visoke kategorije zaštite (prostorno planiranje, istraživanje, projektiranje) i zaštita od urušavanja i konstrukcijska sanacija izvornih građevina u ruševnom stanju.

Izbor primjerenog pristupa obnovi ove tvrđave nije ograničavajući izazov. Od početka obnove Tvrđave Stara Gradiška primjenjuju se strateški transdisciplinarni pristupi obnovi i uimanje u obzir krajobrazno-urbanistički kontekst povijesne cjeline. Fizička obnova Tvrđave Stara Gradiška još nije započela, a u najvećoj će se mjeri provesti rekonstrukcijom, uz manju zastupljenost metoda restauracije, rekompozicije i konzervacije (slika 28.). Izazov s najvećim ograničavajućim utjecajem odnosi se na osiguravanje dostatnih finansijskih sredstava u dosadašnjem razdoblju, a s obzirom na razmjere i zahtjeve obnove te ograničena i mala sredstva kojima raspolazu Općina Stara Gradiška i JUSP Jasenovac, bit će to najveći izazov i u budućem razdoblju obnove Tvrđave Stara Gradiška.



Slika 29. Tvrđava Stara Gradiška, prostorni podaci (Perković, D., 2020.)



Slika 30. Tyrđava Stara Gradiška, karta obnove (Perković, D., 2020.)

**Tablica 6. Izazovi dosadašnje obnove tvrđava Brod i Stara Gradiška (priredile autorice)**

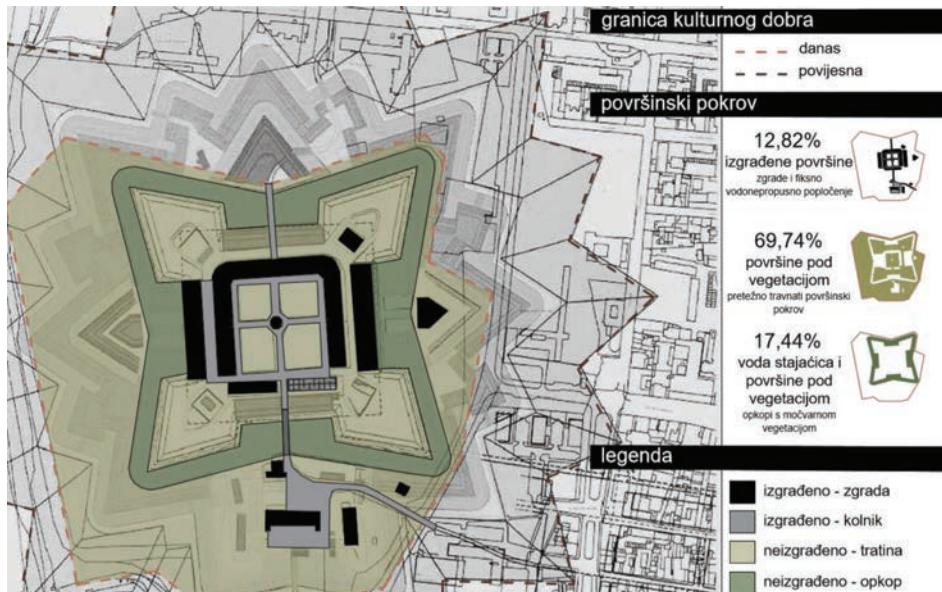
		Tvrđava Brod	Tvrđava Stara Gradiška
<b>Izazovi u zaštiti</b>			
1.	Postići sveobuhvatno poimanje tvrđavske cjeline u sustavu zaštite i očuvanja nepokretnog kulturnog dobra	4	2
2.	Svladati ograničenja koja proizlaze iz razine zaštite kulturnog dobra	3	3
3.	Svladati ograničenja koja proizlaze iz vlasništva	1	2
	ukupno (max. 12)	8	7
<b>Izazovi u pripremnim i istražnim radovima i definiranju koncepcije prostora</b>			
4.	Provesti inicijalno uređenje pristupa i osiguranje područja od mina	4	3
5.	Provesti potrebna sektorska istraživanja	2	3
6.	Uključiti nepokretno kulturno dobro u prostorno uređenje	3	3
7.	Osmisliti cjelovitu koncepciju obnove	4	3
	Ukupno (max. 16)	13	12
<b>Izazovi u obnovi</b>			
8.	Fizička obnova očuvanih povijesnih struktura primjenom metoda kojima se u najvećoj mjeri zadržava izvornost	3	4
9.	Učinkovita funkcionalna obnova s obzirom na primijenjene modele revitalizacije	2	4
10.	Interdisciplinarnost stručnog kadra	4	0
11.	Trajanje obnove s obzirom na početak radova i stupanj dovršenosti	3	4
12.	Raspoloživost finansijskih sredstava	2	4
	Ukupno (max. 20)	14	16
<b>Sveukupna ocjena dosadašnjih izazova</b>		<b>35</b>	<b>35</b>
0 – nije izazov 1 – manji lako savladiv izazov 2 – srednje zahtjevan izazov 3 – teže savladiv izazov 4 – vrlo teško savladiv izazov/nije provedeno		sveukupna ocjena izazova: 0 – 24 manji izazov 25 – 34 srednji izazov 35 – 44 velik izazov 45 – 48 teško savladiv izazov	

## 7.2 Analiza i procjena sadašnjeg stanja tvrđava Brod i Stara Gradiška

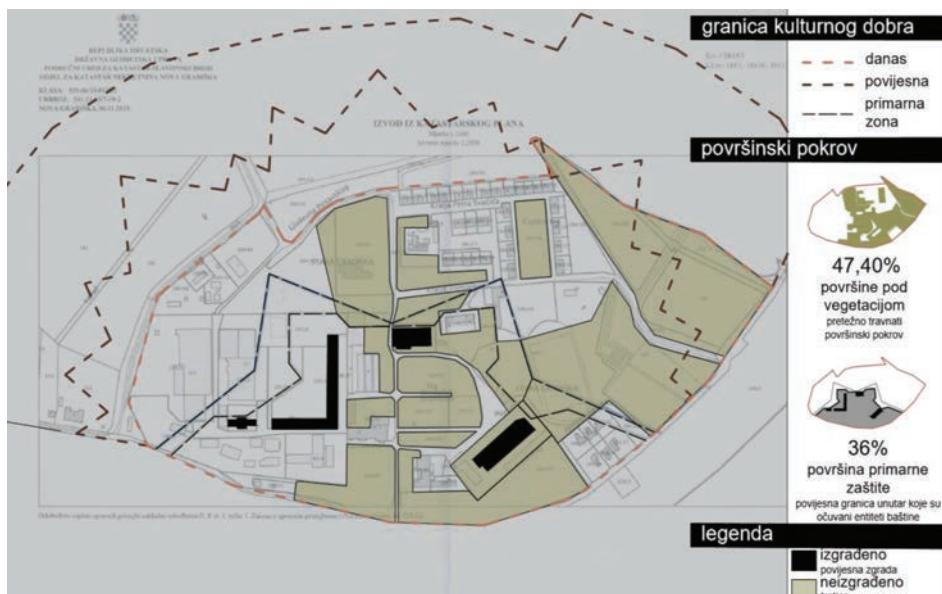
Procjena sadašnjeg stanja tvrđava Brod (slika 31.) i Stara Gradiška (slika 32.) provedena je metodologijom procjene nenovčano izraženih vrijednosti baštine višekriterijskim vrednovanjem njihovih fizičkih i funkcionalnih kvaliteta i kriterija održivosti te SWOT analizom. Kriteriji vrednovanja su proizašli iz terenskih opažaja, prostornih analiza i istraživanja dokumentacije i prikazani su tablicom 7. Rezultati analize i procjene sadašnjeg stanja, provedene s obzirom na fizička obilježja, funkcionalna obilježja i održivost upućuju na dobro stanje Tvrđave Brod i loše stanje Tvrđave Stara Gradiška. Tvrđava Brod ima ujednačene i dobre funkcionalne kvalitete i sveukupno dobre ali neujednačene fizičke kvalitete, s najvećim odstupanjem u vidu niske razine krajobraznih i ekoloških kvaliteta. Tvrđava Stara Gradiška ima relativno ujednačene i niske sveukupne fizičke i funkcionalne kvalitete, s istaknutim kulturnim i krajobrazno-ekološkim značenjem. Obje tvrđave imaju lošu ukupnu ocjenu održivosti, pri čemu Tvrđava Brod ima najniže procijenjenu ekološku, a Tvrđava Stara Gradiška ekonomsku i društvenu komponentu.

**Tablica 7. Sadašnje stanje tvrđava Brod i Stara Gradiška (priredile autorice)**

	Fizička i funkcionalna obilježja te održivost	Tvrđava Brod	Tvrđava Stara Gradiška
1.	<b>FIZIČKA OBILJEŽJA</b>		
1.1	Urbanistička kvaliteta – specifični prostorni kontekst	3	1
1.2	Arhitektonska kvaliteta – izvornost u očuvanoj/obnovljenoj oblikovnoj osnovi i kompoziciji	2	1
1.3	Graditeljska kvaliteta – značenje očuvanih/obnovljenih tehničkih elemenata	3	1
1.4	Krajobrazna kvaliteta – s obzirom na zastupljenost obilježja stilskog razdoblja, vizualna i ambijentalna obilježja	1	2
1.5	Ekološka kvaliteta – s obzirom na lokalne ekosustave i očuvanje bioraznolikosti	1	3
1.6	Kulturna kvaliteta – memorijalna, umjetnička i povjesna obilježja	3	3
1.7	Očuvanost cjeline – s obzirom na povjesno-morfološke promjene	3	0
1.8	Stupanj dovršenosti fizičke obnove	2	0
	<b>Ukupna ocjena fizičkih kvaliteta (max. 24)</b>	<b>18</b>	<b>11</b>
2.	<b>FUNKCIONALNA OBILJEŽJA</b>		
2.1	Javni interes	3	1
2.2	Interakcija s korisnicima	2	0
2.3	Razina zaštite	3	3
2.4	Razina istraženosti	3	3
2.5	Dovršenost projektne dokumentacije	3	2
2.6	Sveobuhvatni plan upravljanja i razvoja	0	1
	<b>Ukupna ocjena funkcionalnih kvaliteta (max. 18)</b>	<b>14</b>	<b>10</b>
3.	<b>ODRŽIVOST</b>		
3.1	Društveni aspekt		
3.1.1	Razina revitalizacije	2	0
3.1.2	Transdisciplinarnost	1	2
3.2	Ekološki aspekt		
3.2.1	Uključenost krajobrazne i ekološke komponente u obnovu	0	3
3.2.2	Primjena odgovarajućih materijala i tehnika gradnje	2	0
3.3	Ekonomski aspekt		
3.3.1	Dostatnost finansijskih sredstava	2	0
3.3.2	Zastupljenost strateškog planiranja	1	2
	<b>Ukupna ocjena održivosti (max. 18)</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
	<b>Sveukupna ocjena sadašnjeg stanja (max. 60)</b>	<b>40</b>	<b>28</b>
0 – nema		sveukupna ocjena stanja:	
1 – nisko		0 – 30 loše	
2 – srednje		31 – 45 dobro	
3 – visoko		46 – 58 vrlo dobro	
		59 – 60 izvrsno	



Slika 31. Tvrđava Brod, zatečeno stanje (Perković, D., 2020.)



Slika 32. Tvrđava Stara Gradiška, zatečeno stanje (Perković, D., 2020.)

### 7.3 Izazovi obnove tvrđava Brod i Stara Gradiška u nadolazećem razdoblju

S obzirom na spoznaje proizašle iz analize dosadašnjih izazova u zaštiti, očuvanju i obnovi tvrđava Brod i Stara Gradiška (potpoglavlje 7.1) te procjene njihova sadašnjeg stanja (potpoglavlje 7.2), provedena je SWOT analiza situacije (tablica 8.) kao osnova strateškog promišljanja o izazovima obnove ovih tvrđava u budućem razdoblju. Izazovi obnove tvrđava Brod i Stara Gradiška zasnovaju se na čuvanju i unaprjeđenju njihovih postojećih snaga, rješavanju uočenih slabosti, nadilaženju i izbjegavanju prijetnji iz okruženja koje mogu imati negativan učinak te iskorištavanju prilika koje su na raspolaganju.

U budućoj obnovi Tvrđave Brod izazovi će biti uvećati nisku krajobrazno-arhitektonsku kvalitetu prostora, unaprijediti strateško planiranje i upravljanje prostorom, postići veću razinu održivosti, uključiti interdisciplinarni pristup obnovi i provesti obnovu koja traje 25 godina do kraja racionalizacijom vremena, finansijskih sredstava i metoda obnove.

Izazovi buduće etape obnove Tvrđave Stara Gradiška odnose se na nedostatak sredstava potrebnih za osnovnu zaštitu i sanaciju ruševnog stanja izgrađenih dijelova cjeline (slika 33.) te kvalitetnu obnovu, osmišljavanje održivih funkcija koje će privući korisnike u prostor Tvrđave, postići višu razinu održivosti i spriječiti ugroze fortifikacijske cjeline kvalitetnije usmjerenim planiranjem razvoja kontaktne zone kulturnog dobra.

Izazovi buduće fizičke obnove tvrđava Brod i Stara Gradiška uključuju iznalaženje suvremenih, inovativnih, funkcionalnih i održivih metoda obnove, čijim bi tehničkim i oblikovnim rješenjima te izborom materijala i sadržaja zahtjevna obnova ovih prostora velikih dimenzija i višestrukog značenja bila finansijski i vremenski racionalnija i ostvariva.



Slika 33. Tvrđava Stara Gradiška, kavalir-kula, sjeverno pročelje, ruševno stanje (Perković, D., 2020.)

**Tablica 8. SWOT analiza (priredile autorice)**

		Tvrđava Brod	Tvrđava Stara Gradiška
unutarnji atributi sustava	S	strengths (snage)	većinom javno vlasništvo pristupačnost i sigurnost visoka razina dovršenosti istraživanja i projektiranja izrazita memorijalna i kulturna vrijednost visoka razina dovršenosti fizičke obnove zaživjela funkcionalna obnova revitalizacijom - unošenjem novih urbanih i turističkih sadržaja očuvanost izvorne graditeljske baštine prostranstvi i veličina povijesne cjeline
	W	weaknesses (slabosti)	djelomično privatno vlasništvo rubnih i kontaktnih zona kulturnog dobra fizička obnova nije započela funkcionalna obnova revitalizacijom nije prisutna u dovoljnoj mjeri nedostatna finansijska sredstva loše fizičke kvalitete cjeline niska razina održivosti
vanjski atributi sustava	O	opportunities (prilike)	visoka razina percepcije tvrđave kao krajobrazne cjeline visoka razina pravne zaštite uključenost u dokumente prostornog uređenja transdisciplinarni pristup obnovi smještaj neposredno uz važan međunarodni tranzitni put visoka razina svijesti o značaju baštine nadnacionalni izvori znanja i financiranja pripadnost srednjoeuropskom kulturno-civilizacijskom krugu iskustva inozemnih pristupa obnovi sličnih fortifikacijskih cjelina
	T	threats (prijetnje)	visoka razina pravne zaštite periferan položaj s obzirom na sustav naselja pritisici i ugroze recentne gradnje u kontaktnoj zoni kulturnog dobra

## 8 Rasprava i zaključak

Barokna fortifikacijska arhitektura Brodsko-posavske županije baština je europskog kulturno-civilizacijskog kruga [16, 17], spomenička baština [4], kulturna baština izgrađene cjeline i krajobraznog konteksta [2], povjesna perivojna baština [3], materijalna baština i nepokretno kulturno dobro graditeljskog, krajobraznog, memorijalnog, povijesnog i umjetničkog značaja [1]. Mogućnost različite interpretacije njezina značaja proizlazi iz različitog poimanja baštine.

Izazovi u dosadašnjoj zaštiti, očuvanju i obnovi ovog segmenta hrvatske graditeljske baštine ponajviše su bili pitanje njihovog ispravnog poimanja, provođenje svih administrativnih procedura koje proizlaze iz visoke kategorije zaštite (prostorno planiranje, istraživanje, projektiranje), osiguravanje dostatnih finansijskih sredstava, čišćenje područja od mina i uređenje prilaza kulturnom dobru te zaštita od urušavanja i konstrukcijska sanacija izvornih građevina u ruševnom stanju.

Najveći izazov u obnovi Tvrđave Brod bio je odabir primjerenih metoda obnove (uključujući izbor materijala i tehnologije), u čijem svaldavanju su prevladavale tradicionalne metode projektiranja i gradnje koje imaju uporište u povijesti umjetnosti i arhitekture, što je za izgrađene dijelove fortifikacijske cjeline provedeno prema pravilima konzervatorske, arhitektonske i graditeljske struke [10, 12, 13, 16, 25]. U obnovi Tvrđave Brod su izostali interdisciplinarni i strateški pristup planiranju i obnovi, a njezin povjesno važan krajobrazno-arhitektonski i ekološki značaj [18, 20, 21, 23] zanemaren je, što potvrđuju provedene analize i procjene u ovom istraživanju.

Od 2010. godine traju radovi konstrukcijske zaštite i očuvanja Tvrđave Stara Gradiška, a radovi obnove još nisu započeli. Fizičke kvalitete ove tvrđave su značajno umanjene višestoljetnim degradacijama i destrukcijom izvornog povjesnog graditeljskog sklopa, koji neće biti moguće obnoviti uobičajenim metodama [16, 27]. Danas je glavni motiv prepoznatljivosti ove cjeline njezin krajobrazno-arhitektonski karakter, u čemu se zasniva moguća inovativna koncepcija rekonstrukcije izgubljene izvorne morfologije fortifikacije reinterpretacijom volumenima, linijama i plohama u novom parkovnom uređenju, prema primjerima iz recentne europske prakse [31].

Zajednički i ponajveći izazov u budućoj obnovi tvrđava Brod i Stara Gradiška ostaju nedostatna finansijska sredstva lokalne uprave/samouprave, što će biti nužno prevladati pronašašnjem alternativnih i nadnacionalnih izvora financiranja. Tome bi od pomoći trebala biti značajna uloga ovih tvrđava u europskoj povijesti, njihove materijalne i nematerijalne kvalitete, razvojni potencijali, visok stupanj istraženosti i dovršenosti projektne dokumentacije. Nužnost interdisciplinarnog i strateškog pristupa uključivanjem struka koje su do sada u planiranju i projektiranju obnove bile marginalizirane, prije svega iz tehničkih (graditeljstvo, energetika, strojarstvo), prirodnih (ekologija, biologija) i interdisciplinarnih (krajobrazna arhitektura, geografija, upravljanje baštinom) područja, izazov je budućeg razdoblja i preduvjet kvalitetnom nastavku obnove iznalaženjem inovativnih, održivih i racionalnih konstruktivnih, funkcionalnih i oblikovnih rješenja.

## Literatura

- [1] Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (NN 69/99, 151/03, 157/03, 100/04, 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 98/15, 44/17, 90/18)
- [2] UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation), Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage, 1972., <https://whc.unesco.org/archive/convention-en.pdf>
- [3] The ICOMOS-IFLA International Committee (International Council on Monuments and Sites and International Federation of Landscape Architects), The Florence Charter - Historic gardens, 1981, [https://www.icomos.org/charters/gardens\\_e.pdf](https://www.icomos.org/charters/gardens_e.pdf)
- [4] ICOMOS, The Venice Charter - International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites, 1964., [https://www.icomos.org/charters/venice\\_e.pdf](https://www.icomos.org/charters/venice_e.pdf)
- [5] IFLA Europe (International Federation of Landscape Architects, Europe), IFLA Europe Resolution 2019
- [6] The Getty Conservation Institute, Los Angeles, Values and Heritage Conservation, Research Report, ur. E. Avrami, R. Mason, M. de la Torre, 2000., [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/values rpt.pdf](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/values rpt.pdf)
- [7] ICOMOS-IFLA Document on Historic Urban Public Parks, 2017. [https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/GA2017\\_6-3-2\\_HistoricUrbanPublicParks\\_EN\\_adopted-15122017.pdf](https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/GA2017_6-3-2_HistoricUrbanPublicParks_EN_adopted-15122017.pdf)
- [8] Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Strategija očuvanja, zaštite i održivog gospodarskog korištenja kulturne baštine Republike Hrvatske za razdoblje 2011-2015, 2011., [https://www.min-kultura.hr/user-docsimages/bastina/STRATEGIJA\\_BASTINE\\_VRH.pdf](https://www.min-kultura.hr/user-docsimages/bastina/STRATEGIJA_BASTINE_VRH.pdf)
- [9] Mrak, I., Metode procjene u funkciji očuvanja graditeljske baštine, Građevinar, 66 (2014) 2, 127-138, 2014., DOI: 10.14256/JCE.940.2013, [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=173017](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=173017)
- [10] Perković, Ž., Perković, D., Medieval and Baroque Fortresses of Slavonski Brod- Posavina County, Proceedings Book of the International Scientific Conference "Protection of Cultural Heritage from Natural and Man-made Disasters", Session VII Conservation and Restoration (Investigation/Analysis, Damage Assessment, Methods and Techniques), ur. Seiter-Šverko, D., 2014., [http://chp.nsk.hr/wp-content/uploads/2014/12/Perković\\_Perković\\_The%20medieval%20and%20baroque%20fortresses%20of%20Slavonski%20Brod%20-%20Posavina%20county.pdf](http://chp.nsk.hr/wp-content/uploads/2014/12/Perković_Perković_The%20medieval%20and%20baroque%20fortresses%20of%20Slavonski%20Brod%20-%20Posavina%20county.pdf)
- [11] Ministarstvo kulture RH <https://www.min-kultura.hr/default.aspx?id=27>
- [12] Marasović, T., Zaštita graditeljskog nasljeđa, 1983.
- [13] Marasović, T., Aktivni pristup graditeljskom nasljeđu, 1985.
- [14] Marić, M., Obad Šćitaroci, M., Modeli obnove i revitalizacije perivoja dubrovačkih ljetnikovaca, Urbanizam nasljeđa – Urbanistički i prostorni modeli za oživljavanje i unaprijeđenje kulturnog nasljeđa, Modeli revitalizacije i unaprjeđenja kulturnog nasljeđa, Znanstveni kolokvij HERU Zagreb 2017, ur. Obad Šćitaroci, M., 2017
- [15] Opačić, V. T., Modeli turističkog vrednovanja kulturnog nasljeđa, Urbanizam nasljeđa – Urbanistički i prostorni modeli za oživljavanje i unaprijeđenje kulturnog nasljeđa, Modeli revitalizacije i unaprjeđenja kulturnog nasljeđa, Znanstveni kolokvij HERU Zagreb 2017, ur. Obad Šćitaroci, M., 28-32, 2017

- [16] Perković, Ž., Perković, D., Fortresses Brod and Stara Gradiška: Development Potentials, Proceedings Book of the International Scientific Conference HERU "Cultural Heritage – Possibilities for Spatial and Economic Development", ur. Obad Ščitaroci, M., pp. 538 – 543, 2015.
- [17] Bedenko, V., Urbanistička prošlost Stare Gradiške, Godišnjak zaštite spomenika kulture Hrvatske, no. 2-3 (1976-1977), 1978.
- [18] Marković, M., Brod: kulturno-povijesna monografija, 1994.
- [19] Brlić, I. A., Uspomene na stari Brod, Vijesti Muzeja Brodskog Posavlja, 7, 3-59, 1983.
- [20] Kljajić, J., Brodska tvrđava, 1998.
- [21] Kljaić, J., Zapovjednici brodske tvrđave i načelnici Broda u 18. i 19. stoljeću, Scrinia Slavonica - Godišnjak Podružnice za povijest Slavonije, Srijema i Baranje Hrvatskog instituta za povijest, 2, 16-45, 2002.
- [22] Kvočić, D., Građevine Oružnog trga u Tvrđavi Brod, Konzervatorska studija, 2009.
- [23] Rješenje Ministarstva kulture Republike Hrvatske, KLASA: UP-I°-612-08/03-01-06/08, urbroj: 532-10-1/8(JB)-03-2, Zagreb, 23. rujna 2003.
- [24] Bilušić, B., Modeli očuvanja i revitalizacije kulturnih krajolika Urbanizam naslijeđa – Urbanistički i prostorni modeli za oživljavanje i unaprijeđenje kulturnog naslijeđa, Modeli revitalizacije i unaprijeđenja kulturnog naslijeđa, Znanstveni kolokvij HERU Zagreb 2017, ur. Obad Ščitaroci, M., 2017.
- [25] Artuković, I., Izvješće s izvršenog zaštitnog istraživanja u Tvrđavi Brod, Muzej Brodskog Posavlja Slavonski Brod, 2013.
- [26] Kvočić, D., Tvrđava u Staroj Gradiški - elaborat povijesnih istraživanja, arhivska konzervatorska dokumentacija, 2008.
- [27] Projekti d.o.o., Konzervatorska podloga prostora tvrđave Stara Gradiška, 2019.
- [28] Pešut, D., Elaborat istražnih konzervatorsko-restauratorskih radova u Tvrđavi Stara Gradiška, 2012.
- [29] Mihaljević, M., Izvješće o radu za 2011. godinu, 1.2. Terensko istraživanje, arheološki odjel, Gradski muzej Nova Gradiška, 2011.
- [30] Rješenje Ministarstva kulture Republike Hrvatske, KLASA: UP-I°-612-08/03-01-06/294, urbroj: 532-10-1/8(JB)-03-2, Zagreb, 23. rujna 2003.
- [31] Lindgren, C., Moll, C., Caring for Memory: Materialising the Intangible, Fort Vechten the New Dutch Waterline Museum, Care/Create/Act LAE #5 (Landscape Architecture Europe), str. 120-121 i 312, 2018.





## Izazovi u obnovi zgrada željezničkih kolodvora: iskustva iz Hrvatske i svijeta

Autor:

Miroslav Prpić, dipl. ing. arh.

## Izazovi u obnovi zgrada željezničkih kolodvora: iskustva iz Hrvatske i svijeta

Miroslav Prpić

### Sažetak

Željeznički prijevoz predstavlja kralježnicu za razvoj gospodarstva i za demografiju lakšom migracijom radne snage. Uvođenjem novih i bržih linija za prijevoz putnika i tereta na modernoj i sigurnoj infrastrukturni neupitno će dovesti do novih investicija i novog zapošljavanja jer se takve investicije višestruko vraćaju. S druge strane, širenje aglomeracija velikih urbanih prostora i nova orientacija življjenja u velikim gradovima imaju snažan utjecaj na organizaciju prometa. U tako nastalim okolnostima automobilski promet koji dominira ispred javnog prijevoza dovodi do prometnoga kolapsa u tradicionalnom središtu grada. Potrebno je primijeniti dosadašnje načine pokušaja promjena u željezničkom sektoru tako da se primijene proaktivne i inovativne ideje, ali i da se provedu mјere zaštite kulturno-povijesne baštine, poput željezničkih kolodvora koji se ubrajaju u graditeljsku baštinu. Željeznički je sektor prepun izazova, a zapravo postoje mnogobrojne mogućnosti poboljšanja funkcioniranja sustava.

**Ključne riječi:** željeznice, kolodvori, modernizacija, infrastruktura, graditeljska baština

## Challenges in the rehabilitation of railway station buildings: Experience from Croatia and other countries

### Abstract

Railway transport is the backbone for the development of economy while also being important for demography through easier migration of labour. The introduction of new and faster passenger and cargo transport based on modern and safe infrastructure will undoubtedly result in new investments and new employment, as such investments have proven to produce manifold returns. On the other hand, the organisation of transport is strongly influenced by expansion of large urban areas and by new lifestyle of big city residents. In such circumstances, the passenger car transport, which dominates over public transport, is frequently the cause of traffic collapse in traditional city centres. Current attempts for making changes in rail sector must be improved by introducing proactive and innovative ideas but, at the same time, measures should also be taken to protect cultural-historic heritage, such as train stations as they are a valuable part of our architectural heritage. Although rail sector is full of challenges, there are actually a multitude of ways in which the system can be improved.

**Key words:** railways, train stations, modernisation, infrastructure, architectural heritage

## 1 Uvod

U razmišljanju o temi s kojom vas želim upoznati nastupit ću kao *autsajder*. Malo neobično, ali kad arhitekt zadire u područje kojemu je građevinar nositelj u klasičnoj podjeli graditeljskih radova, a riječ je zapravo o prometu, onda je to, nažalost, uobičajeno. Možda će takva pozicija omogućiti da se problematika koju želim osvijetliti bolje uoči i otvoriti drugačija gledišta od onih koja su uobičajena, pa bude i nekih pomaka u budućoj realizaciji. Konkretno, riječ je o željeznici.



Slika 1. Vlak je stigao

## 2 Podjećanja

Za mojih gimnazijskih i studentskih dana vlakovi su tutnjali. Vagoni puni. I putnički i teretni. Šefovi stanice su bili ugledni građani i dugo ostajali na svojoj odgovornoj poziciji. No nakon povratka i zaposlenja zamijetio sam da se nešto čudno i zanimljivo počinje događati. Češće su kadrovske promjene a njih skoro po pravilu prati posljedica koja se sastoji od intervencija na pratećim kolodvorskim građevinama za koje, zbog tada još početne profesionalne deformacije, mogu konstatirati da su prilično nekvalitetne i umjesto da podižu razinu one urušavaju postojeće vrijednosti i govore o nestručnosti i zloupotrebi raspoloživih sredstava. Ratna razaranja bila su velika. Prometovanje je stalo. No ipak u drugoj polovini devedesetih godina prošlog stoljeća, za divno čudo, relativno brzo štete na infrastrukturi su sanirane, promet je krenuo na većini kolosijeka pa se na 140 km dugoj relaciji od moje Nove Gradiške do glavnog grada stizalo za sat i trideset minuta. Poslije toga osjetilo se da se s ranjom politikom nastavilo jer se ništa bitno nije događalo osim pukoga održavanja i kadroviranja na svim nivoima, a to je vrlo često rezultiralo trošenjem minimalnih sredstava na sporedne zahvate.

### 3 Pogrešan odabir i pogrešne odluke

Posljedica je to ne samo rata nego je već znatno prije počelo favorizirajući autoceste, a to se nastavilo i u našoj novostvorenoj državi. Pokazalo se to jako lošom odlukom. **Individualni transport došao je u prednost pred kolektivnim.** Agresivni utjecaji automobilskih, posebno europskih lobija, zbog nekritičnog prihvaćanja s naše strane, naročito u tranziciji, skupo su nas koštali. Nesagledivo velike površine najplodnijeg tla izgubljene su u nepovrat. Istina, autoceste su pogodovale komforu korisnika, ali nitko ne postavlja pitanje cijene investicije i cijene korištenja kao ni nerješivih prometnih gužvi koje u sezoni traju i tri dana tjedno. Promet u velikim hrvatskim gradovima doslovno je u kolapsu.

A onda se početkom novoga stoljeća počelo primjećivati da je sve manje vlakova. I jednih i drugih. U Zagreb se stiže za dva sata i dvadeset minuta! Prosječnom brzinom otprilike 60 kilometara na sat. Tete iz vrtića vode djecu u šetnju na željeznički kolodvor da bi vidjela i vlak kao čudo koje se rijetko pojavljuje. Jer, nema putnika, nema proizvodnje pa nema ni tereta, nema kapilarnih pruga koje su pritoci glavnima, nema pomorskih pristana (Riječka je luka posebna priča i ilustracija stanja), nema značajnih europskih koridora (i to je posebna priča o našoj pasivnosti), nema... A ima dotrajalih kolosijeka, ima dotrajalog vozog parka, ima ruševnih i nefunkcionalnih građevina, ima zastarjele tehnologije, ima... Vrtnja u krugu iz koje nema izlaza?

### 4 Nova razmišljanja

Ima i mora biti izlaza. Željeznica i brodski prijevoz nisu individualno transportno sredstvo! Preko njih se uz minimalnu infrastrukturu, u odnosu na druge, realizira maksimalna učinkovitost. **Od početka drugog desetljeća 2000., mora se priznati, sve češća su u javnosti, a posebno u medijima, razmišljanja o rješavanju nastalih problema.** Izgleda kako je i Europa shvatila da takvo stanje počinje ugrožavati cjeloviti sustav pa je nužna njezina direktna intervencija. Praktički to je realizirano otvaranjem mogućnosti korištenja europskih fondova za financiranje modernizacije postojećih i izgradnje novih željezničkih koridora. Krenulo se racionalno. Nakon dobro izvršenih prethodnih analiza i zauzimanja stavova o mogućim primatima, prišlo se etapnoj realizaciji pa su već vidljivi i rezultati: rekonstruirane su dionice Zagreb - Dugo Selo i Novska – Okučani, a nakon pedesetak godina 2019. godine doživjeli smo i puštanje u promet desetak kilometara novoizgrađene trase koja je značajno skratila vrijeme prijevoza iz Bjelovara u Zagreb.

Vijest koju smo u Novoj Gradiški dugo, dugo čekali i dočekali u listopadu prošle godine došla je iz ureda brodsko-posavskog župana. Održan je sastanak predstavnika Hrvatskih željeznica i njezinog projektnog tima na kojemu je župan obaviješten da se nakon svibanjskog potpisivanja ugovora o korištenju sredstava fondova Europske unije prišlo izradi studijske dokumentacije za modernizaciju i rekonstrukciju željezničke dionice od Okučana do Vinkovaca u dužini 131 kilometra s rokom dovršetka 18 mjeseci. Od lokalne politike se očekuje podrška preko relevantnih institucija i zainteresiranih kako bi se dobili odgovarajući podaci, sugestije za rješavanje konkretnih problema na terenu županije i ocjene prijedloga prije definiranja završnog dokumenta. Velika je šansa, ali i odgovornost koju je župan preuzeo, davši podršku

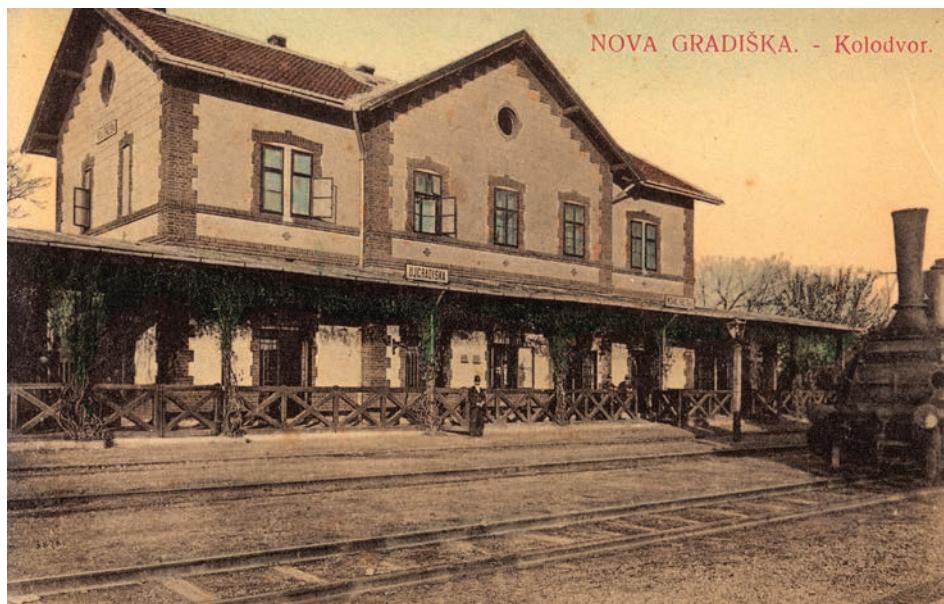
ovom projektu koji u bitnom dijelu rehabilitira najvažniji međunarodni željeznički koridor u našoj državi a istovremeno pruža mogućnost za rješavanje velikih urbanističkih, gospodarskih i socioloških problema na lokalnoj i široj razini.

Svjestan toga, pogotovo što sam početkom devedesetih prošlog stoljeća kao sekretar urbanizma općine Nova Gradiška inicirao uspješnu obnovu nadstrešnice kolodvora, uputio sam otvoreno pismo županu u kojem, osim podrške, upućujem i na neke konkretne mogućnosti koje se mogu realizirati uvrštavanjem u studiju.

*Poštovani župane,*

*Svojim osobnim angažiranjem prilikom susreta s predstavnicima Hrvatskih željeznica i prezentacije planova o rekonstrukciji željezničke infrastrukture na najvažnijem europskom koridoru koji prolazi kroz našu državu čija se modernizacija nastavlja od Okučana sve do naše istočne granice, jasno ste dali na znanje što će to značiti za Hrvatsku i posebno za našu županiju. Iščitavam to kao izražavanje maksimalne podrške u realizaciji projekta sa strane Brodsko-posavske županije kao i Vas osobno.*

*Obradovalo me kada ste nedavno u našem gradu prilikom obilaska radova na cestovnoj infrastrukturi ponovno, uz ostale planove, osjetili potrebu izdvojiti i naglasiti ono što znače planirani skorašnji zahvati vezani uz željeznicu kada je u pitanju gospodarstvo a i putnički promet.*



Slika 2. Kolodvor oko 1890. godine, Nova Gradiška

Za koju godinu konačno ćemo izići iz devetnaestog stoljeća u kojemu je 10. siječnja 1888. iz Sunje u Novu Gradišku stigao prvi vlak a 16. rujna 1889., nakon završetka pruge, i u Brod. Završetkom izgradnje posljednje etape od Vinkovaca do Mitrovice 1899. (za današnje pojmove neobično brzo) iste godine povezani su vlakovima Zagreb i Zemun. Zašto je spomenuto 19.

stoljeće? Naime u dvadesetprvo stoljeće ušli smo, kada je u pitanju željeznica, vraćanjem na ono što je u vrijeme prvih vožnji bio golem napredak, a to su prosječne brzine od pedesetak kilometara, tako da su se kolodvori udaljavali umjesto da se skraćivanjem vremena vožnje približe. O komforu putovanja ne treba ni govoriti. Isto se naravno događa i u prometu roba. Posljedice su itekako poznate. Sutrašnja modernizacija je znak da su konačno i Europa a i naša administracija shvatile da favoriziranje cestovnog lobija nije rješenje prometnih problema. Pоказало се, наиме, да је то веома скуп инфраструктурни промашај који нас је коштао губитак милијуна хектара непроценјивог пољопривредног и осталог земљишта уз веома високе цijene usluga. Modernizacijom uz primjenu najsvremenijih tehnoloških rješenje vraća se konačno dignitet željeznici. I to je pravo rješenje. Jer kolektivnom transportu daje prednost pred individualnim.



Slika 3. Kolodvor u Novoj Gradiški danas

#### Zašto ovo pismo?

Prije nekoliko godina, kada smo preko nekih gradičanskih veza u projektantskoj branši HŽ-a doznali što se spremaju u skoroj budućnosti, pokušali smo inicirati obnovu novogradiskog kolodvora kao rekonstrukciju zdanja koje je nastalo koncem devedesetih godina 19. stoljeća i koje je, unatoč bezbrojnim neuspješnim adaptacijama, u gabaritu i osnovnim elementima sačuvano. Nažalost, zbog raznoraznih gledišta subjektivne naravi, inicijativa je pretvorena u pokušaj. Budući da je prilikom prethodnih konzultacija nadležna konzervatorska služba pozitivno ocijenila mogućnost rekonstrukcije, bez obveza koje bi onemogućile suvremena funkcionalna i tehnološka rješenja u zgradama, mislim da još uvijek nije kasno da se ova kolodvorska zgrada sačuva kao jedan od rijetko sačuvanih artefakata iz vremena nastajanja na dionici željezničke pruge od Zagreba do granice sa Srbijom. Bio bi to i dokaz naše zrelosti i svijesti o potrebi čuvanja kulturne baštine.

### **A Nova Gradiška bi dobila prava vrata grada!**

*Poštovani župane, ne sumnjam da ćete podržati inicijativu za koju će interes sigurno pokazati i sadašnja rukovodeća ekipa iz HŽ-a. Pogotovo što realizacija ne bi iziskivala veće troškove. Ne sumnjam ni u podršku konzervatorske službe (posebno cijenjene ravnateljice Konzervatorskog odjela u Slavonskom Brodu). Postoji i mogućnost animiranja mađarskih stručnjaka koji imaju ogromno iskustvo jer su u Mađarskoj mnogi kolodvori sačuvani u svom prvotnom obliku pa su danas, između ostalog, značajna turistička atrakcija. (U našem slučaju može se govoriti i o finansijskoj podršci!)*

*U prilogu dostavljam staru fotografiju novogradniškog željezničkog kolodvora koju primih od gradišćanske zagrebačke veze. Ima i ljepših. No i ova je dovoljna da bismo pristupili angažmanu.*

*Zahvaljujući na razumijevanju stavljam Vam svoju malenkost na raspolaganje.*

*Uz lijep pozdrav i puno želja da i dalje uspješno brodite!*

## **5 Konsenzus struke i javnosti**

Nakon ovoga počelo se u stručnim krugovima intenzivnije razmišljati o angažmanu koji bi pomogao da se na optimalan način iskoristi prilika koja se pruža kako bi se polučili optimalni rezultati. Članstvo slavonskobrodskog i novogradniškog arhitektonsko građevinskog društva detaljno je upoznato s planovima. Konzervatori, stručnjaci Gradskog muzeja u Novoj Gradiški i članstvo Matice hrvatske u Novoj Gradiški, također. Poslane su potrebne informacije i lokalnim medijima. Svuda bezrezervna podrška i oduševljenje s najavljenim događanjima. **Novogradniško društvo arhitektonskih i građevinskih inženjera i tehničara od svoga osnutka aktivno je u rješavanju problema svoje sredine, posebno iz područja graditeljstva i urbanizma**, pa je već početkom devedesetih godina upozoravalo na potrebne zahvate koji će omogućiti kvalitetnije življenje, odnosno kvalitetniji grad.



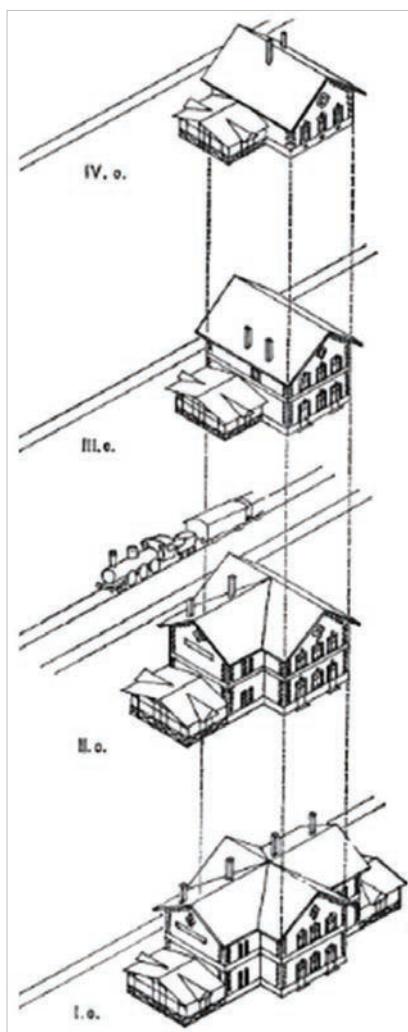
Slika 4. Pogled na kolodvor s jugozapadne strane

## 6 Nova Gradiška i željeznica

Vezano na željeznicu pitanje nedostatne visine podvožnjaka u Benkovićevoj ulici, jedinog deniveliranog križanja željezničkog i cestovnog prometa u zapadnoj Slavoniji, nije riješeno do danas, iako se grad u drugoj polovini dvadesetog stoljeća proširio južno od pruge i gotovo udvostručio broj stanovnika pa je pitanje veza južnog i sjevernog dijela grada, doslovno prepolovljenog željezničkim koridorom, postalo alarmantno. Urbanisti su u svojim razmišljanjima naznačili i ostale urgentne točke, pa vjerujem da će izrađivači studije predložiti kvalitetna rješenja. Pri tomu mi se čini da će najlakše biti rješiva denivelirana veza uz kolodvorsku zgradu jer će biti multifunkcionalna, a i visinska razlika okolnog tla pogoduje toj funkciji. Pri rješavanju ostalih prijelaza / groblje i Prvča / treba voditi računa o pješaku jer se najčešće u praksi osjeća čisti tehničistički pristup koji gotovo isključuje humanost. Da bi se to izbjeglo, trebalo bi se u projektiranju vratiti suradnji specijaliziranih stručnjaka, odnosno timskom radu.

Postojeći industrijski kolosijeci povezuju tvrtku TANG na zapadu, a na istoku staru industrijsku zonu koja posjeduje cjelokupnu infrastrukturu ali i mogućnosti za širenje u suradnji s općinom Rešetari, pa se nužno treba o tomu voditi računa. Međutim, u zadnjih dvadesetak godina stala je nova industrijska zona na jugu grada, uz autocestu i južnu gradsku obilaznicu. Zapadno je locirano veliko regionalno odlagalište otpada. Sve su to već danas značajni faktori koji će u budućnosti biti još jači interesenti za korištenje usluga željeznice, pa nema sumnje da se u studiji mora definirati mogućnost etapne realizacije veze s novogradniškim željezničkim kolodvorom i njegovim planiranim kapacitetom. Na novogradniškom kolodvoru tri građevine iz domene visokogradnje zahtijevaju naročitu pozornost. Na prvom mjestu je stanična zgrada, na drugom vodotoranj, a onda je bunker kod prijelaza na groblje, kao najmlađa građevina jer potječe iz II. svjetskog rata.

Na našem području u zadnjim desetljećima 19.-og stoljeća Mađari su vrlo studiozno pristupili izgradnji željeznicu. Ozbiljne rasprave o pravcima i prioritetima etapne gradnje vodile su se i na parlamentarnoj razini. Realizacija na terenu događala se na temelju razrađene tehničke do-



Slika 5. Tipizacija projekata

kumentacije. Za visokogradnju pripremljen je npr. katalog tipskih projekata koji su se primjenjivali ovisno o veličini naselja i planiranog kapaciteta. I tu se vodilo računa o budućim potrebama pa je predviđena i mogućnost etapne izvedbe proširenja. Ništa nije bilo prepusteno improvizaciji ili slučajnosti. Očito je to i na sačuvanom gabaritu novogradiške postaje. No, očito je da je u drugoj polovini 20-og stoljeća došlo do neshvatljivih devastiranja, naročito vidljivih u unutrašnjosti a nešto manje na vanjskim dijelovima. Sadašnje, loše rješenje putničkog dijela kolodvorske zgrade, za ilustraciju stanja, potiče putnika da se nakon kupovine karte na blagajni vrati preko ulaza na ulicu kako bi izbjegao prolaz kroz čekaonicu ili, ne daj Bože, boravak u njoj do dolaska vlaka.



Slika 6. Kolodvor oko 1920. godine



Slika 7. Kolodvor danas

## 7 Novi pristup

**Planirana modernizacija željeznica prisilit će nas da primijenimo pozitivna svjetska iskustva.** To će doduše tražiti i promjenu našeg mentalnog sklopa. Ne može se modernizacija svesti samo na realizaciju brzine od 160 km. Čak i sam to zahtijeva širi pristup od dileme koja je još u mnogim glavama: ukinuti što više željezničkih prijelaza pa si riješio problem. Ne ukinuti nego denivelirati! Naravno, na optimalnim mjestima. U gradovima dodatno brinući se o pješacima kojih ima s vrlo različitim mogućnostima. Iskustva koja smo stekli projektiranjem autocesta uvelike nam mogu pomoći.

**Modernizacija, osim primjene najsuvremenijih tehnoloških dosega znanosti, podrazumijeva i stvaranje optimalnih, atraktivnih, estetskih i funkcionalnih prostora bez kojih se danas ne može vratiti korisnike usluga.** Kriteriji koji su i kod nas primjenjeni u suvremenoj cestogradnji i zračnom prometu, moraju biti bezuvjetno primjenjeni i tijekom planiranja cjelokupne željezničke infrastrukture.

### 7.1 Mađarska iskustva i njihova primjena

Primjeri takva pristupa vidljivi su u svijetu, ali i u nama susjednim državama. Mađarska nam i dalje može poslužiti kao pozitivan primjer u kojem se ne prekida s tradicijom dosega iz pionirskih dana. Za našu temu zanimljive su kolodvorske zgrade.

Kod naših sjevernih susjeda velik je broj uspješno izvedenih suvremenim izričajem koncipiranih kolodvora. Raznih veličina. **Međutim, velik broj starih je restauriran, što govori o odnosu prema čuvanju baštine. Sada je to kapital jer je postao nacionalni brend koji je i turističkom gospodarstvu itekako zanimljiv.** Išli su čak i tako daleko da su jednu manju postaju kompletno, uključivo opremu, namještaj i odoru zaposlenih, nakon obnove zadržali u funkciji kao živ prikaz povijesti.



Slika 8. Karakteristična obrada pročelja

Pred nama je također obveza čuvanja baštine. Nadležni konzervatori su prosinca 2019. raspravljajući o zgradama, između ostalog, konstatirali da je zgrada kolodvora u Novoj Gradiški u evidenciji i posjeduje kulturno-povjesni značaj kao materijalno svjedočanstvo modernizacijskih procesa i razvoja željezničkog prometa na području RH, ali u današnjem obliku više ne posjeduje izvorni dekor pročelja, dok je na zgradama djelomično i mijenjana geometrija prozora, uklonjena izvorna stolarija i izvedene preinake. S obzirom na povjesni značaj zgrade, predlažemo da se eventualnom obnovom, ako je moguće, predvidi i rekonstrukcija izvornog izgleda dekora pročelja i izvornih prozorskih otvora, uz izradu stolarije prema povjesnom uzoru. To bi uređenje omogućilo uklanjanje neprimjerenih zahvata koji ugrožavaju vrijednost, a time bi se podigla kvaliteta korištenja onoga što je baštinjeno.



Slika 9. Kolodvor iz Relkovićeve ulice

Na tragu čuvanja baštine potrebno je razmotriti i očuvanje zgrade vodotornja koju je izvan funkcije stavila sada već davnih dana nova vuča vlakova dizelskim i električnim lokomotivama. Zgrada je relativno dobro sačuvana, ali je zbog neredovitog održavanja postala opasnost za prolaznike. Stotinjak metara jugoistočno izvanredno je sačuvan još jedan povjesni i posebno građevinski fakat. To je već spomenuti bunker. Zašto je zanimljiv? Građen od opeke i betona, više od sedamdeset i pet godina odolijeva prirodi koja nesmiljeno razara sve što nije održavano. Svjedoci smo kako je već nakon nekoliko godina po završetku Domovinskog rata počelo rapidno propadanje razorenih građevina. Za fenomen o iznimnom stanju bunkera zainteresirani su i naši eminentni znanstvenici iz institucija koje se bave građevnim materijalima. **Čuvanjem tih triju građevina, od kojih bi se moglo za vodotoranj i bunker razmišljati i o novoj namjeni korištenja, Nova Gradiška bi postala jedinstveno odredište na ovom željezničkom koridoru.**



Slika 10. Bunker

## 8 Kako dalje

I na kraju nekoliko pitanja koja se naprosto nameću. Danas je u našoj državi Hrvatskoj a naročito u Slavoniji, najaktualnije pitanje demografije.

Slažete li se da bi taj problem bio umogome manji da se iz Nove Gradiške do Zagreba moglo stići za četrdesetak, a iz Slavonskog Broda za petnaestak minuta više u komfornom vlaku?

Slažete li se da bi taj problem bio značajno manji da je postojala politika decentralizacije koja bi ravnopravno tretirala sva područja u našoj maloj zemljici, pa umjesto izgradnje primjerice novoga "Gredelja" u „metropoli“ Zagrebu, premjestila tu djelatnost u Slavonski Brod gdje je imala gotovu cjelokupnu infrastrukturu i, što je najvažnije, vrhunski educiranu i sposobnu radnu snagu?

Slažete li se da bi nam naš Zagreb kao glavni grad bio bliži u svakom pogledu a da pri tomu mladi ljudi ne bi žudili i fizički se preseliti u njega?

Slažete li se... No to je neka druga tema ali željeznica je poticaj da se krene.

Pa krenimo! Namjerno naglašavam množinu. Jer **Hrvatske željeznice ne mogu to same. Samo uz konsenzus na nivou države, koji će proizići iz decidiranih stavova struke na svim relevantnim nivoima, stvorit će se uvjeti u kojima će konačno doći do cjelovite realizacije, ne samo modernizacije nego i novih koridora.**



## **Rizik od potresa u Hrvatskoj i mjere njegova ublažavanja prema iskustvima nedavnih potresa u Albaniji**

Autor:

izv. prof. dr. sc. Josip Atalić

doc. dr. sc. Marta Šavor Novak

doc. dr. sc. Mario Uroš

Maja Baniček, mag. ing. aedif.

Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet  
Zagreb, Kačićeva 26

## Rizik od potresa u Hrvatskoj i mjere njegova ublažavanja prema iskustvima nedavnih potresa u Albaniji

Josip Atalić, Marta Šavor Novak, Mario Uroš, Maja Baniček

### Sažetak

Rizik od potresa je jedan od najvećih rizika s kojim je Hrvatska suočena, s potencijalno katastrofalnim posljedicama, a to potvrđuju rezultati svih postojećih procjena rizika. U radu je napravljen općeniti osvrt na rizik od potresa, istaknuti su problemi i izazovi s kojima smo suočeni, napravljen je kratki pregled postojećih procjena rizika od potresa uključujući i mjere za umanjenje koje se provode te prilike koje propuštamo. U konačnici su na temelju iskustava iz nedavnih potresa u Albaniji istaknute aktivnosti koje je nužno provesti, a koje mogu i dodatno potaknuti razvoj građevinarstva.

**Ključne riječi:** pouzdane procjene rizika od potresa, strategija, svijest o riziku od potresa, mjere za umanjenje rizika, potres u Albaniji

## Seismic risk in Republic of Croatia and risk reduction measures considering experiences from recent earthquakes in Albania

### Abstract

Seismic risk is one of the highest risks in Croatia, with potentially disastrous consequences, what has been confirmed by all conducted risk assessments. This paper presents a general overview of the seismic risk, points out the main problems and challenges that we face, gives a brief review on the existing risk assessments including the implemented mitigation measures and highlights all the opportunities that we have failed to seize. Finally, based on the experiences from recent earthquakes in Albania, the activities that are necessary to implement and which can further stimulate the development of civil engineering profession are highlighted.

**Key words:** reliable seismic risk assessments, strategy, seismic risk awareness, risk mitigation measures, earthquakes in Albania

## 1 Uvod

Veliku razinu ugroženosti Hrvatske i potencijalne katastrofalne posljedice razornog potresa ističu gotovo sve postojeće procjene rizika od potresa. Uvodno se može istaknuti gruba opisna procjena ugroženosti od potresa na razini države iz 2013. godine [1] koja ističe da je više od 30 % površine odnosno oko 60 % stanovništva izloženo jačim potresima s očekivanim značajnim posljedicama. Također, može se istaknuti da je u Hrvatskoj oko četvrtine stambenog fonda izgrađeno do 1964. godine pri čemu su zgrade projektirane uglavnom na vertikalna opterećenja, odnosno djelovanje potresa nije uzimano u obzir (samo djelovanje vjetra od horizontalnih opterećenja). Dodatnih više od pola stambenog fonda je izgrađeno tako da su projektirane i na nekoliko puta manju horizontalnu silu nego što je propisano današnjim seizmičkim propisima. Očita je ugroženost i starost stambenog fonda u državi, no nažalost isto se odnosi i na kritičnu infrastrukturu koja je uglavnom izgrađena prije više od 50 godina što je uobičajeni projektirani vijek građevina. Dodatno, veliku ugroženost potvrđuju i podaci o žrtvama i štetama iz povijesnih potresa u Hrvatskoj, ali i susjednih država koje su nam po fondu građevina donekle slične (detaljnije u poglavlju 2).

Unatoč očitim činjenicama, svijest o riziku od potresa u Hrvatskoj nije razvijena pa dodatnim aktivnostima (primjerice problematičnim rekonstrukcijama) ili propustima (loše održavanje) možemo i pogoršavati situaciju. Štoviše, ni nacionalna razvojna strategija (trenutno u izradi) ne razmatra rizik od potresa kao važan element unatoč činjenici da bi razorni potres, koji bi uništil dio stambenog fonda i/ili radna mjesta, mogao narušiti krhku ekonomsku stabilnost države, dodatno povećati sada aktualno iseljavanje stanovništva i u konačnici ugroziti društvenu i političku stabilnost države [2]. Ključni početni korak, temelj za definiranje jasnih strategija i planiranje konkretnih mjera jesu što pouzdanije procjene rizika od potresa, uključujući detaljnije procjene ugroženosti kritične infrastrukture. Nažalost, suočeni smo s brojnim izazovima (problemima) koji to onemogućavaju, a ključno je istaknuti nedostatak kontinuiranih ulaganja (za razliku od drugih država) u potrebna istraživanja. Kao najveći problem se ističu vrlo nepostojeće baze o građevinama i njihovim konstrukcijskim svojstvima, ali nužna su i dodatna istraživanja vezana za definiranje seizmičkog hazarda (opasnosti) te za procjene oštetljivosti građevina pri djelovanju potresa (opisano u poglavlju 3).

Sada u Hrvatskoj postoji niz različitih procjena rizika, izrađenih od stručnjaka različitih specijalnosti, koji primjenjuju različite pristupe (metodologije) što u konačnici može biti zbumujuće za širu zajednicu. Primjerice, pogrešna interpretacija od strane nestručnih osoba može izazvati paniku među građanstvom. Također, često se previdi činjenica da su procjene rizika najčešće prilagođene različitim potrebama (primjerice, za potrebe interventnih službi, zatim za usporedbe različitih područja izloženih potresom ili za usporedbe s drugim rizicima) pa rezultati mogu biti samo gruba aproksimacija. Nažalost, često se procjene izrađuju samo zato jer smo ih obvezni raditi (ili po uputama Europske komisije ili smo to propisali pravilnicima) i tako ostanu mrtvo slovo na papiru, odnosno iz njih ne izidu konkretne mjere za umanjenje rizika. S obzirom na to da se propušta uvidjeti važnost upozorenja koje proizlazi iz procjena rizika od potresa i da procjene imaju vrijedne doprinose koji mogu biti korisni za definiranje različitih mjera ublažavanja posljedica, napravljen je i kratak pregled postojećih službenih procjena u Hrvatskoj (poglavlje 4).

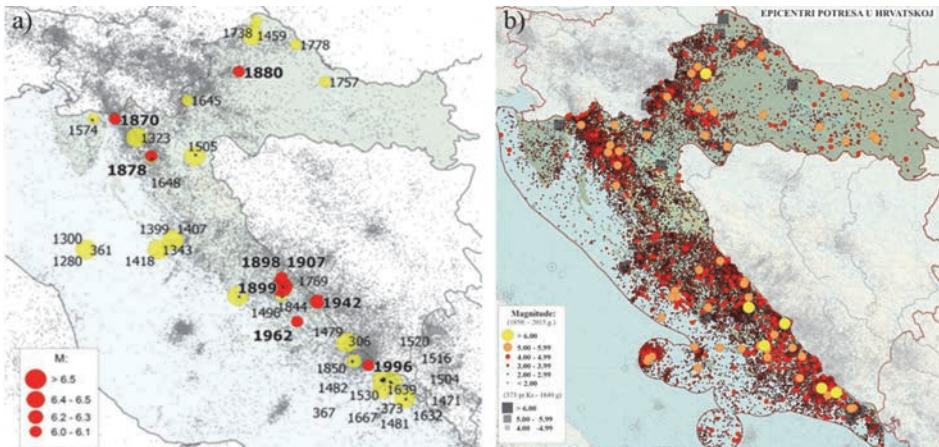
Za definiranje konkretnih mjera ublažavanja posljedica bilo bi korisno učiti iz iskustava danas vodećih država u istraživanjima (Japan, Čile, SAD, Italija i slično), koje su uglavnom retroaktivno djelovale, nakon što su pretrpjeli značajne gubitke. Ako pokušamo povući grupu usporedbu, mi se sada nalazimo u fazi kao Italija prije razornih potresa Molise 2002. i Abruzzo 2009. godine kad su aktivnosti bile minimalne, povremene, nepovezane i slabo su se implementirale u sustav. Mjere su se najčešće svodile na lokalno saniranje posljedica potresa (primjerice, potres u istočnoj Siciliji 1990), trenutačno poboljšanje propisa, nepovezana znanstvena istraživanja i slično. Nakon što su se, u relativno kratkom razdoblju, više puta suočili s razornim posljedicama, političari su bili "prisiljeni" napraviti jasniju strategiju umanjenja rizika. Brzo su osigurana značajna ulaganja od milijarde eura u sedam godina, dok su danas prema Nacionalnom planu prevencije seizmičkog rizika predviđena redovita godišnja sredstva u iznosu od 50 milijuna eura [3]. U Hrvatskoj je dobro osmišljen globalni sustav (vezan za rizike od katastrofa), ali ulaganja odnosno aktivnosti i mjere koje se provode su nedovoljne s obzirom na razinu rizika s kojim smo suočeni. Svi su svjesni da nije moguće u potpunosti eliminirati rizik od potresa, odnosno da nije moguće sve zgrade dovoljno pojačati kako bi bile otporne na djelovanje potresa, ali ključno je osvijestiti građane (posebice one koji donose odluke) čime bi se manje propuštale prilike za djelovanje. Primjerice, propustili smo iskoristiti radove na zgradama vezane uz energetsku učinkovitost za povećanje otpornosti na djelovanje potresa, a propuštamo i povezati brojne postojeće aktivnosti za prikupljanje nužnih podataka za pouzdanije procjene rizika (primjerice, podatke iz dozvola za gradnju, ozakonjenja građevina, energetskog certificiranja, popisa stanovništva i slično) - detaljnije opisano u poglavljju 5.

Na temelju opisanog stanja u Hrvatskoj i iskustava iz procjena oštećenja građevina nakon nedavnih potresa u Albaniji, napravljena je načelna usporedba dviju država i istaknuti su problemi koje je potrebno hitno rješavati. Također, dane su konkretnе smjernice za buduća djelovanja i mjere koje je potrebno provesti za umanjenje rizika uključujući mjere koje se mogu provesti i bez značajnijih finansijskih sredstava. Konačno, kao osnovni problem, koji povezuje gotovo sve prethodno navedeno, ističe se nerazvijenost svijesti o riziku od potresa. Imamo priliku naučiti iz primjera država poput Japana gdje se zajednica suživjela s rizikom što omogućuje da su sve aktivnosti u skladu s definiranim strategijama usmjerenim prema sigurnosti zajednice. Bitno je napomenuti da podizanje svijesti i brojne aktivnosti koje bi slijedile mogu dodatno potaknuti razvoj građevinarstva u Hrvatskoj.

## 2 Pouke iz prošlosti

Dobar uvid o potencijalnim katastrofalnim posljedicama mogućeg potresa u Hrvatskoj se može dobiti osvrtom na povijesne podatke, što je ubičajeni korak prilikom procjene rizika nekog područja jer se seizmička aktivnost povezuje s područjem odnosno globalnom teorijom tektonskih ploča. Na našem području su zabilježena dva katastrofalna potresa intenziteta X° MCS ljestvice (Mercalli-Cancani-Sieberg). Grad Cissa (na otoku Pagu) je 361. godine propao u more, a u gradu Dubrovniku je 1667. godine poginulo 3.000 ljudi i većina tadašnjih građevina je doživjela oštećenja [4]. Nužno je istaknuti i 21 potres stupnja IX te brojne slabije potrese koji su nas upozoravali kroz povijest (slika 1). Da se potresi ne događaju samo u povijesti, potvrđuju 36.733 evidentirana potresa u Hrvatskoj i okolicu od 2006. do 2015.

godine, od čega ih je 37 bilo magnitudo od 4,0 do 4,9 [5]. U posljednje vrijeme se godišnje u Hrvatski katalog potresa [6] uvrsti više od 12.000 potresa, a može se primijetiti da se u prosjeku jednom mjesечно u hrvatskim medijima izvještava o nekom potresu koji su ljudi osjetili na teritoriju Hrvatske ili o nekom događaju s razornim posljedicama u svijetu.



Slika 1. Epicentri potresa u Hrvatskoj od 373 prije Krsta do 2015. [4, 5]

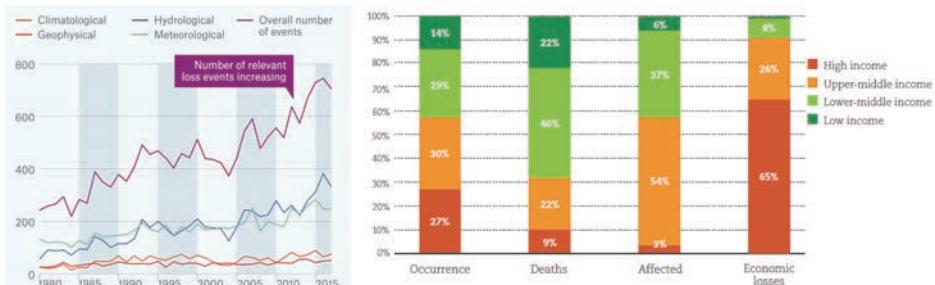
Nažalost, reakcija javnosti ili društva u cjelini se najčešće svede na komentare različitih stručnjaka i sve brzo utihne bez daljnjih aktivnosti. Jedan od osnovnih razloga nerazvijene svijesti o riziku od potresa je to što su u Hrvatskoj zadnje značajnije posljedice od potresa nastupile 1996. godine u Stonu u poslijeratnom razdoblju kada je područje Hrvatske bilo suočeno s mnogo gorim razaranjima. Potres je bio magnitudo  $M_L = 6,0$  prema Richteru, a procjenjuje se da je bio intenziteta VIII<sup>o</sup> MCS ljestvice. Tada je samo u manjem gradu poput Stona i njegovoj okolini (na površini od 400 km<sup>2</sup>) oštećeno oko 1900 građevina (slika 2). Potres u Stonu je jasno upozorio na izazove za organizaciju sustava prilikom većih katastrofa, što se posebice odnosi na procjene oštećenja nakon potresa (unatoč izvrsnoj reakciji inženjera [7]) i dugotrajni oporavak (nužno dugotrajno zbrinuti ljudi) [8]. Tada se nije iskoristila prilika za značajnije razvijanje svijesti o potresima i preventivnom djelovanju za buduće potrese ili ostale katastrofe što se moglo osjetiti prilikom nedavnih poplava u istočnoj Slavoniji (Gunja, 2014.) i naknadnih reakcija poput Zakona o saniranju posljedica katastrofe na području Vukovarsko-srijemske županije (NN 77/14).



Slika 2. Oštećenja nakon potresa u Stonu 1996. godine [9]

Već je istaknuto da su okviri sustava u Hrvatskoj dobro postavljeni, pri čemu se posebice može istaknuti "Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa" unutar Ravnateljstva civilne zaštite Ministarstva unutarnjih poslova (MUP), zatim različite aktivnosti i projekti Ureda za upravljanje u hitnim situacijama (Grad Zagreb) i brojne aktivnosti vezane za situacije nakon potresa (organizacija i edukacija intervencijskih postrojbi, formiranje MUSAR timova, vježbe i slično). Nažalost, s obzirom na razinu rizika od potresa i razmjere katastrofe koju možemo očekivati (poglavlje 4), to nije dovoljno. Ključno je pitanje o spremnosti, sposobnosti i kapacitetima sustava u slučaju potresa u nekom od većih gradova poput Zagreba, Splita, Rijeke ili Dubrovnika [10], gdje možemo očekivati ukupne štete reda veličine državnog proračuna Hrvatske i gdje je ključna brza reakcija nakon potresa, posebice s obzirom na problem iseljavanja koji bi se dodatno potaknuo.

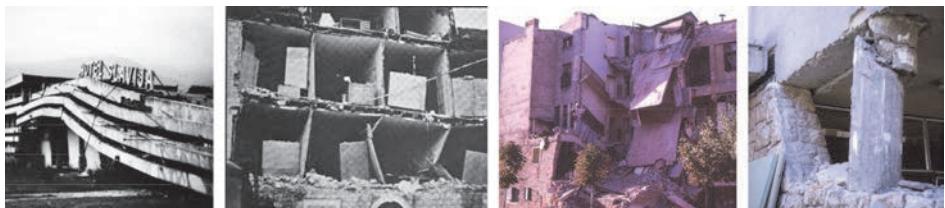
Štoviše, i istraživanja u svijetu upozoravaju na potencijalno velike probleme država poput Hrvatske, a u posljednjim desetljećima je uočen trend povećanja gospodarskih i društvenih gubitaka diljem svijeta. Značaj se može istaknuti primjerom 2011. godine kad je gotovo dvije trećine ekonomskih gubitaka nastalo zbog geofizičkih događaja (uglavnom razornih potresa) [11, 12]. U zadnjih dvadesetak godina (1998.-2017.) potresi su diljem svijeta uzrokovali više od 745.000 žrtava i štete u iznosu više od 661 milijarde US [13]. Slika 3.a upućuje na trend povećanja gubitaka, a može se istaknuti Italija koja se ubraja u prvih deset država s obzirom na ukupne gubitke unatoč velikom napretku u istraživanjima. Prema podacima iz UNDRR (UN Office for Disaster Risk Reduction), u zadnjih dvadeset godina ukupne štete su veće u razvijenijim državama (u koje se ubraja i Hrvatska prema zadnjim istraživanjima) s obzirom na veću vrijednost ugrožene imovine, dok je u manje razvijenim državama veći udio žrtava (slika 3.b).



Slika 3. a) Gubitci od prirodnih katastrofa u razdoblju 1980.-2017. [14]; b) Klimatski i geofizički gubici ovisno o razvijenosti države (ekonomskim prihodima) – 2017. [13]

Nažalost, gotovo u pravilu države reagiraju (djeluju) retroaktivno nakon što pretrpe značajne gubitke što je bio slučaj i na ovim prostorima kad se sustav pokrenuo nakon razornih potresa u Skopju 1963. (slika 4.c i 4.d) i Crnoj Gori 1979. godine (slika 4.a i 4.b). Potres u Skopju je bio procijenjene magnitude 6,1 prema Richteru, pri čemu je poginulo više od 1.000 ljudi i više od 40 % građevina je srušeno ili teško oštećeno, a ukupna šteta je procijenjena na 15 % GDP-a tadašnje države [15]. Nakon potresa probudila se svijest o riziku od potresa, potaknuta su istraživanja, te je 1964. godine usvojen novi propis [16] kojim se djelovanje potresa prvi put mora uzeti u obzir pri projektiranju građevina. Crnogorski potres je u nekim

dijelovima zemlje uzrokovao oštećenja na više od 80 % stambenog fonda, a ukupno je bilo oko 130 poginulih, više od 1.000 ranjenih i oko 80.000 ljudi je ostalo bez doma. Ukupna šteta je procijenjena između 2.7-3.5 milijardi dolara [17].



Slika 4. Posljedice potresa u Crnoj Gori 1979. godine: a) Hotel Slavija, b) obiteljske kuće [17] i u Skopju 1963. godine: c) zgrada, d) škola [18]

Nužno je istaknuti da je crnogorski potres uzrokovao oštećenja i u Dubrovniku koji je bio udaljen više od 80 km od epicentra, a pritom je oštećena 1.071 građevina koje se uglavnom ubrajaju u kulturno dobro poput Kneževa dvora, Dubrovačke katedrale, Tvrđave sv. Ivana i slično. Nakon potresa je pokrenut veliki projekt procjene razine oštećenja građevina, a slijedila je i seizmička rekonstrukcija. Potaknuti iskustvima istraživači su 1988. godine sistematizirali rad na definiranju seizmičkog rizika, izradi seizmičkoga mikrozoniranja, istražnim konstrukcijskim radovima, analizama seizmičke otpornosti, izradi prijedloga seizmičkog pojačanja i slično unutar monografije pod nazivom "Obnova, seizmičko pojačanje i konstruktivna sanacija spomenika kulture u staroj gradskoj jezgri Dubrovnika" [19]. Izdana je na zahtjev Zavoda za obnovu Dubrovnika s ciljem sistematizacije suvremenih dostignuća u znanosti vezano za problematiku potresa i pozitivan je primjer izvrsnosti, sistematizacije i cjelovitog rješenja [8].

Tih 70-tih i 80-tih godina su istraživanja vezana za rizik od potresa bila vrlo intenzivna i realizirano je nekoliko velikih projekata poput *Survey of the Seismicity of the Balkan Region* (UNESCO/UNDP) ili *Seismic Risk Reduction in The Balkan Region* (UNDP/UNESCO). U suradnji s američkom zakladom za znanost (National Science Foundation) od 1979. do 1985. se radilo na projektu *Building Construction under Seismic Conditions in the Balkan Region* (UNDP/UNIDO) pri čemu je objavljen niz knjiga, priručnika, radova [20, 21] sumirajući stečena iskustva. Brojna različita istraživanja i publikacije su pokrenuli znanstvenici s ovog područja, a treba imati na umu da je u Skopju organizirana prva konferencija o potresima *European Association for Earthquake engineering* (EAEE) 1964. godine i šesta u Dubrovniku 1978. godine. Općenito se može smatrati da su stručnjaci s ovog područja bili jedni od vodećih za rizik od potresa u Europi, a posebice su bili aktivni članovi Instituta za zemljotresno inženjerstvo i seismologiju (IZIIS) u Skopju. Situaciju u Hrvatskoj je značajno promijenio Domovinski rat i svijest o riziku od potresa je pala u drugi plan, a postojeća istraživanja kao da su se zaboravila. Hrvatska država nije nastavila tradiciju postojanja instituta kao što je IZIIS u Skopju koji bi povezivao sve aktivnosti vezano za rizik od potresa (detaljnije u poglavljju 5), a posljedice osjećamo danas (primjerice, nepovezane baze podataka, manjak osviještenosti građana i slično). Danas su vodeću ulogu u znanstvenim istraživanjima u Europi preuzele druge države poput Italije, Turske i Grčke, ali motivacija kao da se ponavlja – bili su suočeni s razornim potresima [8].

Još su svježa sjećanja i na nedavne potrese u Italiji (Molise 2002 [3], L'Aquila 2009 [22], Emilia Romagna 2012 [23], središnji Apenini 2016 [24]) koji su imali ozbiljne posljedice za stanovništvo, ekonomiju i društvo u cijelini (slika 5). Primjerice, uslijed potresa Molise 2002. godine se u gradiću San Giuliano srušila osnovna škola pri čemu je poginulo 27 učenika [3]. Potresi u provinciji Emilia Romagna 2012. godine, magnitude 5.7 i 5.8 su uzrokovali oštećenja 1.200 stambenih građevina i 600 industrijskih, a pritom je poginulo 27 ljudi. Financijska šteta je procijenjena na 12 milijardi eura [23], a treba istaknuti da je predviđeni seizmički hazard za područje bio manji nego u Zagrebu.



Slika 5. Posljedice potresa u Italiji: a) L'Aquila (2009) [22], b) i c) Emilia Romagna (2012.) [23], d) Amatrice (2016.) [24]

Zadnji razarajući potres u Zagrebu odnosno zadnji u nekom od većih hrvatskih gradova je bio 1880. godine intenziteta VIII° MCS ljestvice s epicentrom na području Medvednice. Razoren je bio veliki dio grada, gotovo sve zgrade su pretrpjеле neko oštećenje (službeno prijavljeno oštećenje 1.758 kuća), a oko 13 % zgrada se srušilo. Zagreb je tada imao manje od 30.000 stanovnika, a mnogo stanovništva se iselilo s obzirom na raspoložive mogućnosti i hladnu zimu [25] koja je dodatno ugrozila stanovništvo. Povijest kao da nas upozorava, a unatoč iskustvima iz prošlosti i kontinuiranim upozorenjima iz susjedstva, sve se brzo zabravlja odnosno svijest o riziku od potresa brzo opada. Pitanje koje se postavlja jest moramo li opet doživjeti katastrofalne posljedice razornog potresa da bismo značajnije/intenzivnije počeli djelovati?!

### 3 Izazovi (problemi) pri procjenama seizmičkog rizika u Hrvatskoj

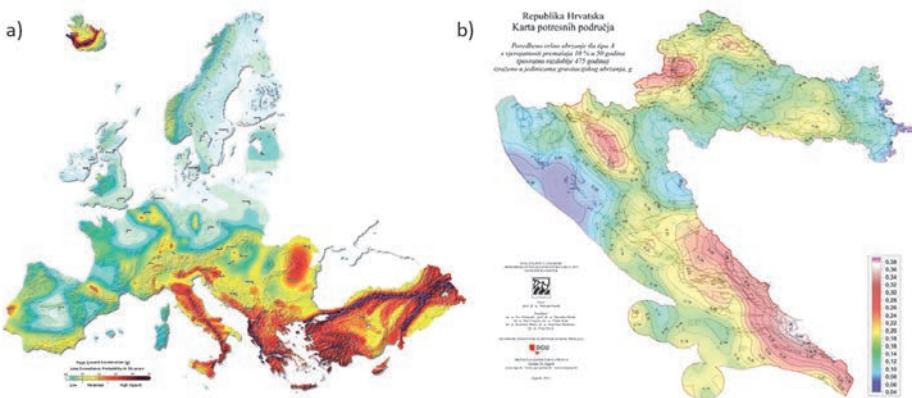
Glavni početni korak za strateško djelovanje jesu pouzdanije (preciznije) procjene rizika od potresa stoga će se u ovom poglavlju definirati rizik od potresa i njegove komponente, ali i istaknuti problemi pri definiranju parametara te mjere koje je nužno provesti za dobivanje pouzdanijih rezultata. Rizik od potresa se u pravilu definira kao kombinacija posljedica dođađaja (opasnosti) i odgovarajuće vjerojatnosti njegove pojave [26]. Procjena seizmičkog rizika najčešće polazi od očekivanog oštećenja postojećeg fonda građevina temeljem kojeg se proračunavaju moguće opasnosti za ljudsko zdravlje i život te odgovarajući finansijski gubici zbog nastale štete [27]. Zbog toga je pri uspostavi modela seizmičkog rizika ključno, osim seizmičke opasnosti/hazarda (primjerice vjerojatnost premašivanja određene razine podrhtavanja tla uslijed mogućih potresa u budućnosti), obuhvatiti izloženost izgrađenog okoliša (primjerice građevine izložene hazardu) te pridružiti odgovarajuću razinu fizičke oštetljivosti (engl. *vulnerability*) pojedinim tipovima građevina (vjerojatnost oštećenja ili gubitaka uslijed određene razine seizmičkog intenziteta) [8]. Znači, seizmički rizik se može kvantitativno izraziti u obliku konvolucije individualnih faktora (slika 6.): seizmičkog hazarda, izloženosti i oštetljivosti [28] koji će se u nastavku ukratko opisati.



Slika 6. Faktori koji sačinjavaju rizik od potresa [28]

#### 3.1 Seizmički hazard (opasnost)

Seizmički hazard možemo definirati kao učinke (primjerice podrhtavanje tla) koje potres može prouzročiti na promatranoj lokaciji i vjerojatnosti njihove pojave, a uzroke treba tražiti u skladu s globalnom teorijom tektonskih ploča koja objašnjava pomake Zemljine litosfere [10]. Definiranje seizmičnosti nekog područja je izrazito složeno i ovdje se neće detaljnije opisivati, ali se može grubo istaknuti da se uzroci nastanka potresa u Hrvatskoj povezuju s podvlačenjem Jadranske mikroploče pod Dinaride, kao posljedica kretanja Afričke ploče u odnosu na Euroazijsku čime se definira mediteransko-transazijski pojas visoke seizmičke aktivnosti (slika 7.a). Prikazana karta hazarda je rezultat istraživanja EU projekta SHARE (2017-2012) kojem je rezultat bio definiranje euro-mediteranskog modela seizmičkog hazarda (ESHM13), ali treba naglasiti da su projektu prethodila brojna istraživanja (detaljno opisana u [8]). S druge strane, za procjene rizika u Hrvatskoj se uglavnom koriste karte seizmičkog hazarda [29] izrađene na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu (PMF) Sveučilišta u Zagrebu, Geofizički odsjek (Herak i suradnici) koji su centar izvrsnosti za pitanje seizmičkog hazarda u Hrvatskoj. Karte (slika 7.b) su objavljene 2011. godine (dostupno na adresi: <http://seizkarta.gfz.hr>) te uvrštene u hrvatski Nacionalni dodatak važećih europskih propisa za projektiranje potresne otpornosti konstrukcija (Eurokod 8, HRN EN 1998-1:2011/NA:2011).



Slika 7. Očekivana horizontalna vršna ubrzanja tla tipa A (čvrsta stijena) za povratno razdoblje od 475 godina (vjerojatnost premašaja od 10 % u 50 godina): a) Na karti hazarda Europe [30] i b) Na karti potresnih područja u Hrvatskoj [29]

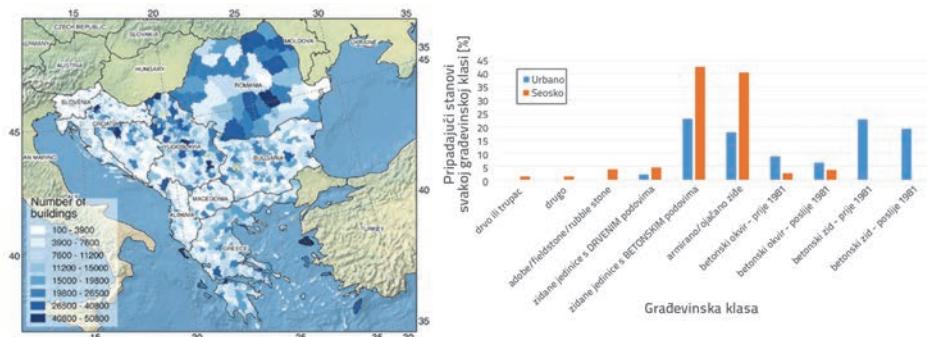
Postoje različiti pristupi definiranja seizmičkog hazarda (primjerice probabilistički i deterministički), ali neovisno o pristupima ključno je koristiti sve raspoložive podatke jer je kvaliteta i pouzdanost procjene hazarda usko povezana s kvalitetom i pouzdanosti ulaznih podataka. Primjerice, povećanjem gustoće mreže seismografskih i akcelerografskih postaja značajno bi se unaprijedila razina poznavanja seizmičnosti, dok bi detaljnija karta rasjeda omogućavala identifikaciju aktivnih i neaktivnih rasjeda te procjenu seizmotektonskog potencijala rasjeda. Stoga je ključno na razini države predvidjeti kontinuirana seizmološka, geološka i seizmotektonika istraživanja unutar kojih bi se i preciznije definirao seizmički hazard, a time bi doatile i pouzdanije procjene rizika. Istaknut će se provođenje mikrozonacije (zasad se samo mjestimično radi [31]), čime bi se preciznije odredio utjecaj tla od osnovne (čvrste) stijene do temelja konstrukcije koji se na postojećim kartama ne uzima u obzir. Također, karta (slika 7.b.) je napravljena na temelju 40.000 zapisa potresa, a Hrvatski katalog potresa [4] danas navodi podatke o više od 115.000 potresa u Hrvatskoj (i okolicu), što bi trebalo iskoristiti za ažuriranje karte (preporuke su svakih 5 godina) koja polako postaje zastarjela. Brojne su dodatne aktivnosti koje je potrebno predvidjeti, poput odabira reprezentativnih atenuacijskih relacija, izrada modela seizmičnosti i slično, ali unatoč svemu seizmički hazard (opasnost) u Hrvatskoj se ozbiljno istražuje za razliku od ostalih faktora seizmičkog rizika (slika 6).

### 3.2 Izloženost fonda građevina

Izloženost se može definirati kao razmjeri ljudske aktivnosti (primjerice prisutnost građevina) u područjima izloženim seizmičkom hazardu. Najvažniji dio podataka o izloženosti odnosi se na bazu podataka o postojećim građevinama (fond) jer oštećenje ili uništenje građevina prilikom djelovanja potresa značajno doprinosi društvenom i ekonomskom riziku [32]. Na popis zgrada se veže popis stanovnika, način korištenja (stambene, industrijske, kritična infrastruktura itd.), trošak zamjene zgrada (temelj proračuna financijskih gubitaka) i slično. Fond zgrada se uobičajeno opisuje odabranom taksonomijom pomoću koje se pojedini atri-

buti (primjerice godina izgradnje, materijal, konstrukcijski sustav, dimenzije, visina, katnost, pozicija u bloku, zaposjednutost i drugo), obuhvaćajući na ujednačen način, tako da se može provesti jednoznačna klasifikacija [8] jer se procjene rizika rade na "gruboj rezoluciji" (primjerice za grupacije sličnih zgrada).

Države uglavnom razvijaju svoju taksonomiju ovisno o specifičnoj tipologiji gradnje, a među najpoznatijim je US FEMA HAZUS u USA [33], dok je za područje Europe ključno istaknuti RISK-UE projekt [34] i inicijativu GEM (Global Earthquake Model). Primjerice GEM razvija globalno primjenjiv sustav za opis zgrada (GEM Basic Building Taxonomy) za sve države [35] gdje se za klasifikaciju koristi 13 atributa, a razvijena je i aplikacija koja se koristi prilikom pregleda zgrada. Definiranje izloženosti za područje Europe pokušao je obuhvatiti projekt NERA (Network of European Research Infrastructures for Earthquake Risk Assessment and Mitigation) kojim je zahvaćeno i područje Hrvatske (slika 8) [36].



Slika 8. Rezultati iz projekta NERA: a) Broj stambenih građevina dobivenih iz nacionalnih statističkih podataka, b) Zastupljenost stambenih jedinica po tipovima građevina u Hrvatskoj prema procjeni stručnjaka [36]

U projektu su prikupljani svi dostupni podaci (primjerice statistički podaci o stambenim jedinicama, podaci iz katastra, finansijska izvješća i slično), a pokazalo se da su podaci za područje Hrvatske vrlo manjkavi ili nedostupni. Inicijativa prikupljanja podataka je nastavljena i u nešto sveobuhvatnijem projektu SERA (Seismology and Earthquake Engineering Research Infrastructure Alliance for Europe, 2018.-2020.) u kojem sudjeluju i stručnjaci iz Hrvatske (detaljnije u sljedećem poglavljju).

Općenito se može zaključiti da je u Hrvatskoj izloženost vrlo slabo definiran parametar. Štoviše, rad na definiranju izloženosti je gotovo potpuno zanemaren, pa trenutačno postoje samo pojedinačne aktivnosti poput inicijativa u Zagrebu i Osijeku gdje se u suradnji s građevinskim fakultetima rade istraživanja i klasifikacija stambenog fonda. Kao primjer se može izdvojiti karta (slika 9.a) gdje je postojeći fond zgrada u Zagrebu grubo kategoriziran (podjeljen) s obzirom na karakteristične tipove građevina (nosivih konstrukcija), načina gradnje, razdoblja izgradnje (slika 9.b) i slično [37]. Unutar grube kategorizacije razvoja grada napravljeno je detaljnije razvrstavanje po karakterističnim tipovima zgrada (primjerice Jugomont JU-60 - slika 9a, zgrade izgrađene tunelskom oplatom, stambeni blokovi i slično) pri čemu je početno definirano 14 karakterističnih tipova koji su potom razrađeni na 42 tipa [8].

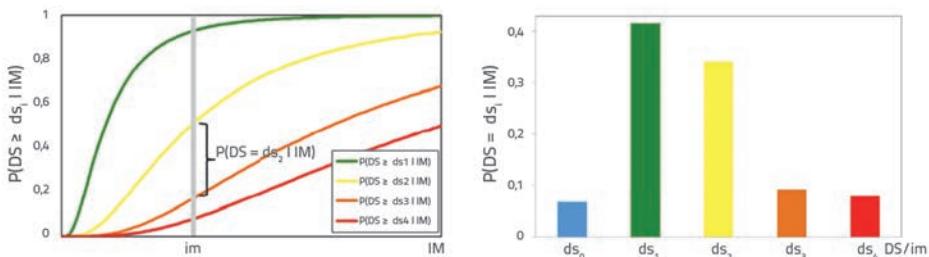


Slika 9. a) Područja karakterističnih tipova građevina u gradu Zagrebu s izdvojenom karakterističnom građevinom [10]; b) Dijagram rasta grada Zagreba [38]

Nažalost, pojedinačni napor teško mogu nadomjestiti što se unutar statističkih podataka ne obrađuju podaci o konstrukcijskim sustavima građevina (nisu predviđeni ni u novom popisu stanovništva 2021. godine). Štoviše, i oni dostupni općeniti podaci (godina izgrađenosti, katnost, kvadratura i slično) vežu se za stambene jedinice, a ne građevine. Bitno je istaknuti i neke specifičnosti za Hrvatsku poput vrlo slabo dokumentiranih rekonstrukcija koje značajno utječu na ponašanje konstrukcije pri djelovanju potresa (primjerice uklanjanje zidova prizemlja u prodajnim prostorima). Također, treba istaknuti velik broj nezakonito izgrađenih ili rekonstruiranih zgrada (u Hrvatskoj je zaprimljeno više od 900.000 zahtjeva za legalizaciju) što nije uobičajeno u EU. Nisu posebice isticane građevine kritične infrastrukture koje predstavljaju dodatni veliki problem i često nisu obuhvaćene analizom stambenog fonda jer su specifične te se najčešće usmjeravaju na pojedinačne analize (detaljnije u poglavlju 5). Može se zaključiti da je nedostatak pouzdanih podataka o fondu građevina jedan od najvećih izazova u procjenama rizika od potresa jer predstavljaju ključni element (ulazni podatak) za procjene [2, 8, 10].

### 3.3 Fizička oštetljivost izloženih građevina

Fizička oštetljivost se može definirati kao podložnost izloženih građevina učincima potresa (oštećenjima), a cilj njene procjene je odrediti vjerojatnost pojave zadane razine oštećenosti kod određenog tipa građevine zbog djelovanja potresa. U suvremenim procjenama rizika najčešće se razina fizičke oštetljivosti građevina opisuje pomoću krivulja oštetljivosti (engl. *Vulnerability curves*) često definiranih kao vjerojatnost gubitaka za određenu razinu djelovanja potresa, i/ili pomoću krivulja vjerojatnosti oštećenja često zvanih krivulje ranjivosti (engl. *Fragility curves*) koje predstavljaju vjerojatnost prekoračenja određenih graničnih stanja, npr. fizičkih oštećenja, za određenu razinu djelovanja potresa (slika 10). Tijekom povijesti su se razvile različite metode za procjenu fizičke oštetljivosti koje se mogu podijeliti na empirijske i analitičke (oba pristupa se mogu upotrijebiti i u različitim hibridnim metodama) te pristup baziran na inženjerskoj procjeni stručnjaka. Sve metode procjene oštetljivosti procjenjuju oštećenje na diskretnim ljestvicama oštećenja, a najčešće je korištena EMS98 ljestvica [39] s kategorijama oštećenja od I do V (tablica 1), pri čemu se vrlo grubo definiraju oštećenja konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata te opasnosti za sigurnost korisnika (opisi oštećenja u tablici su skraćeni) za određenu tipologiju građevina (više sličnih zgrada) [8].



Slika 10. Primjer krivulja vjerojatnosti oštećenja (ranjivosti) za različite kategorije oštećenja [40]

Tablica 1. Kategorije oštećenja prema EMS98 ljestvici [39]

Kategorizacija	I	II	III	IV	V
	Blago oštećenje	Umjereno oštećenje	Značajno oštećenje	Vrlo teško oštećenje	Otkazivanje
AB					
zidane					
opis	zanemarivo konstrukcijsko oštećenje i blago nekonstrukcijsko oštećenje	blago konstrukcijsko oštećenje i umjereno nekonstrukcijsko oštećenje	umjereno konstrukcijsko oštećenje i teško nekonstrukcijsko oštećenje	teško konstrukcijsko oštećenje i vrlo teško nekonstrukcijsko oštećenje	vrlo teško konstrukcijsko oštećenje

Postoji puno različitih pristupa i metodologija za procjenu fizičke oštetljivosti građevina, a formiranje baze krivulja oštetljivosti za pojedinu državu je ključno za pouzdanije procjene rizika. Hrvatska se djelomično može osloniti na globalne inicijative poput HAZUS, GEM, ER2 i slično, ali nažalost nije moguće u potpunosti iskoristiti navedene baze s obzirom na primjenjivost, odnosno prilagodbu tradiciji i kulturi gradnje na pojedinom području. Potrebni podaci su jako vezani za lokalne specifičnosti pojedine države ili regije odnosno na način gradnje kroz povijest (kvaliteta gradnje, specifične građevine itd.), promjene propisa, dostupne materijale, lokalne uvjete tla itd. Očito je da se u Hrvatskoj nastavno na istaknute probleme s definiranjem izloženosti izravno naslanjavaju problemi procjene oštetljivosti postojećeg fonda građevina, odnosno s nepouzdanim ulaznim podacima vrlo je teško procijeniti očekivano ponašanje građevine [8]. Za europski prostor se mora istaknuti projekt SYNER-G [41] u kojem je sistematiziran napredak u razvoju baza i metodologija za procjene oštetljivosti uključujući stambeni fond, kritičnu infrastrukturu, promet itd. Krivulje oštetljivosti

vosti su se istraživale još u bivšoj državi [42], a sada se istražuju i razvijaju na sveučilištima u Osijeku i Zagrebu za što je potrebno provesti mnogobrojne složene numeričke analize. Kompletiranje baze krivulja oštetljivosti za pojedinu državu je dugotrajan i kontinuirani proces kojem je potrebno pristupiti cjelovito, uzimajući u obzir (povezujući) i ostale komponente seizmičkog rizika.

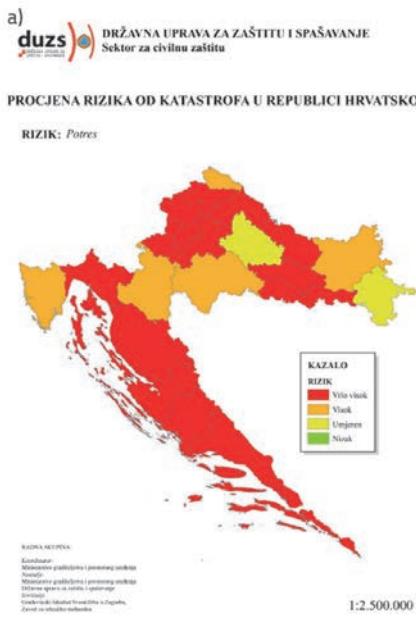
Konačno, sve boljim (preciznijim) definiranjem svakog od faktora rizika od potresa dobivamo precizniju procjenu seizmičkog rizika uključujući i gubitke, socijalne ili ekonomske što je u konačnici i okidač za strateška djelovanja. Treba istaknuti da procjena ukupnih gubitaka uključuje direktne (primjerice obnove građevina ili uklanjanja ruševina i ponovne izgradnje) i indirektne (primjerice zastoji u proizvodnji, troškovi zbrinjavanja ljudi i slično) gubitke za čiju procjenu su potrebne izrazito složene ekonomske analize. Proces dobivanja pouzdanih procjena rizika je izrazito složen (detaljno opisan u radu [8]) i vezan na sve prethodno spomenute nepouzdanosti/manjkavosti, ali je izrazito vrijedan i na njemu je potrebno kontinuirano raditi (istraživati).

## 4 Postojeće procjene rizika od potresa za Hrvatsku

Pristupanjem Europskoj uniji Hrvatska je preuzela i obveze upravljanja rizicima od katastrofa što uključuje i procjene rizika od katastrofa. Hrvatska vlada je 2014. godine pokrenula procedure prema ostvarenju zadanih ciljeva pri čemu su se pokušale povezati sve relevantne institucije u Hrvatskoj za pojedini rizik. Za rizik od potresa za koordinatora je odabранo Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja (MGIPU), nositelji su bili tadašnja Državna uprava za zaštitu i spašavanje (DUZS) i MGIPU, a izvršitelji Seizmološka služba Hrvatske, Geofizički zavod s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (PMF), fakulteti arhitekture, geotehnike i građevinarstva, Hrvatski geološki institut i Državna geodetska uprava. Unatoč složenim uvjetima Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu je preuzeo odgovornost i postao glavni izvršitelj za izradu procjene rizika od potresa te odradio sve zahtijevane zadaće ponajviše uz pomoć Seizmološke službe i PMF-a.

Sve provedene aktivnosti su slijedile *Smjernice za izradu nacionalne procjene rizika od katastrofa u Republici Hrvatskoj* izdane od strane Državne uprave za zaštitu i spašavanje (2014. godine), a u skladu sa smjernicama *EK Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management SEC (2010) 1626* te dokumentom HRN ISO 31000 *Upravljanje rizikom*. Rad je započeo identifikacijom najvećih rizika za Hrvatsku pri čemu se istaknuo rizik od potresa, uz poplave i požare. Slijedila je detaljnija razrada za odabrane rizike, pri čemu je analiziran "najvjerojatniji neželjeni događaj" i "događaj s najgorim mogućim posljedicama" za scenarij *Podrhrtavanje tla u gradu Zagrebu uzrokovanovo potresom na razini povratnog razdoblja uskladenog s propisima za projektiranje potresne otpornosti* [43]. Ideja ove prve procjene je bila postaviti temelj (usmjерiti) za buduće procjene u smislu da je prikazana cjelokupna slika stanja istraživanja (u Hrvatskoj i svijetu), detaljno je opisana suvremena metodologija za procjene rizika (dotad se nije primjenjivala u Hrvatskoj), priložena je teorijska podloga za svaku od komponenti rizika od potresa, napravljena je analiza raspoloživih podataka za svaku komponentu s naglaskom na manjkavosti koje onemogućuju pouzdanije (preciznije) procjene. Ključnu manjkavost vezanu za probleme izloženosti građevina se pokušalo na-

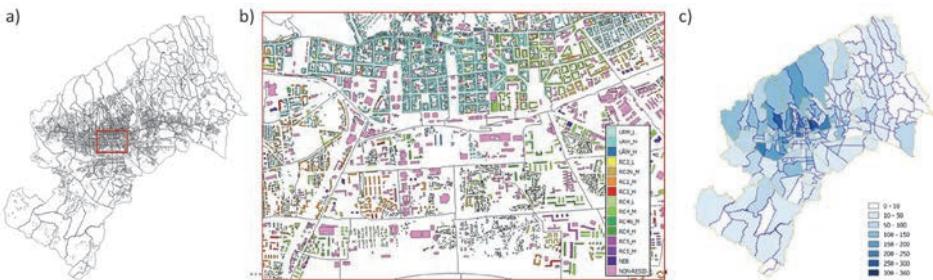
domjestiti kreiranjem posebnih Obrazaca za procjenu očekivanog oštećenja (slika 11.b). U konačnici su obrađeni podaci iskorišteni za grubu procjenu rizika od potresa na razini županija (slika 11.a) [8]. Općenito se može zaključiti da je opisana analiza vrlo gruba i predstavljala je samo početni iskorak prema suvremenim procjenama rizika, ali ipak zadovoljavajuća s obzirom na zadane kriterije unutar smjernica za procjene. Rezultati su pokazali (istaknuli) da rizik od potresa ima katastrofalne posljedice (najveća kategorija) u svim kategorijama (život i zdravlje ljudi, gospodarstvo i društvena stabilnost i politika), i to sa značajno većim vrijednostima u odnosu na ostale rizike, ali s malom vjerojatnosti događaja.



Slika 11. a) Procjena rizika za županije, b) Obrasci za procjenu očekivanog oštećenja karakterističnog tipa građevine pri djelovanju potresa na razini povratnih perioda usklađenih s propisima za projektiranje [43]

Proces upravljanja rizicima je nastavljen pa je tijekom 2018. godine izrađena Procjena kapaciteta upravljanja rizicima za Republiku Hrvatsku pri čemu su analizirani administrativni, tehnički i finansijski kapaciteti uzimajući u obzir aktivne i potencijalne sudionike te dokumente iz kojih proizlazi obveza ili koji uredjuju djelovanje. Prema raspoloživim podacima započet je rad na strateškom djelovanju analizirajući trenutačno stanje, najvažnije probleme i što je potrebno napraviti. U nastavku je napravljena i procjena sposobnosti analizirajući ključna pitanja definirana od EK, a u konačnici se analiziralo postojeće procjene rizika, napravilo planiranje upravljanje rizicima i potencijalnih mjera za smanjenje rizika te mjera pripravnosti.

S obzirom na razinu rizika dobivenu procjenom iz 2015. Godine, inzistiralo se na dodatnim analizama i nadopuni pa je tijekom 2018. godine napravljena ažurirana procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku – Potres [44]. To je najnovija procjena rizika za Hrvatsku i predstavlja značajan iskorak prema preciznijim procjenama, a napravljena je u skladu sa suvremenim znanstvenim istraživanjima. Ažurirana procjena se naslanja na procjenu rizika iz 2015. godine i njom su se pokušale nadomjestiti prethodno uočene manjkavosti, na istom scenaruju s obzirom na iznimnu važnost grada Zagreba. Napravljena je detaljnija administrativna podjela na grada (na 218 mjesnih odbora – slika 12.a, dok je prije bilo na 17 gradskih četvrti), identificirani su najčešći tipovi konstrukcijskih sustava (njih 14) u gradu, određen je udio svakog pojedinog tipa u ukupnom broju stambenih zgrada za svaki mjesni odbor (svaka zgrada je kategorizirana – slika 12.b), svakom tipu konstrukcijskog sustava je pridružen broj stanovnika (za procjenu broja mogućih žrtava) i slično. Na slici 12 mogu se vidjeti podaci o konstrukcijskim sustavima zgrada za neke mjesne odbore, uneseni u GIS sustav, koristeći najnoviju ortofoto kartu grada iz 2018. godine kao podlogu. Analiza oštetljivosti izloženih građevina i troška se provela koristeći krivulje vjerojatnosti oštećenja (krivulje ranjivosti) i krivulje oštetljivosti. Ukupni novčani gubitci i procjena smrtno stradalih osoba uslijed zadanih scenarija djelovanja potresa, proračunani su za svaki mjesni odbor, što se može vidjeti u GIS prikazu (slika 12.c) troškova u milijunima eura. Općenito se može zaključiti da je ova procjena priključak suvremenim svjetskim istraživanjima, ali treba imati na umu da tek nakon kontinuiranih detaljnih istraživanja svakog od faktora seizmičkog rizika (poglavlje 3) možemo govoriti o pouzdanim (preciznijim) procjenama [8].

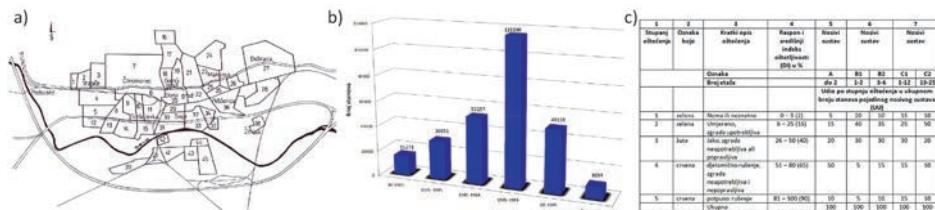


Slika 12. a) Karta Zagreba s granicama mjesnih odbora, b) Tipovi konstrukcija označeni na karti, c) Troškovi u milijunima eura

Rad na procjenama rizika se kontinuirano nastavlja i može se istaknuti da je naknadno analiziran i jedan deterministički (realniji) scenarij koji predstavlja povijesni zagrebački potres i napravljena je još detaljnija kategorizacija zgrada sa 42 podtipa. S druge strane, rad na procjenama rizika od potresa u Hrvatskoj nije započeo zahtjevima EK, ali činjenica je da se, za razliku od ostalih ugroženih država u Europi, njime bavilo periodički i nesustavno. Osim opisanih nacionalnih (službenih) procjena (prema zahtjevu EK), u Hrvatskoj postoje i druge procjene rizika koje koriste različite pristupe i metodologiju, izrađene od stručnjaka različitih disciplina (profesija). Stručnjaci iz različitih perspektiva pokušavaju popuniti praznine i riješiti brojne nedoumice izazvane manjkom pouzdanih podataka. U radu [8] su detaljno

kronološki opisane sve procjene rizika od potresa napravljene za Hrvatsku s naglaskom na doprinose svake od njih, međusobno pozicioniranje, ali i kritički osvrt na manjkavosti. U nastavku će se ukratko istaknuti neke od procjena radi dobivanja cijelovitije slike o trenutačnom stanju u Hrvatskoj.

Prvo istraživanje objavljeno u Hrvatskoj jest procjena rizika od potresa za grad Zagreb iz 1992. godine (Anićić i sur.) [45]. Cilj istraživanja je bila procjena šteta na stambenom fondu i procjena stradalih s obzirom na organizaciju sustava, pripreme, definiranje strategije i upućivanja na koji način precizne procjene rizika mogu pomoći organizaciji sustava (mnogi nisu svjesni ni danas). Napravljen je i osvrt na sve tada dostupne podatke (uključujući seizmičko mikrozoniranje) i definiranje smjernica za budućnost (većina ni do danas nije ispunjena). Procjena je napravljena za uže područje grada Zagreba koji je podijeljen na 45 zona (slika 13.a) prema vremenu izgradnje, broju građevina, broju katova zgrada, konstrukcijskom sustavu i gustoći naseljenosti. Postotak zastupljenosti zgrada određenog konstrukcijskog sustava je procijenjen na temelju iskustva zato što podaci nisu bili dostupni (nažalost još uvijek nisu), a procjene su napravljene koristeći matrice oštetljivosti (slika 13.c). Procjena je napravljena prema tadašnjim znanstvenim istraživanjima i trebala je poslužiti kao poticaj za nastavak istraživanja, a izrazito je važna jer se godinama koristila kao osnova za procjene rizika od katastrofa županija i gradova u Hrvatskoj i još uvijek se koristi iako se može smatrati zastarjelom s obzirom na napredak u znanosti.

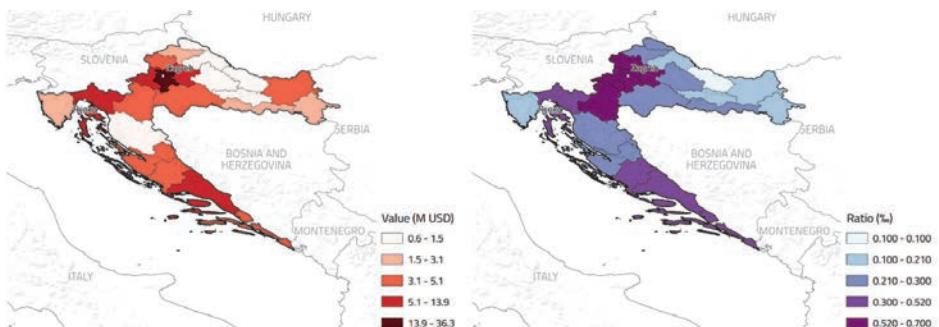


Slika 13. a) Podjela grada Zagreba na 45 područja [45]; b) Broj stanova po razdobljima izgradnje [46]; c) Primjer matrica oštetljivosti [46]

Na osnovi Zakona o zaštiti i spašavanju (NN 174/04, 79/07, 38/09 i 127/10), te Pravilnika o metodologiji za izradu procjena ugroženosti i planova zaštite i spašavanja (NN 38/08) propisano je napraviti procjene ugroženosti od katastrofa za Hrvatsku, županije, gradove i općine, koje su u pravilu uključivale i procjene ugroženosti od potresa. Novim Pravilnikom o smjernicama za izradu procjena rizika od katastrofa i velikih nesreća za područje Republike Hrvatske i jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave (NN br. 65/16) napravio se iskorak prema usklađivanju sa smjernicama iz EK. Bitno je istaknuti da je potres unutar tih procjena razmatran vrlo grubo zajedno s analizom nekoliko odabralih rizika za razmatrano područje. Procjene su mogli raditi stručnjaci ovlašteni od strane DUZS-a (odredba naknadno ukinuta), s tim da je razina stručnosti vrlo neujednačena i što su procjene radili stručnjaci različitih specijalnosti. Većina procjena sadržava kronološki pregled prošlih potresa u okolini i opće podatke o seizmičnosti područja, a opasnost (hazard) se uobičajeno definira korištenjem dostupnih karata (nažalost često se koriste zastarjele karte). Izloženost građevina unutar procjena se najčešće analizira kroz podjelu stambenih jedinica po razdobljima pri-

mjene pojedinih propisa (dostupni statistički podaci – slika 13.b) na način da se određenom razdoblju pridruži karakteristična tipologija zgrade (primjerice do 1964. su pretežno zidane zgrade i slično). Za procjene oštećenja gotovo uvijek se koriste matrice oštetljivosti (slika 13.c) vezane za intenzitet potresa i konstrukcijski sustav [46]. Dobiveni rezultati su različite detaljnosti ovisno o razmatranim jedinicama samouprave (gradovi, općine, gradske četvrti ili odabранe zone). Bitno je istaknuti da se u procjenama gotovo uvijek spominju i građevine kritične infrastrukture, ali se najčešće ne analiziraju odnosno upućuju se na detaljnije analize, a na tom koraku se prekida primjena izrađenih procjena. Općenito se može zaključiti da su korištene analize u procjenama vrlo grube i s obzirom na manjkave baze podataka, uvelike ovise o pretpostavljenim vrijednostima oslanjajući se na inženjerske procjene i iskušto stručnjaka. Najveći problem su vrlo površni podaci o konstrukcijama, koje stručnjaci različito obrađuju (kategoriziraju), a kao pozitivan primjer treba istaknuti Grad Zagreb, koji kontinuirano ulaze u istraživanja, pa su procjene sve razrađenije i preciznije [8].

Za potpunu sliku je potrebno još jednom istaknuti projekt SERA unutar kojeg je pokrenuto objedinjavanje i usklađivanje u jedinstveni model seizmičkog rizika za cijelu Europu [47]. Projekt je nastavak velikih europskih projekata, poput projekata SHARE (analiziran seizmički hazard), projekta NERA (analizirana izloženost građevina) i projekta Syner-G (analizirane krivulje oštetljivosti). Konačni cilj je procjena rizika za cijelu Europu i Europska karta rizika (očekuje se u travnju 2020.). Rezultati analiza bit će dostupni kroz GEM platformu [48], a očekuje se daljni kontinuirani razvoj modela kroz nove projekte, sve s ciljem razvoja strategija za umanjenje rizika. Općenito se može zaključiti da točnost modela izravno ovisi o ulaznim (priklapljenim) podacima (nužan kontinuiran rad), koji primjerice za Hrvatsku nisu pouzdani. Konačni rezultat (slika 14.) bit će vrlo koristan kao jedna reprezentativna analiza prema zasad dostupnim podacima, ali i za usporedbe s ostalim članicama EU. Bitno je istaknuti da su znanstvenici iz Hrvatske aktivno uključeni u razvoj ove globalne procjene rizika kroz kontinuiranu suradnju (uključujući i autore ovog rada).



Slika 14. Predviđeni prosječni godišnji gubici i relativni prosječni godišnji gubici uzrokovani potresima u Hrvatskoj [48, 49]

Zaključno, opisane postojeće procjene uglavnom postavljaju okvire odnosno usmjeravaju prema najugroženijim dijelovima ili upozoravaju na kritične dijelove sustava, ali sve se u konačnici treba "spustiti" na lokalnu razinu s konkretnim mjerama jer će inače rezultati

ostati mrtvo slovo na papiru. Primjerice, ako povežemo sve procjene rizika od potresa napravljene za Zagreb: od prve (1992.), zatim tri od Ureda za upravljanje u hitnim situacijama Grada Zagreba (2011., 2016. i 2018.) i dvije unutar nacionalnih procjena (2015. i 2018.), mogu se istaknuti grubo zaokruženi rezultati: očekuje se od oko 25.000 do 65.000 značajno oštećenih stambenih jedinica (grubo oko 20 %), od 2.000 do 9.000 poginulih, uvijek više od 100.000 koje je potrebno zbrinuti, te materijalnoj šteti od 3,0 do 15,0 milijardi eura. Iako se procjene u dijelovima dosta razlikuju, podaci jasno pokazuju da treba kontinuirano ulagati kako bi se dobile sve pouzdanije procjene, ali i da treba hitno provoditi mjere ublažavanja rizika od potresa (ne treba čekati pouzdanje procjene) dok još uvijek imamo vremena (pričiku).

## 5 Mjere za umanjenje rizika od katastrofa

U prethodnim poglavlјima je dan opći pregled situacije vezano za problematiku rizika od potresa i kratki pregled postojećih procjena što bi trebala biti osnova za donošenje početnih strategija, ali i konkretnih mjera za umanjenje rizika. Svi postojeći podaci govore o mogućim katastrofalnim posljedicama, a u službenim dokumentima [43, 44] i na konferencijama Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa se ističe da je rizik od potresa neprihvatljiv za Hrvatsku [50]. Treba prihvati tu činjenicu i iskoristiti dobro postavljene okvire sustava te početi značajnije ulagati jer aktivnosti koje se provode na umanjenju posljedica nisu dovoljne s obzirom na razinu očekivane katastrofe.

Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa, formirana na državnoj razini, jest primjer kvalitetno postavljenog sustava. Platforma koordinira brojnim aktivnostima uključujući i procjenama rizika pri čemu povezuje stručnjake i znanstvenike s nadležnim državnim tijelima čime se sveobuhvatnije suočavamo s rizikom od katastrofa. Osim realizacije već spomenutih Nacionalnih procjena rizika od potresa (2015. i 2018. godine), realiziran je i niz projekata čiji se rezultati implementiraju u sustav odgovora na katastrofe. Primjerice, treba spomenuti projekt Matilda (MultiNAcional moduLe on Damage Assessment and Countermeasures) koji je bio dio jednog većeg programa financiranog od EK (Civil Protection Preparatory Action on an EU Rapid Response Capability), a realiziran je od 2014-2016. godine. Osnovna ideja projekta je bila prijenos znanja (Italija) i razvijanje sposobnosti za međunarodne hitne slučajeve koji se po potrebi aktiviraju u okviru Mechanizma Unije za civilnu zaštitu i ostvariti što bolju koordinaciju civilne zaštite u slučaju katastrofe (slika 15). Bitan element projekta je bio uključivanje građevinskih stručnjaka u procese procjena oštećenja zgrada nakon potresa i suradnju s interventnim postrojbama. Povezivanjem znanstvenika s Građevinskog fakulteta u Zagrebu, stručnjaka iz prakse i interventnih postrojbi ostvarena je suradnja koja povezuje različita znanja i iskustva s ciljem optimalne reakcije nakon razornih potresa. Rezultati i iskustva iz projekta se postupno implementiraju u hrvatski sustav kroz vježbe (Istra 2017, ZG POTRES 2018, Cascade'19), radionice te uključivanje građevinskih stručnjaka u MUSAR timove i slično [8, 51]. Slijed ovih aktivnosti je uzrokovao i pozivanje hrvatskog tima u prosincu 2019. godine u Albaniju na procjene oštećenih građevina.



Slika 15. Edukacija i vježbe s EU projekta Matilda [51]

Od ostalih aktivnosti bitno je istaknuti aktivnosti Ravnateljstva civilne zaštite MUP-a na projektu *Na putu do smanjenja rizika od katastrofa* s ciljem edukacije djece školske dobi i podizanje svijesti građana o prijetnjama u Republici Hrvatskoj. Jedan od elemenata projekta je i nabava potresnog simulatora kako bi djeca i građani mogli osjetiti snagu potresa te pokušati izgraditi model građevine otporne na potres. Takve aktivnosti su izrazito bitne jer je osvješćivanje zajednice ključan korak prema cijelovitom rješavanju problematike rizika od potresa i jedna od ključnih mjera koju Hrvatska mora provesti. Posebice treba istaknuti stavljanje naglaska na rizike od katastrofa unutar predsjedanja Hrvatske Europskom unijom i organizacijom konferencije pod nazivom: Civil Protection Presidency Workshop on “Multi-sectoral Disaster Risk Management Investments – MultiDRR” (siječanj 2020.) gdje su povezani svi akteri na razini EU i analizirane su različite mogućnosti financiranja.

Na lokalnoj razini nužno je istaknuti mjere Ureda za upravljanje u hitnim situacijama Grada Zagreba koji je pokrenuo strateški projekt br. 11, gdje se nastoje stvoriti realne prepostavke za ublažavanje i saniranje posljedica potresa kao jedne od potencijalno najvećih katastrofa koje mogu zadesiti grad Zagreb. Unutar projekta su pokrenute različite aktivnosti, a vezano za rizik od potresa ključna je Studija za saniranje posljedica potresa [37]. Studija se provodi u okviru Razvojne strategije grada Zagreba u suradnji s Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, a rad na Studiji traje od 2013. godine. Studija je prvotno zamišljena kao podrška opsežnijem projektu [52] unutar kojeg je planirano napraviti detaljnu procjenu rizika za grad Zagreb, što je jedan od ključnih strateških projekata za Hrvatsku. Projekt je predložen od strane Ureda za upravljanje u hitnim situacijama Grada Zagreba i Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (Aničić i sur.), a pokriva većinu istaknutih problema u poglavljju 3. Glavni je cilj projekta doći do novih spoznaja koje će poslužiti službama Grada Zagreba da odluče o mjerama koje treba poduzeti kako bi se ljudske žrtve i gospodarski gubici nakon velike prirodne katastrofe sveli na najmanju moguću mjeru. Očekuje se da rezultati projekta budu prekretnica za analize rizika u Hrvatskoj i da tek nakon realizacije jednog takvog projekta, koji će omogućiti detaljnije podatke o konstrukcijama, možemo govoriti o pouzdanim pro-cjenama rizika od potresa. Ipak, treba biti svjestan da ni taj projekt neće trajno riješiti brojne probleme u Hrvatskoj, ali može poslužiti kao velik iskorak u pogledu osvješćivanja građana i odgovornih institucija prema značajnijem djelovanju [8].

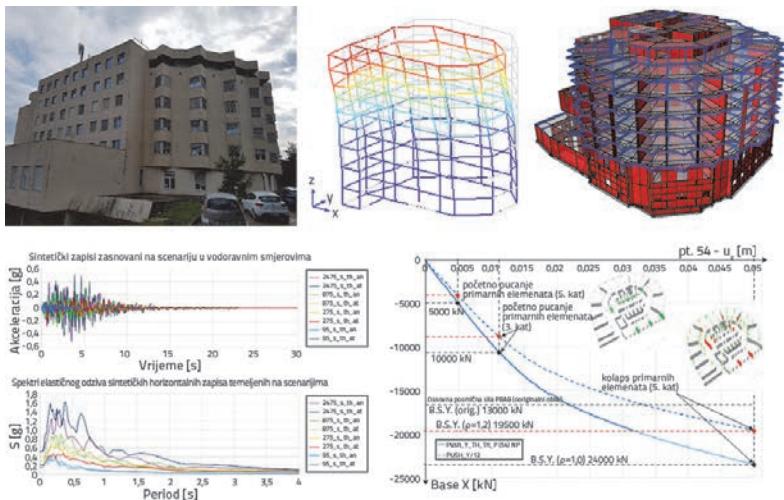
Iščekujući realizaciju projekta, tijekom sedam godina rada na Studiji, u kojoj je sudjelovalo mnogo stručnjaka, obrađene su brojne teme vezane za aktivnosti prije i poslije potresa slijedeći primjere Italije, a sukladno raspoloživim mogućnostima (detaljno opisane u [8] [53]

[54]). Od brojnih obrađenih tema, posebice treba istaknuti organizaciju pregleda oštećenih građevina nakon potresa uz izradu obrazaca za pregledne i testiranje tih obraza na različitim vježbama što je uvelike pomoglo prilikom procjena oštećenja zgrada u Albaniji. Također, rađene su detaljne eksperimentalne (mjerjenje ambijentalnih vibracija) i numeričke analize odabranih građevina (slika 16), a pokazalo se da rezultati mogu biti višestruko iskoristivi. Primjerice, analizama je dobiveno načelno vrednovanje odnosno ocjena stanja i očekivanog ponašanja građevine pri djelovanju potresa, što može biti korisno za preciznije procjene rizika jer se rezultati mogu ekstrapolirati na veći broj građevina istog ili sličnog tipa. Za svaku analiziranu građevinu su označena kritična mjesta, a to se može iskoristiti za definiranje konkretnih prijedloga seizmičkih pojačanja što je ključna mjera za smanjenje rizika. Također, rezultati mogu pomoći u definiranju planova održavanja ili ograničenja intervencija (primjerice problematičnih rekonstrukcija) unutar zgrade čime se može povećati sigurnost i produžiti uporabni vijek građevine. Konačno, prilagođeni rezultati detaljnih analiza mogu pomoći i interventnim službama osiguravajući im ključne podatke u hitnim situacijama nakon razornih potresa (kritična mjesta, sigurne zone i slično) [55, 56].



Slika 16. Izabrani primjeri zgrada detaljno analiziranih u Studiji [8]

Jedan od sličnih pozitivnih primjera je realizacija projekta “Resilience Enhancement of ADriatic basiN from firE and SeiSmic hazards – READINESS” unutar kojeg se analiziraju građevine od posebne (strateške) važnosti poput škola i bolnica u tri županije [57]. U realizaciji projekta su sudjelovali Prirodoslovno-matematički i Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, a posebice treba istaknuti izrazito složenu i detaljnu analizu Opće bolnice u Dubrovniku koja uključuje *state-of-the-art* ispitivanja dinamičkih parametara i numeričkih proračuna (slika 17). Ovakvi projekti, odnosno investicije u analize potresne otpornosti, od presudne su važnosti jer su građevine kritične infrastrukture uglavnom starije od 50 godina što je uobičajeno razdoblje na koje su se konstrukcije projektirale, a one bi morale biti u funkciji nakon djelovanja potresa (prioritetne i za seizmička pojačanja). Izvrstan primjer su i mjere Zavoda za obnovu Dubrovnika koji kontinuirano ulaže u pojačanja zgrada stare jezgre pod nazivom “Aseizmička sanacija blokova zgrada” (od 2000. godine), a trenutačno rade na projektu “Plana upravljanja zaštićenom spomeničkom cjelinom grada Dubrovnika” koji vodi Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.



Slika 17. Detaljna analiza Opće bolnice u Dubrovniku: a) fotografija analizirane građevine, b) rezultati eksperimentalnih mjerjenja ambijentalnih vibracija, c) numerički model, d) zapisi ubrzanja u vremenu, e) krivulja kapaciteta nosivosti zgrade [8, 57]

Rezultati detaljnih analiza su izvrsna podloga za definiranje konkretnih mjera pojačanja čime bi se podigla razina sigurnosti zajednice za djelovanje potresa. Pojačanja u pravilu zahtjevaju značajnije investicije za što u Hrvatskoj zasad nisu ostvarene prepostavke, pa je bitno promišljati u smjeru iskoriščavanja ostalih trenutno aktualnih aktivnosti poput energetske obnove. Prvu priliku za povezivanje (uključivanje) seizmičkih pojačanja s radovima (aktivnostima) vezanim za energetsku obnovu smo propustili, ali nova prilika se ukazuje jer je 2018. godine Vijeće EU revidiralo Direktivu vezanu za energetsku obnovu (Directive 2018/844). Unutar direktive je istaknuta važnost i seizmičke obnove zgrada u seizmički ugroženim područjima [8], posebice zgrada koje prolaze značajnu rekonstrukciju. Hrvatska je odluku implementirala unutar Izmjena i dopuna Zakona o gradnji (NN 125/19, članak 47a) pa postoji nuda da će se preporukama iz EU pogurati stvari u pravom smjeru. Ova odluka je potaknuta od zemalja koje su ugrožene potresom, a imaju visoku razinu osviještenosti što omogućuje da se unutar sustava pokušavaju povezati sve potrebne aktivnosti. Primjerice, u Hrvatskoj nemamo takvu razinu osviještenosti jer unutar procedura koje se već provode propustilo povezati i ostale potrebne aktivnosti. Primjerice, podatke o konstrukcijskim svojstvima građevina, što je ključno za rješavanje glavnog problema vezanog za procjene rizika (poglavlje 3.2), propustili smo prikupiti unutar postupka prikupljanja podataka za energetsku obnovu ili certificiranje zgrada, ali i postupka ozakonjenja nezakonito izgrađenih zgrada. Štoviše, i redoviti popis stanovništva koji je planiran 2021. odbija uključiti takve podatke što je uobičajena praksa u većini država (primjerice i u Albaniji). Dodatno, i održavanje građevina je vezan problem, a mogu se istaknuti nedavne rasprave o održavanju mostova ili zgrada u kojima se rizik od potresa (pojačanje građevine) uopće ne spominje, niti je uključen u projektni zadatak održavanja.

Jasan je manjak finansijskih sredstava u Hrvatskoj (ključni problem), ali zato je nužno kontinuirano osvješćivati sve aktere te povezivati se s ostalim financiranim aktivnostima koje mogu pomoći. Važnost povezivanja svih aktivnosti u cjelinu se opet može uočiti na primjeru Italije gdje su se nakon razornih potresa početkom ovog stoljeća formirali centri izvrsnosti koji su počeli biti konkretna znanstvena podrška sustavu, primjerice: INGV (National Institute for Geophysics and Volcanology), ReLUIS (Network of research laboratories of earthquake engineering) i EUCENTRE (European Centre for Training and Research in Earthquake engineering) i slično. Ključan iskorak je bio potres u Abruzzu 2009. nakon kojeg političari više nisu mogli ignorirati rizik i napravljen je program koji je predvidio značajna ulaganja. Kroz nacionalni program prevencije je implementiran široki spektar mjera (direktnih i indirektnih) za umanjenje rizika od potresa. Direktnim mjerama se povećavala otpornost konstrukcija na djelovanje potresa, što se posebice odnosi na kritičnu infrastrukturu (mostovi, škole i slično), ali nisu zanemarene ni privatne zgrade. Indirektnе mјere su prije svega vezane za povećanje znanja (istraživanja) o seizmičkom hazardu i otpornosti građevina te ograničenjima sustava za upravljanje hitnim situacijama, ali i ključnog povećanja svijesti građana. Već je istaknuto ukupno ulaganje od gotovo milijardu eura ulaganja u sedam godina, a vezano za prethodno istaknute teme može se istaknuti 200 milijuna € za izradu provjera seizmičke otpornosti (2003. godine) i oko 750 milijuna eura za pojačanje javnih građevina [3].

Stoga, jedan od strateških prioriteta Hrvatske treba biti značajnije ulaganje u Hrvatsku platformu za smanjenje rizika od katastrofa, a s obzirom na razinu rizika od potresa, i formiranje specijaliziranog centra za potrese kakav ima većina država izložena velikom riziku od potresa. Kroz takav centar bi se kontinuirano obrađivali istaknuti problemi/izazovi vezani za faktore seizmičkog rizika koji su opisani u poglavlju 3. Primjerice, povezivanje seizmoloških, geoloških, geotehničkih i seizmotektonskih istraživanja poslužilo bi za bolje definiranje seizmičkog hazarda (opasnosti). Za bolje definiranje izloženosti ključno je povezivati sve dostupne baze podataka u formu opsežne ("ultimativne") baze podataka o građevinama koja bi obuhvaćala statističke podatke, podatke iz arhiva, iz projekata (znanstvenih i stručnih), odnosno cilj je iskoristiti sve dostupne attribute (opisani u poglavlju 3.2) koji mogu pomoći za procjene seizmičkog rizika. Takva baza je vrijedna jer se može iskoristiti i za prikupljanje brojnih ostalih podataka koji se mogu povezati s raznim potrebama (primjerice intervenčnih službi u situacijama nakon djelovanja razornih potresa). Procjene oštetljivosti zgrada se izravno nadovezuju na podatke o hazardu i izloženosti, a baza podataka o oštetljivosti mora povezivati sva dostupna istraživanja (u Hrvatskoj i svijetu), dodatno predviđjeti istraživanja lokalno specifičnih zgrada, kritične infrastrukture (bolnice, škole, mostovi) i svih ostalih parametara potrebnih za preciznije procjene, definiranje strategija i konkretne mјere. Sve baze je nužno kontinuirano razvijati i nadopunjavati te prilagođavati ih različitim potrebljima. Prethodno navedeno jasno ističe nužnost povezivanja stručnjaka (objedinjavanje znanja) i institucija (od državnih do lokalne samouprave) kroz centar (s legitimitetom poput IZIIS-a) gdje bi se svi prikupljeni podaci analizirali, uskladivali prema suvremenim znanstvenim dostignućima, iskorištavali za različite potrebe (osvješćivanje građana, izradu različitih uputa, osiguranje građevina, predlaganje seizmičkih ojačanja i slično) što će u konačnici, korak po korak, dovesti do umanjenja posljedica djelovanja potresa [8].

Dodatni poticaj navedenim aktivnostima može biti Sendai okvir za smanjenje rizika od katastrofa 2015-2030 (UN-ov dokument donesen 2015. godine) koji ističe sedam ciljeva i četiri

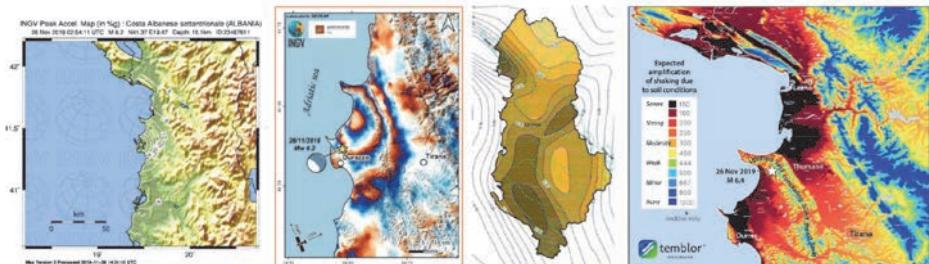
prioriteta za djelovanje kako bi se spriječili novi i smanjili postojeći rizici od katastrofa, a među osnovnim ciljevima je smanjenje ljudskih žrtava, izravnih ekonomskih gubitaka te šteta na kritičnoj infrastrukturi uslijed prirodnih katastrofa. Potiče se i djelovanje znanstvenoistraživačke zajednice usmjereno na faktore i scenarije rizika od katastrofa, a posebice za regionalne, nacionalne i lokalne primjene [58]. Nadalje, ističe se činjenica da je otpornost na katastrofe među ključnim aspektima održivog razvoja; u vezi s tim poziva institucije EU da osiguraju da to načelo dobije središnje mjesto u budućim mjerama održivog razvoja u Europi i da se uzme u obzir u budućim europskim fondovima i projektima. Zaključci Sendai okvira su pisani općenito, ali zahvaćaju gotovo sve prethodno istaknute probleme prisutne u Hrvatskoj pa samo ostaje pitanje naše prilagodbe i strategije kako sve aktivnosti povezati i iskoristiti za dodatni rast građevinarstva u Hrvatskoj [8].

## 6 Iskustva (lekcije) iz nedavnih potresa u Albaniji

Albanija je nova žrtva razarajućih potresa u ovom dijelu Europe, a prema dostupnim izvještajima i konkretnim iskustvima (iz procesa procjena oštećenja građevina) mogu se povući mnoge poveznice s Hrvatskom. Osnovna poveznica je zajednička Jadranska mikroploča koja definira seizmičku aktivnost u ovom dijelu Europe. S obzirom na klasifikaciju potresa prema magnitudama, seizmičnost Albanije je karakterizirana velikom mikroseizmičnošću ( $1,0 < M \leq 3,0$ ), mnogim malim potresima ( $3,0 < M \leq 5,0$ ), rijetkim potresima srednjeg intenziteta ( $5,0 < M \leq 7$ ) i vrlo rijetkim snažnim potresima ( $M > 7,0$ ) [59]. Dosad nisu zabilježeni potresi magnitude preko 7,0, ali je u 20. stoljeću bilo 11 potresa većih od 6,0 [65]. Prema [60], očekivana vršna ubrzanja tla na osnovnoj stijeni za povratni period od 475 godina se u jugoždrenijim dijelovima države, sjeverozapadnom i jugozapadnom, kreće od 0,3 do 0,38g, a prema procjeni GEM-a čak do 0,44g [61].

Nakon više od 30 godina relativno mirnog razdoblja u rujnu 2019. godine se dogodio potres magnitude  $M_w$  5,6 u blizini Drača. Potres je uglavnom uzrokovan štete na vrlo starim zidanim građevinama (ukupno oštećeno više od 1.500 zgrada), a ozlijeđeno je više od 80 ljudi [62]. Nakon nekoliko manjih potresa, 26. studenog se dogodio glavni udar magnitude  $M_w$  6,4 (na dubini 20 km) u Draču nakon kojeg je slijedilo stotinjak naknadnih potresa (*aftershock*). Značajno podrhtavanje je zabilježeno i u glavnom gradu Tirani, a osjetilo se u cijeloj regiji pa i u Hrvatskoj. Nakon potresa satelitskim snimcima su izmjereni pomaci tla od približno 10 cm (slika 18.b). Potres je trajao tridesetak sekundi, ali zbog problema sa snimanjem zapisa (samo je djelomično zabilježen) se pretpostavlja da je maksimalno ubrzanje u Draču bilo oko 0,2g (0,12g je zabilježeno u Tirani – slika 18.a) [63]. U postojećim izvještajima je zaključeno da je takav potres predviđen kartom opasnosti iz 2003. godine (slika 18.c) pri čemu se za Drač predviđa 0,35g (poslije Tirane grad za koji je definiran najveći rizik).

Nakon potresa različite institucije su napravile mnogobrojni izvještaji prikazujući mnoge podatke i rezultate prethodnih istraživanja koja u Hrvatskoj uglavnom još uvijek nisu provedena (istaknuto u poglavljju 3). Izvještaji [64] [65] posebice ističu kartu mikrozonacije (slika 18.d) s istaknutom tiranskom depresijom i izrazito lošom kvalitetom tla u području Drača (kategorije tla D i E) zbog čega je očekivana značajna amplifikacija (uz obalno područje i likvefakciju). U potresu je smrtno stradala 51 osoba, pri čemu je 47 osoba stradalo unutar 10 srušenih zgrada (slika 19), a oko 1.000 ih je bilo ozlijeđeno.



Slika 18. Potres u Albaniji: a) vršno ubrzanje tla u %  $a_g$ , b) satelitska snimka pomaka tla (INGV), c) službena karta opasnosti d) očekivana amplifikacija s obzirom na uvjete tla, [65]

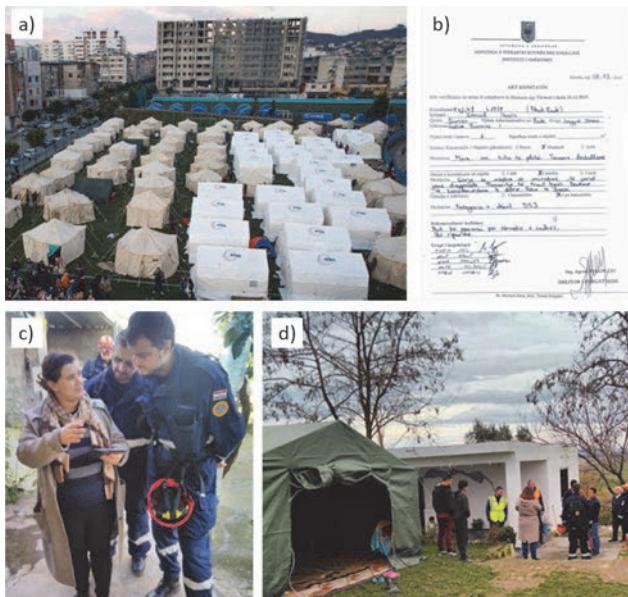
Izvještaj [64] od 8. siječnja 2020. govori o 15.500 oštećenih zgrada pri čemu 27 % ima teška oštećenja, a izvještaj [66] od 14. prosinca govori da je 12.181 osoba živjela u privremenim smještajima (slika 20.a). U ovaj podatak nisu uključeni ljudi koji su smješteni kod svojih poznanika i rodbine (pretpostavlja se još toliko), a od zbrinutih ljudi 4.149 ih je smješteno u hotele, 395 u društvene domove, 254 u sportske dvorane, a 7.383 ljudi, naviše njih u ruralnom području, smješteno je u šatore uz njihove kuće (slika 20.d). Oštećene zgrade su uglavnom iseljene u iščekivanju pregleda stručnjaka koji moraju odlučiti o dalnjem postupanju, odnosno ovisno o razini oštećenja, procijeniti je li zgrada sigurna za život i ovisno o oštećenjima može li se sanirati ili se mora ukloniti.



Slika 19. Posljedice potresa u Albaniji 2019. [64]

S obzirom na razmjer katastrofe i da se približavala zima, Vlada Republike Albanije je 26. studenoga, odmah nakon razornog potresa, podnijela zahtjev za međunarodnu pomoć putem Koordinacijskog centra za odgovor na hitne situacije (ERCC - The Emergency Response Coordination Centre) mehanizma Unije za civilnu zaštitu. Osim Hrvatske, odazvalo se nekoliko članica EU, ali i zemlje članice UN-a te uglavnom sve susjedne zemlje. Ravnateljstvo civilne zaštite MUP-a Republike Hrvatske je mobiliziralo tim s potražnim psima odmah nakon potresa i tim za procjenu oštećenja građevina koji je poslan desetak dana kasnije. Tim za procjenu oštećenja (Croatia Task Team) sastojao se od pet inženjera s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i tri člana taktičko-tehničke potpore iz DIP CZ Rijeka (slika 23). Ukupno je odrđeno oko 70 procjena, a ne ulazeći u detalje istaknut će se neka od iskustava koja se mogu izravno povezati sa situacijom u Hrvatskoj (opisanom u prethodnim poglavljima) i koja mogu poslužiti kao motivacija za aktivnosti kojima bi se mogle umanjiti potencijalne posljedice.

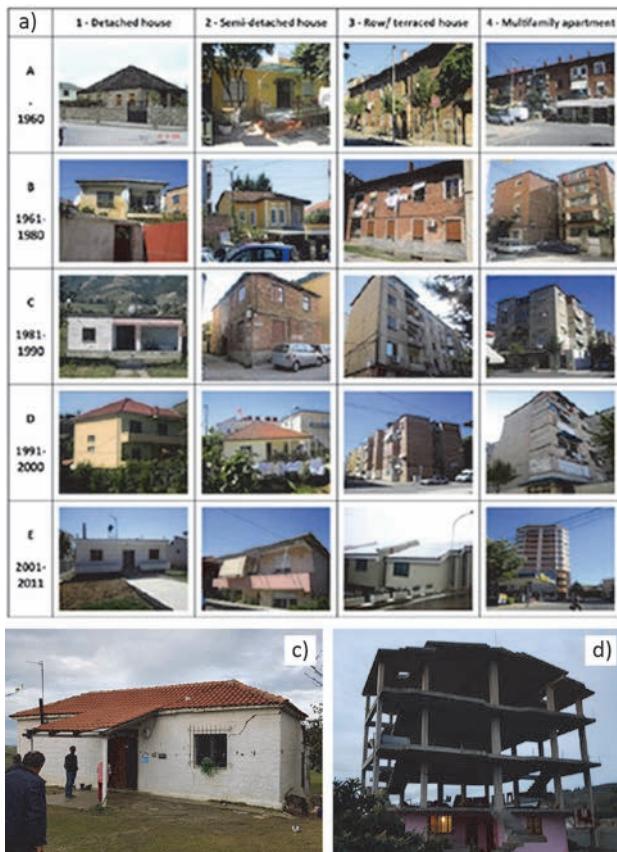
Postupak pregleda i ocjenjivanja oštećenosti zgrada se uglavnom sastojao od ispunjavanja pripremljenog Obrasca za pregled oštećenja (slika 20.b) koji sadrži osnovne informacije po put kratkog opisa zgrade i lokacije, građevnog materijala, opisa i ocjene stupnja oštećenja prema Europskoj makroseizmičkoj ljestvici EMS 98 (opisano u poglavljju 3.3), ocjenu je li zgrada uporabljiva i općenite preporuke za sanaciju (oporavak). Obrasci su bili samo na albanskem jeziku pa se za timove moralo osigurati i prevoditelje koji su ga i ispunjavali, ali uz dosta problema u komunikaciji (posebice vezano za stručne termine). Oko petnaest dana nakon potresa Vlada je Republike Albanije organizirala nove obrasce koji se koriste za detaljne preglede (puno više podataka) uz korištenje tableta i prikladnu aplikaciju. Aplikacija je bila na albanskom jeziku (iako je izvorna podloga UN-ova aplikacija), a ideja je da podatke ispunjavaju lokalni inženjeri u suradnji s međunarodnim timovima (slika 22.c).



Slika 20. a) Privremeni smještaj u Draču [64], b) Obrasci i postupak pregleda oštećenih građevina, c) i d) fotografije s terena

Za Hrvatsku je vrlo bitno da iskoristi iskustva iz Albanije i intenzivno radi na pripremi službenih Obrazaca za pregledе oštećenja građevina nakon djelovanja potresa. Treba istaknuti da su prve inicijative već pokrenute, a mogu se iskoristiti i iskustva iz nedavnih poplava u Gunji (2014. godine) kad se na terenu pojavilo nekoliko različitih (improviziranih) obrazaca. Ključno je obrasce prilagoditi situaciji u Hrvatskoj i potrebama odnosno aktivnostima koje se očekuju nakon razornih potresa. Također, osim samih obrazaca ključno je i educirati inženjere što se pokazalo važnim za ujednačene i pouzdane podatke. Na vježbama unutar projekta Matilda (opisan u poglavlju 5) pokazalo se da inženjeri, ako nisu precizno upoznati što se od njih očekuje, znaju donositi različite inženjerske odluke za ista oštećenja na građevini (subjektivno). Na nekoliko građevina u Albaniji hrvatski je tim bio drugi ili čak treći tim koji je dolazio na istu lokaciju jer se sumnjalo u točnost procjene. Jedan od osnovnih motiva priključivanja lokalnog inženjera međunarodnim timovima (koji su prošli edukacije i vježbe) jest i njihova ubrzana edukacija na konkretnim primjerima. Sama edukacija nije dugotrajna i građevinski inženjeri je mogu vrlo brzo svladati, posebice oni s iskustvom u praksi. Prema informacijama iz Albanije, iskusni stručnjaci koji su zaposleni u tvrtkama nisu u mogućnosti kontinuirano (duže vrijeme) pregledavati građevine i potpuno zanemariti poslove u tijeku, pa su pregledе obavljali i studenti. Nažalost, pokazalo se da takve procjene mogu biti problematične, posebice s obzirom na iskustvo i preuzimanje odgovornosti. Dodatni problem pojedinim studentima može biti činjenica da nisu slušali predmete poput Dinamika konstrukcija ili Potresno inženjerstvo, što je slučaj za više od pola studenata na Građevinskom fakultetu u Zagrebu.

Imajući sve navedeno u vidu, a posebice postojeće rezultate procjena rizika od potresa (poglavlje 4) koji predviđaju velik broj oštećenih građevina, osim lokalnih inženjera bit će nužno prihvati i međunarodnu pomoć (kao i Albanija). Unutar strateškog promišljanja o situaciji nakon potresa to treba uzeti u obzir i pripremiti se da se što efikasnije iskoriste stručnjaci koji dolaze. Dodatno, s obzirom na to da se u prethodnom poglavlju upozoravalo na nužno povezivanje i cjelovitost rješenja, korisno bi bilo unaprijed razmišljati o aplikaciji na hrvatskom i engleskom, koja bi automatski povezivala podatke o konstrukcijskim svojstvima građevina koji su prikupljeni u procesu procjena rizika od potresa (posebice ako su već označena kritična mjesta na konstrukciji – opisano u poglavlju 5), što bi znatno olakšalo ispunjavanje obrazaca, ali i odlučivanje u koracima koji slijede (primjerice sanacija ili rekonstrukcija). Primjerice, već je spomenuto da je Albanija (za razliku od Hrvatske) unutar popisa stanovništva uključila i podatke o zgradama (ne samo o stambenim jedinicama) te attribute potrebne za kreiranje baze podataka o konstrukcijskim svojstvima građevina (slika 21.) koji su ključni za procjene rizika od potresa. Neki od tih podataka su prezentirani timovima po dolasku u DACC (Damage Assessment Coordination Cell) što načelno može značajno ubrzati proces i pouzdanost procjena. Koliko je pouzdanost procjena bitna, govore podaci iz dokumenta [69] izrađenog u procesu procjene potreba nakon katastrofe - *Post Disaster Needs Assessment (PDNA)* financiranog od UN-a, Svjetske banke (World Bank) i Europske Unije. Ukupna šteta nakon potresa u Albaniji procijenjena na više od 1.075 milijuna EUR, a od toga gotovo 75 % se odnosi na sektor vezan za zgrade (*housing*).



Slika 21. a) Klasifikacija zgrada u Albaniji [64] b) i c) Tipične zgrade iz pregleda oštećenja

Posebice treba obratiti pozornost na specijalističke preglede građevina kritične infrastrukture (bolnice, škole, energetske i slično) koje je potrebno napraviti u najkraćem mogućem roku i od strane specijaliziranih stručnjaka, jer njihov mogući prekid funkciranja doprinosi društvenoj nestabilnosti (panika i negodovanje građana). Primjerice, u potresu u Albaniji oštećen je dio (hitna služba) regionalne bolnice u Draču, a potresi koji su uslijedili naknadno su dodatno povećali oštećenja [67]. Oštećenja bolnica mogu biti dodatni veliki problem u situacijama nakon razornih potresa pa, slijedeći primjer Italije, trebaju biti jedan od prioriteta za ulaganja vezana uz seizmička pojačanja. Postojeće analize nekoliko bolnica u Zagrebu (napravljene unutar Studija za saniranje posljedica potresa) pokazale su njihovu veliku ugroženost, a posebice s obzirom na starost i veliki broj rekonstrukcija tijekom povijesti. Dodatno, u Italiji postoje specijalizirane jedinice (slika 15) za pregled takvih građevina koje koristeći najmodernije mjerne uređaje obavljaju detaljne pregledе što im može omogućiti da i bez dugotrajnih analiza mogu dopustiti daljnji rad. U ovakvim situacijama ključno je iskoristiti sve raspoložive moderne tehnologije koje mogu omogućiti važne višestruko iskoristive podatke. Primjerice, precizne snimke građevina visokom rezolucijom koristeći satelite,

dronove (bespilotne letjelice) s različitim kamerama i slično mogu se dobiti relativno dobri podaci o građevinama, posebice ako ih kritički obrade stručnjaci.

Kao i u Hrvatskoj, nezakonita gradnja je vrlo zastupljena u Albaniji i također se provodi postupak ozakonjenja ("legalizacije"). Informacije od lokalnih stručnjaka govore da je nakon pada komunizma (poslije 1990. godine) počela nagla urbanizacija, što je uključivalo i nezakonitu gradnju uglavnom ne uzimajući u obzir propise za projektiranje. Dodatno, odgovornost za gradnju prešla je s države na tvrtke i privatne osobe što je uzrokovalo nekontrolirano stanje. To se posebice odnosi na izvedbu, a prilikom postupka pregleda oštećenja moglo su se uočiti brojne "prilagodbe" (primjerice nepravilno postavljanje blok opeke) što upozorava na potencijalno problematičnu regulaciju procesa izvedbe građevina (nadzor, voditelji građilišta i slično). Mnoge zgrade nisu sagrađene po propisima, a u Albaniji još uvijek vrijede propisi iz 1989. godine (pod oznakom KTP-N2-89) koji su ažurirani propisi iz 1978. (pod oznakom KTP-78). Eurokod se implementirao u nekoliko faza od 2012. godine, ali primjena trenutačno nije obvezujuća [68]. U Hrvatskoj je prelazak na europske norme (Eurokod), nakon godina prelaznog razdoblja, uspješno održan, ali prisutan je sličan problem što se tice nezakonite gradnje i reguliranja procesa izvedbe. Na to upozorava više od 900.000 zahtjeva za ozakonjenje, a kakvu konstrukcijsku izvedbu ili koje su konstrukcijske izmjene provedene tijekom takve gradnje znati ćemo tek nakon izrade detaljne baze podataka (trenutno nije dostupna). Prema sadašnjim izvještajima, rušenja građevina u Albaniji u pravilu nastupila su zbog lošega materijala ili loše kvalitete gradnje, ignoriranja propisa i nezakonitih intervencija ili nadogradnji, te naravno seizmičnosti područja i lošeg temeljnog tla (uključujući likvefakciju). Konstrukcijski sustavi koji su istaknuti prilikom pregleda oštećenja su: zidane zgrade s 5 katova od "silikatne" opeke i predgotovljenih ploča, AB okvirne zgrade s 4 do 8 katova sa zidanom ispunom i obiteljske kuće od 2 kata s drvenim stropovima (krovom). Nadalje, prilikom pregleda građevina uočene su prethodno provedene sanacije ili rekonstrukcije koje nisu obuhvaćale seizmičko pojačanje. Primjerice, sanacija krovišta na zgradu (slika 21.b) oštećenog prilikom potresa u rujnu 2019. obuhvaćala je izvedbu novog krovišta, ali se pritom nije riješila osnovna manjkavost konstrukcijskog sustava zgrade (nepridržani zidovi od opeke) pa je novi potres ponovno uzrokovao oštećenja. Na sličan problem u Hrvatskoj se već upozorilo u prethodnom poglavlju kad je spomenuto da se unutar postupaka održavanja (zgrada ili mostova) uopće ne uključuje u razmatranje seizmička otpornost ili eventualno pojačanje, već se radovi svedu na "kozmetičku" sanaciju. Primjerice, velik problem u Hrvatskoj je pojedinačna rekonstrukcija stanova (može se vezati i na nezakonitu gradnju) pri čemu se uklanjuju konstrukcijski (nosivi) zidovi, a eventualne analize uzimaju u obzir samo vertikalno opterećenje uz čestu izvedbu čeličnih elemenata (popularnih "traversi") ili AB okvira. Djelovanje horizontalnih opterećenja odnosno potresna otpornost zgrade u cjelini se najčešće ne razmatra. Štoviše, analize cijele zgrade prilikom rekonstrukcija stanova se najčešće pokušavaju izbjegći s obzirom na potencijalne dodatne troškove, stroge zahtjeve u propisima vezane za potresnu otpornost, uobičajeni nedostatak dokumentacije i slično. To se posebice odnosi na građevine u povijesnim jezgrama jer je vrlo teško "dokazati" njihovu nosivost po sadašnjim propisima, a već su nekoliko puta rekonstruirane pa se je projektantima vrlo teško osloniti na popularnih "10 % izmjena" (članak 24. Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije). Budući da je u Hrvatskoj stambeni fond relativno star (poglavlje 3.2), može se dogoditi da u nekom dužem vremenskom razdoblju većina stanova

u nekoj zgradi doživi neki oblik rekonstrukcije (prilagodba na nove stilove stanovanja) pa u konačnici konstrukcija bude značajno oslabljena. Dodatno, intervencije u starijim stanovima vrlo često predviđaju uklanjanje zidova manje debljine proglašavajući ih nekonstrukcijskim (nenosivim) prema uobičajenoj praksi vezanoj za novije konstrukcije. Nažalost, takve intervencije rezultiraju da vanjski zidovi ostanu nepridržani izvan svoje ravnine što je nepovoljno za djelovanje potresa, a posebice s obzirom na visinu tradicijskih zidova. Dodatno, u tradicijskoj gradnji nekonstrukcijski zidovi se u pravilu nastavljaju po visini (preuzimaju opterećenje) što u slučaju nepravodobnog podupiranja i izvedbe traverze često rezultira otvaranjem pukotina u stropnim pločama (preuzme opterećenje zidova iznad). Konačno, radovi na rekonstrukcijama stanova su vrlo često nedokumentirani pa su i procjene rizika za takve zgrade manjkave jer ne uzimaju u obzir provedene postupke.



Slika 22. Posljedice potresa u Albaniji 2019. godine

Prema postojećim podacima [64], u Albaniji je 88 % građevina izgrađeno od opeke/kamena (prepostavlja se da su okvirne konstrukcije s ispunom uključene), oko 5 % od predgotovljenih elemenata, 1 % drvenih i 6 % su svrstali pod ostalo. Prilikom pregleda oštećenih građevina dominirala su dva tipa konstrukcijskih sustava: zidane zgrade (starije) bez serklaža i AB okviri s ispunom (slika 21.c- novije), a prema izjavama lokalnih inženjera posmični zidovi su vrlo rijetki (eventualno oko dizala ili stubišta). U zidanim zgradama su zidovi uglavnom bili nepridržani, odnosno imali su drvene stropove ili drveni krov (prizemnice) što se u konačnici pokazalo vrlo nepovoljnim (slika 22). Kod AB okvira (slika 22) nije se obraćala pažnja na povezivanje elemenata prema suvremenim načelima (duktilnost) pa su zidani zidovi unutar okvira najčešće bili oštećeni (u nižim etažama). Mjestimično su uočeni plastični čvorovi na stupovima, ali najčešće stanje AB okvira nije bilo moguće procijeniti jer pukotine nisu bile vidljive (pokrivene žbukom). Navedena iskustva se mogu izravno povezati s postupcima projektiranja u Hrvatskoj, ali i izvedbu (posebice duktilnih spojeva). Može se i istaknuti da je u prošlosti stoljeću prosječno 75 % smrtnih slučajeva zbog posljedica potresa upravo pove-

zano s odzivom građevina, a većina žrtava bilo je povezano s rušenjem zidanih zgrada [68] koje i u Hrvatskoj zauzimaju velik postotak postojećeg fonda građevina. Međutim, statistički podaci upozoravaju i na porast broja žrtava u armiranobetonskim konstrukcijama, koje su u novije vrijeme učestalo predstavljale prvi izbor pri određivanju nosivog sustava, a u slučaju rušenja mogu izazvati i teže posljedice od zidanih konstrukcija [28]. Istač se problem odstupanja od suvremenih načela projektiranja seizmičke otpornosti (pitanje duktilnosti, mekog prvog kata, tlocrte nesimetrije, nepovoljnih rekonstrukcija i slično), što se također može povezati sa situacijom u Hrvatskoj [8].



Slika 23. a) Tim za procjenu oštećenja (*Croatia Task Team*): Maja Baniček, Luka Bukvić, Mario Uroš, Siniša Badovinac, Josip Atalić, Ante Pilipović, Karlo Jandrić i Robert Ribarić, b) Suradnja s lokalnim inženjerima (*Gledis Kallogjeri*), studentima Građevinskog fakulteta Politehničkog sveučilišta u Tirani i stručnjacima iz UNDP-a (Krunoslav Katić) koji provode procjene potreba *Post Disaster Needs Assessment* (PDNA)

Zaključno, prema postojećim podacima [67], potres u rujnu 2019. zajedno s nizom naknadnih potresa pokrenuo je paniku među građanstvom, a glavni udar i niz potresa do kraja 2019. godine uzrokovao je iseljavanje mnoštva ljudi iz Drača. Nažalost, sličnu situaciju predviđaju i službene procjene u Hrvatskoj jer bi razorni potres uništilo dio stambenog fonda i/ili radna mjesta, a oporavak bi bio dugotrajan. U vrijeme seizmičke aktivnosti pozornost medija je bila usmjerena na stručnjake i znanstvenike, a posebice na edukaciju stanovništva. Nažalost, pozornost medija kratko traje pa je ključno iskoristiti sve prilike za osvjećivanje građana i pripremiti se za buduće potrese koje ne možemo sprječiti. Hrvatska još uvijek ima priliku naučiti na primjeru drugih država i strateški preventivno djelovati, a ovdje su istaknuti samo neki od problema na koje treba obratiti pozornost.

## 7 Zaključak

U radu je napravljen kritički pregled stanja u Hrvatskoj s obzirom na rizik od potresa upozoravajući na brojne probleme i izazove s kojima smo suočeni. Koristeći lekcije iz povijesti te iskustva iz nedavnih potresa u Albaniji sumirani su sljedeći zaključci:

- Rizik od potresa je jedan od najvećih rizika za Hrvatsku (!) uzimajući u obzir razmjere posljedica koje su predviđene sadašnjim procjenama rizika. Unatoč činjenici da procjene mogu biti pouzdanije (poglavlje 3) i da postoje brojne metodološki različite procjene u Hrvatskoj (poglavlje 4), gotovo sve ističu tisuće poginulih, značajan broj srušenih zgra-

da, troškove u razini državnog proračuna i slično (katastrofalne posljedice). Takva razina šteta u konačnici može ugroziti ekonomsku stabilnost države te dodatno povećati sada aktualno iseljavanje stanovništva odnosno ugroziti društvenu i političku stabilnost države (zaključci nacionalnih procjena rizika).

- Strategije na državnoj razini nisu obuhvaćale rizik od potresa na odgovarajući način (s obzirom na razinu rizika), odnosno politike su bile usmjerene na druge prioritete. S obzirom na relativno kratko razdoblje jednog političkog mandata u odnosu na vjerojatnost pojave razornog potresa (primjerice 10 % u 50 godina je povratni period potresa na koji danas dimenzioniramo građevine), takav pristup je čest i u drugim državama. Nažalost, niti dugoročne razvojne strategije u Hrvatskoj (koje su u izradi) ne razmatraju rizik od potresa na način kako to rade ostale države koje su pretrpjele značajne posljedice (primjerice Italija i Turska).
- Pouzdanije procjene rizika su ključne za donošenje kvalitetnih strategija, a u Hrvatskoj imamo brojnih problema (izazova) koje je potrebno riješiti (poglavlje 3). Nužna su kontinuirana ulaganja u svaki od elemenata rizika, a može se istaknuti mikrozonacija (za definiranje seizmičkog hazarda), oblikovanje baze podataka s konstrukcijskim svojstvima zgrada (definiranje izloženosti) i analize karakterističnih građevina (definiranje oštetljivosti). Istaknuto je da za Albaniju postoji karta mikrozonacije i da su provedena istraživanja stambenog fonda (poglavlje 6). Također, ključno je da dobiveni rezultati procjena i analiza ne ostanu mrtvo slovo na papiru (samo zadovoljenje forme ili propisa) odnosno iz njih bi trebale izići konkretne mjere za umanjenje rizika.
- Provođenje mjera za ublažavanje rizika (posljedica) potresa i pripremljenost društvene zajednice od iznimne su važnosti. Mjere se najčešće (najlakše) usmjere prema promjeni propisa koji bi trebali osigurati potresno otporne građevine (primjerice propis iz 1964. godine) i pripremi interventnih službi što je u Hrvatskoj na zadovoljavajućoj razini (za razliku od Albanije). S druge strane, budući da se u Hrvatskoj ne očekuje velika izgradnja novog stambenog fonda, ključna je kvalitetna strategija prema postojećim građevinama (posebice kritičnoj infrastrukturi). Za prvi korak su potrebne detaljne analize (poglavlje 5) jer one omogućavaju brojne korisne podatke - primjerice za seizmička pojačanja (ključna mjera koja se u Hrvatskoj ne provodi) ili za pomoć interventnim službama. Trenutačno, mjere (aktivnosti) koje se provode u Hrvatskoj su minimalne i nepovezane pa teret ostaje na pojedincima, a sa druge strane može se istaknuti primjer Italije sa strateškim ulaganjima od više od milijarde eura u ovom desetljeću.
- Globalne istraživačke aktivnosti (primjerice, Global Earthquake Model) prilika su za Hrvatsku da ulovi korak s najnovijim istraživanjima i metodologijama. Globalnom rezolucijom se teško zahvaćaju specifičnosti pojedine države, pa je važan doprinos lokalnih stručnjaka koji poznaju stanje istraživanja i tradiciju gradnje u državi. Primjerice, u Hrvatskoj treba imati na umu masovnu nezakonitu gradnju, brojne nedokumentirane rekonstrukcije, lokalno specifične građevine, starost te neodržavanje stambenog fonda (uključujući kritičnu infrastrukturu) i slično. Povezivanjem i suradnjom s globalnim inicijativama omogućava se prijenos znanja, a otvaraju se i brojne prilike za ulaganja kojima možemo riješiti neke od brojnih izazova s kojima smo suočeni.
- Svest o riziku od potresa je ključni faktor jer se provlači kroz većinu zaključaka i zahvaća sve dijelove društva: od odgovornih koji donose strateške odluke (mjere za ublažava-

nje rizika) do građanstva koje odlučuje kako će izgraditi svoj dom (poštujući propise ili nezakonitim intervencijama). Prema iskustvima iz Albanije, urušavanja ili značajna oštećenja su uglavnom nastupila radi loše kvalitete gradnje, ignoriranja propisa te ne-zakonitih intervencija ili nadogradnji. Osobito je važan kontinuirani rad na osvjećivanju stanovništva jer bi ono naučilo živjeti s rizikom od potresa (primjerice kao Japan koji je izložen značajno većem hazardu nego Hrvatska), uključilo bi to kao sastavnu komponentu svojih aktivnosti i barem bismo manje propuštali prilike koje možemo ostvariti (neke i bez značajnih ulaganja).

- Propuštanje prilika ne bi si država s ograničenim financijskim mogućnostima, poput Hrvatske, smjela dopuštati. Istaknut će se primjer baza podataka o konstrukcijskim svojstvima građevina (jedan od glavnih problema za procjene rizika) i prilike koje smo propustili kroz aktivnosti vezane za energetsku učinkovitost (certificiranje), postupak ozakonjenja zgrada ili popisa stanovništva. Unutar postojećeg popisa stanovništva iz 2011., ali i planiranog 2021. godine obrađuju se samo stambene jedinice (ne zgrade u cjelini), za razliku od Albanije gdje se prikupljaju i ostali podaci bitni za procjene rizika. Uglavnom, zbog manjka osvještenosti ljudi koji upravljaju takvim aktivnostima, propuštamo priliku prikupiti nužne podatke, ali i obraditi (i primijeniti) postojeće za koje možda nismo ni svjesni da ih imamo (i da su potrebni).
- Platforma za smanjenje rizika od katastrofa (dio MUP-a), unutar koje se pokušavaju povezati svi akteri vezani za pojedini rizik, izvrstan je primjer dobre prakse. Ideja je na tragu iskustava iz Italije, gdje je povezano, ali i formirano nekoliko institucija vezanih uglavnom za rizik od potresa. Objedinjavanjem znanja te centraliziranim povezivanjem stručnjaka i institucija, problematični potresi se pristupa na sustavan i cjelovit način. Prema prethodno izvedenim zaključcima i opsegu aktivnosti koje su nužne i u Hrvatskoj, potrebno je specijalizirano tijelo (platforma) za potrese koje bi sustavno radilo na rješavanju istaknutih problema i umanjenju posljedica, oslanjajući se na suvremena znanstvena dostignuća.

Sve navedeno jasno potvrđuje da se potres u Hrvatskoj ubraja u neprihvatljive rizike i da je nužno aktivnije djelovati (razmjerno razini rizika) jer za razliku od nekih drugih država, još uvijek imamo vremena reagirati prije eventualne katastrofe. Štoviše, provođenje mjera putem analiza postojećih građevina, izvedba pojačanja i slično može dodatno potaknuti razvoj građevinarstva u Hrvatskoj.

## Literatura

- [1] Državna uprava za zaštitu i spašavanje (DUZS), Republika Hrvatska: Procjena ugroženosti Republike Hrvatske od prirodnih i tehničko-tehnoloških katastrofa i velikih nesreća. (<http://www.duzs.hr/>), 2013.
- [2] Atalić, J., Šavor Novak, M., Uroš, M. Hak, S.: Izazovi u procjeni seizmičkog rizika u Hrvatskoj, Sixth International Conference Seismic Engineering and Engineering Seismology, Kraljevo, pp. 65-80, 2018.
- [3] Dolce, M.: The Italian National Seismic Prevention Program, Proc. of the 15<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering WCEE, Lisbon, Portugal, 2012
- [4] Ivančić, I.: Croatian Earthquake Catalogue – Presentation, Hrvatska Seismološka Služba, Geofizički odjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagreb, The Nato Science for Peace and Security Programme Workshop, (<http://www.wbalkanseismicmaps.org/>), 2011.

- [5] Ivančić, I., Herak, D., Herak, M., Allegretti, I., Fiket, T., Kuk, K., Markušić, S., Prevolnik, S., Sović, I., Dasović, I., Stipčević, J.: Seismicity of Croatia in the period 2006–2015, *GEOFIZIKA*, 35 (2018) 1, pp. 69-98, doi:10.15233/gfz.2018.35.2
- [6] Herak, M., Herak, D., Markušić, S.: Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia, 1908–1992, *Terra Nova*, 8 (1996), pp. 86-94, doi: 10.1111/j.1365-3121.1996.tb00728.x
- [7] Stojan, A., Crnogorac, M., Stiplašek, B., Čoro, D.: Structural repair of earthquake-damaged buildings in Ston and Dubrovnik littoral (in Croatian), *Graditelji u razvitu Republike Hrvatske*, HSGI, Cavtat, pp. 105-117, 2000.
- [8] Atalić, J., Šavor Novak, M., Uroš, M.: Rizik od potresa za Hrvatsku: pregled istraživanja i postojećih procjena sa smjernicama za budućnost. *GRAĐEVINAR*, 71 (2019) 10, pp. 923-947.
- [9] Šavor Novak, M., Atalić, J., Uroš, M., Prevolnik, S., Nastev, M.: Seismic risk reduction in Croatia: mitigating the challenges and grasping the opportunities. *Future Trends in Civil Engineering*, University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Croatia, pp. 71-109, 2019
- [10] Atalić, J., Šavor Novak, M., Uroš, M., Hak, S.: Problemi pri procjenama seizmičkog rizika u Hrvatskoj, *Zbornik VII. konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa*, Holcinger, N. (ur.), Zagreb, pp. 108-116, 2018.
- [11] Cummins, J.D., Mahul, O.: *Catastrophe Risk Financing In Developing Countries: Principles For Public Intervention*, The World Bank, Washington DC, USA, 2009.
- [12] Silva, V.: Development of open-source tools for seismic risk assessment: application to Portugal, PhD Thesis, University of Aveiro, Portugal, 2013.
- [13] Wallemacq, P., House, R.: *Economic Losses, Poverty and Disasters 1998-2017*, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), 2018.
- [14] MunichRe: *Topics Geo: Natural Catastrophes 2017 Analyses, assessments, positions*, Munich, Germany, 2018.
- [15] Sozen, M. A.: Structural damage caused by the Skopje Earthquake of 1963: a report to the Committee on Masonry and Reinforced Concrete of the American Society of Civil Engineers and the American Concrete Institute, Urbana, University of Illinois, USA, 1964.
- [16] Privremeni tehnički propisi za građenje u seizmičkim područjima, *SFRJ 39/64*, 1964.
- [17] Aničić, D., Berz, G., Boore, D., Bouwkamp, J., Hakenbeck, U., McGuire, R., Sims, J., Wieczorek, G.: *Reconnaissance Report: Montenegro, Yugoslavia Earthquake, April 15, 1979*, Leeds, A. (Ed.), Matthiesen, R. B. (Coord.), Berkeley, Calif.: Earthquake Engineering Research Institute, USA, 1980.
- [18] Ambraseys IZIIS: *SKOPJE EARTHQUAKE of 26 July 1963 REVISITED*, photographs
- [19] Aničić, D., Mihaliov, V., Velkov, M.: *Obnova, seizmičko ojačanje i konstruktivna sanacija spomenika kulture u staroj gradskoj jezgri Dubrovnika*, Zavod za obnovu Dubrovnika, 1988.
- [20] Penelis, G., Venkov, Z., Zambas, C., Csak, B., Popp. T., Kuban, D., Aničić, D.: *Repair and Strengthening of Historical Monuments and Buildings in Urban Nuclei*, UNDP/UNIDO Project RER/79/015, Vol. 6, UNDP/UNIDO, Vienna, pp. 1-297, 1984.
- [21] Simeonov, S., Sotirov, P., Tsoukantas, S.G., Goschy, B., Constantinescu, D., Ozden, K., Aničić, D.: *Design and Construction of Prefabricated Reinforced Concrete Building Systems*, UNDP/UNIDO Project RER/79/015, Vol. 2, UNDP/UNIDO, Vienna, pp. 1-335, 1985.
- [22] D'Ayala D.F., Paganoni, S.: *Assessment and analysis of damage in L'Aquila historic city centre after 6th April 2009*, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 9 (2011) 1, pp. 81-104, doi: 10.1007/s10518-010-9224-4

- [23] Maugeri M., Massimino, M.R., Grasso, S.: The 2012 Emilia-Romagna Earthquake (Italy): Lessons and Mitigation Measurements, The 18<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2012.
- [24] Rossi, A., Tertulliani, A., Azzaro, R. et al.: The 2016–2017 earthquake sequence in Central Italy: macro-seismic survey and damage scenario through the EMS-98 intensity assessment, Bulletin of Earthquake Engineering, 17 (2019) 5, pp. 2407–2431, doi: 10.1007/s10518-019-00556-w
- [25] Simović, V.: Potresi na zagrebačkom području, GRAĐEVINAR, 52 (2000) 11, pp. 637-645.
- [26] Hadzima-Nyarko, M., Kalman Šipoš, T.: Insights from existing earthquake loss assessment research in Croatia, Earthquakes and Structures, 13 (2017) 4, pp. 401-411, doi: 10.12989/eas.2018.13.4.365
- [27] Calvi, G.M., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J.J., Restrepo-Vélez, L.F. and Crowley, H.: Development of Seismic Vulnerability Assessment Methodologies Over the Past 30 Years, ISET Journal of Earthquake Technology, 43 (2006) 3, pp. 75-104, doi: 10.1007/s11069-011-0082-4
- [28] Bal, I.E., Crowley, H., Pinho, R.: Displacement-Based Earthquake Loss Assessment: Method Development and Application to Turkish Building Stock, Research Report Rose 2010/02, IUSS Press, Pavia, 2010.
- [29] Herak, M., Allegretti, I., Herak, D., Ivančić, I., Kuk, V., Marić, K., Markušić, S., Sović I.: Republic of Croatia, Seismic hazard map, 2011. <http://seizkarta.gfz.hr>
- [30] Woessner, J. i sur.: The 2013 European Seismic Hazard Model: key components and results, Bull Earthquake Eng, 13 (2015) pp. 3553–3596, doi: 0.1007/s10518-015-9795-1
- [31] Herak, M. i sur.: Seizmičko i geološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio podsljemenske urbanizirane zone, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geofizički odsjek, 2013.
- [32] Spence, R., Foulser-Piggott, R., Pomonis, A., Crowley, H., Masi, A., Chiauzzi, L., Zuccaro, G., Cacace, F., Zulfikar, C., Markus, M., Schaefer, D., Sousa, M.L., Kappos, A.: The European Building Stock Inventory: Creating and Validating a Uniform Database for Earthquake Risk Modelling, Proceedings of the 15th World Conference of Earthquake Engineering, Lisbon, 2012.
- [33] FEMA 2006 (Federal Emergency Management Agency): HAZUS-MH MR2 Tech.Manual, Washington, 2006
- [34] Mouroux, P., Bertrand, E., Bour, M., Le Brun, B., Depinois, S., Masure, P.: The European RISK-UE project: An advanced approach to earthquake risk scenarios, Proceedings of the 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, 2004.
- [35] Brzev S., Scawthorn, C., Charleson, A.W., Allen, L., Greene, M., Jaiswal, K., Silva, V.: GEM Building Taxonomy Version 2.0, GEM technical report 2013-02 V1.0, GEM Foundation, Pavia, 2013.
- [36] Crowley, H., Ozcebe, S., Baker, H., Foulser-Piggott, R., Spence, R.: D7.2 State of the Knowledge of Building Inventory Data in Europe, NERA - Seventh Framework Programme EC project number: 262330 [www.nera-eu.org](http://www.nera-eu.org), 2014.
- [37] Atalić, J., Krolo, J., Damjanović, D., Uroš, M., Sigmund, Z., Šavor Novak, M., Hak, S., Korlaet, L., Košćak, J., Duvnjak, I., Bartolac, M., Serdar, M., Dokoza, I., Prekupec, F., Oreb, J., Mušterić, B.: Studija za saniranje posljedica potresa, I-VI faza, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2013.-2018.
- [38] Sekcija mladih DAZ-a, [ur.]: Zagreb - arhitektura u džepu, DAZ - Društvo arhitekata Zagreba, 2017.
- [39] Grünthal, G.: European Macroseismic Scale, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Vol. 15., 1998.
- [40] D'Ayala, D., Meslem, A., Vamvatsikos, D., Porter, K., Rossetto, T., Silva, V.: Guidelines for Analytical Vulnerability Assessment of Low/Mid-Rise Buildings, Methodology, Vulnerability Global Component project, 2015, doi: 10.13117/GEM.VULN-MOD.TR2014.12

- [41] Pitilakis, K., Crowley, H., Kaynia, A.M. (Eds.): SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk: Buildings, Lifelines, Transportation Networks and Critical Facilities, Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering, Springer, 27, Springer Science+Business Media Dordrecht, 2014, doi: 10.1007/978-94-007-7872-6
- [42] Aničić, D.: Vulnerability functions of buildings exposed to earthquake action; Vulnerability of historic monuments and old urban cores, SEISMED - Cooperative Project for Seismic Risk Reduction in the Mediterranean Region, National Report of SFR Yugoslavia for the Second Workshop on Earthquake Vulnerability, Loss and Risk Assessment, Trieste, 1990.
- [43] Atalić, J., Hak, S.: Procjena rizika od katastrofa u Republici Hrvatskoj – rizik od potresa, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet u suradnji s Ministarstvom graditeljstva i prostornog uređenja i Državnom upravom za zaštitu i spašavanje, Hrvatska, 2014.
- [44] Atalić, J., Šavor Novak, M., Uroš, M.: Ažurirana procjena rizika od katastrofa u Republici Hrvatskoj – rizik od potresa, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet u suradnji s Ministarstvom graditeljstva i prostornog uređenja i Državnom upravom za zaštitu i spašavanje, Hrvatska, 2018.
- [45] Aničić, D.: Prognoza štete na stambenom fondu i broja žrtava mogućeg budućeg potresa u Zagrebu, Civilna zaštita, Zagreb, 1992, pp. 135-143.
- [46] Procjena ugroženosti stanovništva, materijalnih i kulturnih dobara i okoliša od katastrofa i velikih nesreća za područje Grada Zagreba, Gradska skupština Grada Zagreba, Zagreb, 2016.
- [47] Crowley, H i sur.: Towards a uniform earthquake risk model for Europe, 16th European Conference on Earthquake Engineering, Thessaloniki, 2018.
- [48] Silva, V. i sur.: Global Earthquake Model (GEM) Seismic Risk Map (version 2018.1), doi: 10.13117/GEM-GLOBAL-SEISMIC-RISK-MAP-2018., 2018.
- [49] Crowley, H, Silva, V., Despotaki, V., Martins, L., Atalić, J.: European Seismic Risk Model 2020: Focus on Croatia. Future Trends in Civil Engineering, University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Croatia, pp. 53-70, 2019
- [50] Zaključci sa 7. Konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, [http://www.platforma.hr/images/dokumenti/Zakljucci %207. %20konferencija\\_potpisano.pdf](http://www.platforma.hr/images/dokumenti/Zakljucci %207. %20konferencija_potpisano.pdf), 09. 11. 2018.
- [51] Atalić, J., Sigmund, Z., Šavor Novak, M., Uroš, M., Damjanović, D., Duvnjak, I., Košćak, J., Dokoza, I., Reich, S., Prekupec, F.: Uloga građevinskih stručnjaka u situacijama nakon razornih potresa, Zbornik VII. Konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, Holcinger, N. (ur.), Zagreb, pp. 135-143, 2018.
- [52] Aničić, D. i sur.: Potresni rizik grada Zagreba - Infrastruktura, stanovništvo, građevine i kulturna dobra, Prijedlog projekta - verzija 3.0, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske i Ured za upravljanje u hitnim situacijama Grada Zagreba, 2014.
- [53] Šavor Novak, M., Atalić, J., Damjanović, D., Uroš, M., Krolo, J., Sigmund, Z., Košćak, J., Korlaet, L., Bartolac, M., Duvnjak, I., Hak, S.: Study on Seismic Risk Mitigation in the City of Zagreb, Croatia, Proceedings of the VII Conference of Croatian platform for disaster risk reduction, Holcinger, N. (ur.), Zagreb, pp. 127-134, 2018.
- [54] Atalić, J., Šavor Novak, M., Uroš, M., Hak, S., Damjanović, D., Sigmund, Z.: Measures for the earthquake risk reduction in the city of Zagreb, Croatia, 16<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, Thessaloniki, 2018.
- [55] Uroš, M., Šavor Novak, M., Atalić, J., Prevolnik, S.: Procjena ponašanja postojećih zgrada pri djelovanju potresa, Mini simpozij o numeričkim postupcima, Zagreb, pp. 173-187, 2019. doi: 10.5592/CO/YODA.2019.4.4

- [56] Uroš, M., Šavor Novak, M., Atalić, J., Crnjac, J., Damjanović, D.: Procjena ponašanja postojećih zgrada pri djelovanju potresa, Zbornik VII. konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, Holcinger, N. (ur.), Zagreb, pp. 119-128, 2018.
- [57] Prevolnik, S., Herak, M., Dasović, I., Fiket, T., Ivančić, I., Kuk, K., Markušić, S., Mustać, M., Sović, I., Stipčević, J., Štih, D., Uroš, M., Atalić, J., Šavor Novak, M., Lazarević, D., Damjanović, D., Bartolac, M.: Seismic performance assessment of Building D of General Hospital Dubrovnik, University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geophysics and University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Department of Engineering Mechanics, Interreg Readiness, Italy-Croatia, European Regional Development Fund, EU, 2019.
- [58] Shaw, R., Izumi, T., Shi, P.: Perspectives of Science and Technology in Disaster Risk Reduction of Asia, Perspectives of Science and Technology in Disaster Risk Reduction of Asia, 7 (2016) 4, pp. 329-342.
- [59] Muco, B.: Probabilistic seismic hazard assessment in Albania, Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), 132 (2013) 2, pp. 194-202
- [60] Fundo, A., Duni, Ll., Kuka, Sh., Begu, E., Kuka, N.: Probabilistic seismic hazard assessment of Albania, Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, 47 (2012), pp. 465–479.
- [61] Pagani, M., Garcia-Pelaez, J., Gee, R., Johnson, K., Poggi, V., Styron, R., Weatherill, G., Simionato, M., Viganò, D., Danciu, L., Monelli, D.: Global Earthquake Model (GEM) Seismic Hazard Map (version 2018.1 - December 2018), DOI: 10.13117/GEM-GLOBAL-SEISMIC-HAZARD-MAP-2018.1
- [62] <https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/ECHO-Flash/ECHO-Flash-List/yy/2019/mm/9>
- [63] Duni, L., Theodoulidis, N.: Short note on the November 26, 2019, Durres (Albania) M6.4 Earthquake: strong ground motion with emphasis in Durres city, 2019., <https://www.emsc-csem.org>
- [64] Lekkas, E., Mavroulis, S., Papa, D. Carydis, P.: Newsletter of Environmental, Disaster, and Crises Management Strategies, 15. November 2019.
- [65] Andonov, A., Novelli, V., Freddi, F., Greco, F., Gentile, R., Andreev, S., Veliu, E.: Earthquake Engineering Field Team (EEFIT) mission, Albania 2019 (presentation 27.1.2020. in Institution of Structural Engineers in London)
- [66] Albania: Earthquake Operations Update no. 1 - Emergency appeal n° MDRAL008, 2019
- [67] Alam, M. i sur. Virtual Earthquake Reconnaissance Team (VERT): Phase 1 Response to M6.4 Albania Earthquake November 26, 2019
- [68] Luka, R.: Present status of Eurocodes in Albania: The way for the Eurocodes implementation in the Balkans, October, 2018
- [69] Report: Post Disaster Needs Assessment (PDNA): Albania, February 2020
- [70] Coburn A., Spence R.: Earthquake Protection, Second Edition, Wiley and Sons, 2002.
- [71] Emergency Response Coordination Centre (ERCC) PORTAL: European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations: <https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/ECHO-Flash/ECHO-Flash-List/yy/2019/mm/9>





## Karakteristike materijala za gradnju iz aspekta požarne otpornosti konstrukcija i pouzdanost Eurokoda

Autori:

Izv. prof. dr. sc. Neno Torić

Prof. dr. sc. Ivica Boko

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

## Karakteristike materijala za gradnju iz aspekta požarne otpornosti konstrukcija i pouzdanost Eurokoda

Neno Torić, Ivica Boko

### Sažetak

U radu je dan sažeti prikaz utjecaja požara na redukciju mehaničkih svojstava betonskih, čeličnih, aluminijskih i drvenih konstrukcija te usporedba s rezultatima dobivenih iz raznih eksperimentalnih ispitivanja. Također, dan je primjer istraživanja pouzdanosti norme HRN EN 1993-1-2 uz kratak sažetak rezultata dobivenih istraživačkim projektom Hrvatske zaklade za znanost vezanim za utjecaj deformacija od puzanja na redukciju nosivosti čeličnih i aluminijskih stupova.

***Ključne riječi:*** čelik, beton, drvo, aluminij, požar, Eurokod, čvrstoća

### Material properties related to fire resistance of structures and the reliability of Eurocode

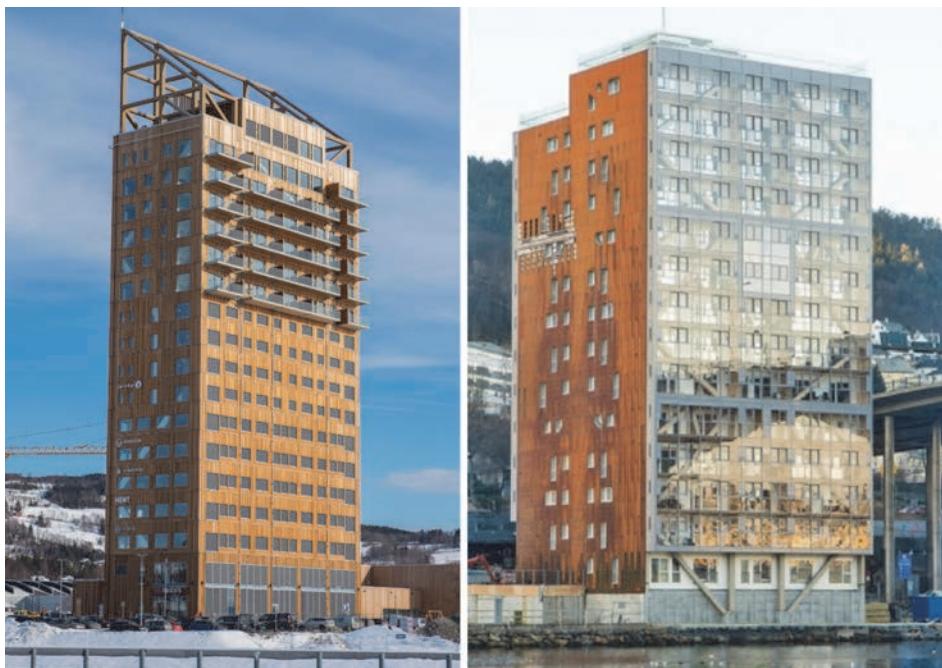
#### Abstract

The paper presents a summary of mechanical properties for concrete, steel, aluminium and timber structures which are compared to results from different experimental studies. Furthermore, an example of a research (funded by Croatian Science Foundation) that investigates the reliability of the existing construction norm HRN EN 1993-1-2 is presented by providing a summary of the project's results. The mentioned research project investigates the influence of creep strain on the reduction of load bearing capacity of steel and aluminium columns.

***Key words:*** steel, concrete, timber, aluminium, fire, Eurocode, strength

## 1 Uvod

Suvremeni trendovi građenja koji su sada prisutni u graditeljstvu omogućili su primjenu različitih vrsta građevnih materijala u značajno širem opsegu nego što je to bilo u tradicionalnom projektiranju i izvođenju armiranobetonskih, čeličnih, aluminijskih i drvenih konstrukcija. Najnoviji primjer koji to ilustrira jest uvođenje križno lameliranog drva u građevnu praksu za gradnju stambenih i javnih objekata. Primjeri kao što su stambena zgrada Mjøstårnet u gradu Brumunddal ili zgrada Treet u gradu Bergenu svjetli su primjer uvođenja novog tipa nosivih konstrukcija za široku primjenu u građevinarstvu koji dosad nije postojao u svijetu, slika 1.



Slika 1. a) zgrada Mjøstårnet, Norveška; b) zgrada Treet, Norveška

Kao posljedica primjene različitih vrsta građevnih materijala ili njihove kombinacije u graditeljstvu nastao je jedan od glavnih problema u vezi s propisima koji će definirati požarnu otpornost nosive konstrukcije. To je još važnije ako se javljaju novi tipovi konstrukcija koji nisu obuhvaćeni suvremenim europskim normama ili nisu dovoljno znanstveno istraženi. U okviru suvremenih europskih normi (Eurokodova) dane su smjernice za određivanje požarne otpornosti konstrukcija koje su pretežno izgrađene od jedne vrste građevnog materijala.

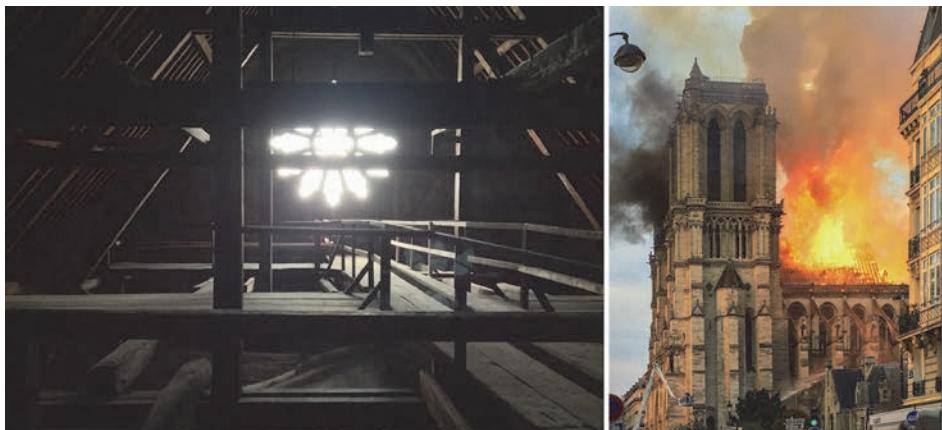
Svrha je ovog rada osvrnuti se na primjerenost suvremenih europskih normi u okviru modernih trendova gradnje na način da se prikažu neki od nedavnih primjera požarnih nesreća u svijetu. Nadalje, svrha rada je upoznati čitatelja s osnovnim požarnim svojstvima pojedine

vrste građevnih materijala koji se pretežno koriste u građevinarstvu (beton, čelik, drvo i aluminij). Da bi se predočila primjerenost europskih normi u ovom su radu uspoređena neka svojstva iz tih normi s dostupnim eksperimentalnim istraživanjima.

## 2 Nedavni primjeri oštećenja i slom konstrukcija uslijed djelovanja požara

### 2.1. Crkva Notre Dame

Dana 15. travnja 2019. godine nastao je požar u unutrašnjosti crkve Notre Dame u Parizu za vrijeme njezine obnove zbog dotrajalosti vanjskih elemenata. Požar je potpuno uništilo krovnu konstrukciju i šiljasti toranj, osim kamenih zidova, slika 2. Zanimljivost je da se požar dogodio iako su postojale brojne mjere opreza, uključujući i dežurnog vatrogasca koji je pregledavao drvenu konstrukciju tripot dnevno.



Slika 2. a) Prikaz krovišta Notre Dame; b) Prikaz požara u crkvi

### 2.2 Bivša zgrada policije u Sao Paolu, Brazil

Nekoć bivša zgrada policije u Sao Paolu s ukupno 24 kata, kasnije korištena kao skvotersko naselje za beskućnike, izgorjela je 1. svibnja 2018. Konstrukcija zgrade je doživjela progresivni kolaps nakon požara koji se najvjerojatnije proširio s petog kata na ostale putem okna za dizalo koje nije bilo u funkciji i popunjeno smećem koje je poteklo od stanara zgrade. Prema informacijama dostupnim u medijima, život je izgubila jedna osoba, slika 3.



Slika 3. a) Zgrada u Sao Paolu; b) Prikaz požara u zgradi

### 2.3 Grenfell tower u Londonu, Engleska

Zasigurno medijski najpraćeniji slučaj požara koji se dogodio nakon rušenja blizanaca u New Yorku bio je požar u zgradi Grenfell 14. lipnja 2017. Tada su 72 osobe izgubile život. Do požara je došlo u jednom od stanova u zgradi koji se proširio na ostatak zgrade izgaranjem gorive fasade koja je bila postavljena nakon predviđenog renoviranja zgrade, slika 4.



Slika 4. a) Grenfell tower prije renoviranja; b) Prikaz požara u zgradi

### 3 Suvremene europske norme i požarna otpornost konstrukcija

#### 3.1 Uvod

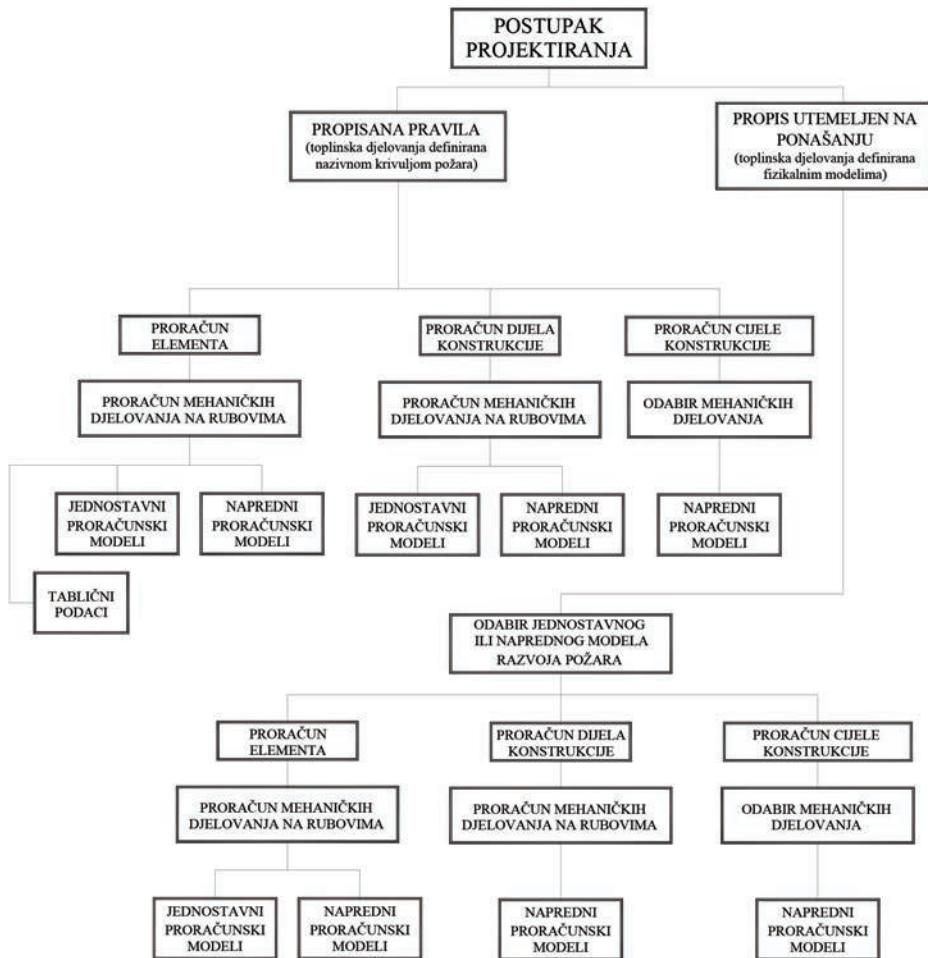
Suvremene europske norme (Eurokodovi) tretiraju požar kao jedno od mogućih izvanrednih djelovanja na građevinu. U skladu s navedenim te temeljnim zahtjevima za građevinu definiranim u Zakonu o gradnji, u svakom od Eurokodova za konstrukcije definirana je posebna norma koja daje preporuke za proračun požarne otpornosti pojedinog tipa konstrukcija ovisno o konstrukcijskom materijalu. Ovdje se navodi lista normi koje pobliže obrađuju požarnu otpornost pojedinih vrsta konstrukcija:

- HRN EN 1991–1–2:2012 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1–2: Opća djelovanja – Djelovanja na konstrukcije izložene požaru
- HRN EN 1992–1–2:2013 – Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- HRN EN 1993–1–2:2014 – Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- HRN EN 1994–1–2:2012 – Eurokod 4: Projektiranje spregnutih čelično–betonskih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- HRN EN 1995–1–2:2013 – Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1–2: Općenito – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- HRN EN 1996–1–2:2012 – Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- HRN EN 1999–1–2:2015 – Eurokod 9: Projektiranje aluminijskih konstrukcija – Dio 1–2: Proračun konstrukcija na djelovanje požara

Posebnosti proračuna požarnih djelovanja i požarne otpornosti vezano za pojedinu državu koja primjenjuje europske norme dane su kroz mogućnost primjene nacionalnih dodataka. Tako je i Republika Hrvatska preko Hrvatskog zavoda za norme, uz usvajanje osnovnih normi, donijela i nacionalne dodatke:

- HRN EN 1991–1–2:2012/NA:2012 – Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1–2: Opća djelovanja – Djelovanja na konstrukcije izložene požaru – Nacionalni dodatak
- HRN EN 1992–1–2:2013/NA:2013 – Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara – Nacionalni dodatak
- HRN EN 1993–1–2:2014/NA:2014 – Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara – Nacionalni dodatak
- HRN EN 1994–1–2:2012/NA:2012 – Eurokod 4: Projektiranje spregnutih čelično–betonskih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara – Nacionalni dodatak
- HRN EN 1995–1–2:2013/NA:2013 – Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1–2: Općenito – Proračun konstrukcija na djelovanje požara – Nacionalni dodatak
- HRN EN 1996–1–2:2012/NA:2012 – Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara – Nacionalni dodatak
- HRN EN 1999–1–2:2015/NA:2015 – Eurokod 9: Projektiranje aluminijskih konstrukcija – Dio 1–2: Proračun konstrukcija na djelovanje požara – Nacionalni dodatak

Prikaz mogućnosti proračuna nosivih konstrukcija uslijed djelovanja požara primjenom propisanih pravila i propisa utemeljenih na ponašanju prema europskim normama – Eurokodu izložen je na slici 5.



Slika 5. Postupci projektiranja prema Eurokodu

Svaki od Eurokodova koji su vezani za djelovanje požara na konstrukcije sadrži sljedeće celine:

- Osnove projektiranja
  - Proračun požarnog djelovanja
  - Metode kojima se utvrđuje nosivost konstrukcije
  - Tip analize nosivosti konstrukcije
- Svojstva materijala
  - Mehanička svojstva
  - Toplinska svojstva
- Proračunske metode
  - Određivanje požarne otpornosti primjenom tabličnih podataka
  - Jednostavni proračunski modeli požarne otpornosti
  - Napredni proračunski modeli požarne otpornosti
- Konstrukcijski detalji.

U nastavku je dan sažetak formata proračuna otpornosti na požar pojedinih tipova građevnih materijala odnosno konstrukcija koji uključuje definiciju mehaničkog svojstva na određenoj temperaturi te krivulje naprezanje-deformacija. Također, dana je usporedba s dostupnim eksperimentalnim istraživanjima za pojedino svojstvo da bi se dobio uvid u veličinu varijacije koja je prisutna u istraživanjima u odnosu na normirane vrijednosti.

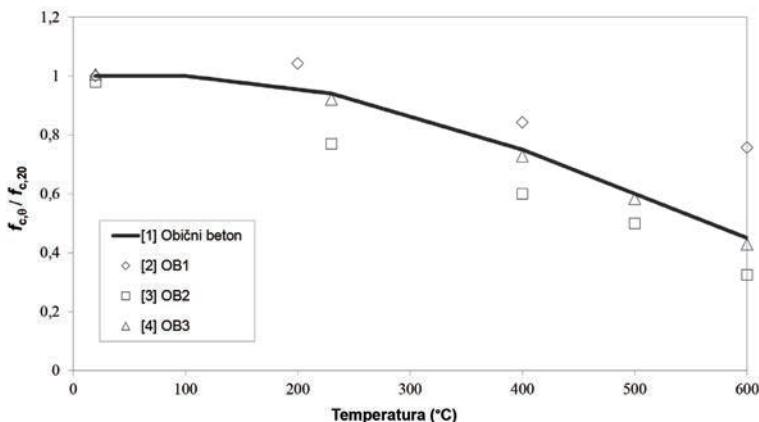
### 3.2 Otpornost betonskih konstrukcija pri djelovanju požara

Da bi se dokazala nosivost betonskih nosivih elemenata, proračunske vrijednosti mehaničkih svojstava materijala (naponska i deformacijska svojstva)  $X_{d,fi}$  definiraju se prema izrazu (1) [1]:

$$X_{d,fi} = k_\theta \frac{X_k}{\gamma_{M,fi}} \quad (1)$$

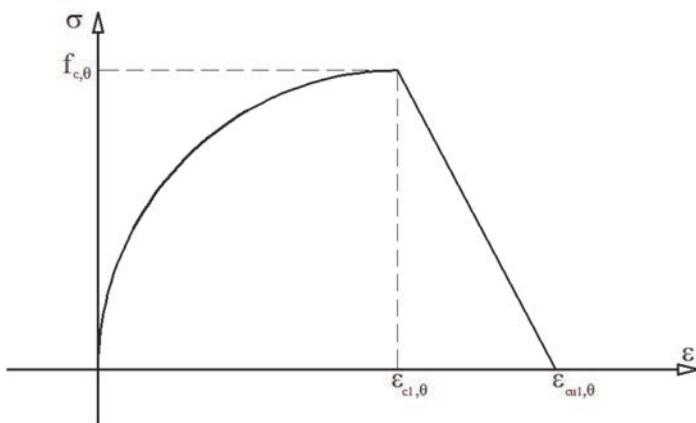
gdje je:  $X_k$  – karakteristična vrijednost naponskog i deformacijskog svojstva ( $f_k$  ili  $E_k$ ), za proračun konstrukcije pri atmosferskoj temperaturi,  $k_\theta$  – koeficijent redukcije naponskog i deformacijskog svojstva, koji ovisi o promatranoj temperaturi u odnosu na atmosfersku temperaturu,  $\gamma_{M,fi}$  – parcijalni faktor sigurnosti za odgovarajuće svojstvo materijala, za slučaj požara (=1.00).

Na slici 6. dan je prikaz redukcije tlačne čvrstoće običnog betona (betoni s tlačnom čvrstoćom do 60 MPa) na različitim temperaturama i usporedba s dostupnim eksperimentalnim istraživanjima.



Slika 6. Dijagram redukcije tlačne čvrstoće betona na određenim razinama temperature

Dijagram naprezanje – deformacija ( $\sigma - \varepsilon$  dijagram) za betonske konstrukcije u tlaku, sa svim karakterističnim točkama na visokim (požarnim) temperaturama, prikazan je na slici 7.



Slika 7. Dijagram naprezanje–deformacija za beton na temperaturi  $\theta$

gdje je:  $f_{c,θ}$  – tlačna čvrstoća na temperaturi  $\theta$  (MPa),  $\varepsilon_{c1,θ}$  – deformacija pri slomu na temperaturi  $\theta$  [%],  $\varepsilon_{cu1,θ}$  – krajnja deformacija na temperaturi  $\theta$  (%).

$$\sigma = \frac{3\varepsilon f_{c,θ}}{\varepsilon_{c1,θ} \left( 2 + \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c1,θ}} \right)^3 \right)} \text{ za } \varepsilon \leq \varepsilon_{c1,θ} \quad (2)$$

$$\text{Linearni pad za } \varepsilon_{c1,θ} < \varepsilon \leq \varepsilon_{cu1,θ} \quad (3)$$

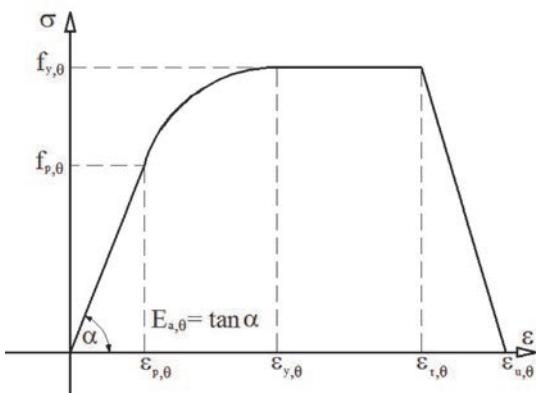
### 3.3 Otpornost čeličnih konstrukcija pri djelovanju požara

Da bi se dokazala nosivost čeličnih nosivih elemenata, proračunske vrijednosti mehaničkih svojstava materijala (naponska i deformacijska svojstva)  $X_{d,fi}$  definiraju se izrazom (4), prema [5]:

$$X_{d,fi} = k_\theta \frac{X_k}{\gamma_{M,fi}} \quad (4)$$

gdje je:  $X_k$  – karakteristična vrijednost naponskog i deformacijskog svojstva (fk ili Ek), za proračun konstrukcije pri atmosferskoj temperaturi,  $k_\theta$  – koeficijent redukcije naponskog i deformacijskog svojstva koji ovisi o promatranoj temperaturi u odnosu na atmosfersku temperaturu,  $\gamma_{M,fi}$  – parcijalni faktor sigurnosti za odgovarajuće svojstvo materijala, za slučaj požara (=1,00).

Dijagram naprezanje – deformacija ( $\sigma - \varepsilon$  dijagram) za čelične konstrukcije, sa svim karakterističnim točkama na visokim (požarnim) temperaturama prikazan je na slici 8. i definiran je izrazima (5)–(10):



Slika 8. Dijagram naprezanje-deformacija za čelik na temperaturi  $\theta$

gdje je:  $f_{p,θ}$  – granica proporcionalnosti na temperaturi  $\theta$  (MPa),  $f_{y,θ}$  – granica popuštanja na temperaturi  $\theta$  (MPa),  $E_{a,θ}$  – modul elastičnosti na temperaturi  $\theta$  (MPa),  $\varepsilon_{p,θ}$  – deformacija na granici proporcionalnosti na temperaturi  $\theta$  (%),  $\varepsilon_{y,θ}$  – deformacija na granici popuštanja na temperaturi  $\theta$  (%),  $\varepsilon_{t,θ}$  – granična deformacija za granicu popuštanja na temperaturi  $\theta$  (%),  $\varepsilon_{u,θ}$  – deformacija pri slomu na temperaturi  $\theta$  (%).

$$\sigma = E_{a,θ} \quad \text{za } \varepsilon \leq \varepsilon_{cf,q} \quad (5)$$

$$\sigma = f_{p,θ} - c + (b/a) \left[ a^2 - (\varepsilon_{y,θ} - \varepsilon)^2 \right]^{0.5} \quad \text{za } \varepsilon_{p,θ} < \varepsilon < \varepsilon_{y,θ} \quad (6)$$

$$\sigma = f_{y,θ} \quad \text{za } \varepsilon_{y,θ} < \varepsilon < \varepsilon_{t,θ} \quad (7)$$

$$\sigma = f_{y,θ} \left[ 1 - (\varepsilon - \varepsilon_{t,θ}) / (\varepsilon_{u,θ} - \varepsilon_{t,θ}) \right] \quad \text{za } \varepsilon_{y,θ} < \varepsilon < \varepsilon_{t,θ} \quad (8)$$

$$\sigma = 0 \text{ za } \varepsilon = \varepsilon_{u,0} \quad (9)$$

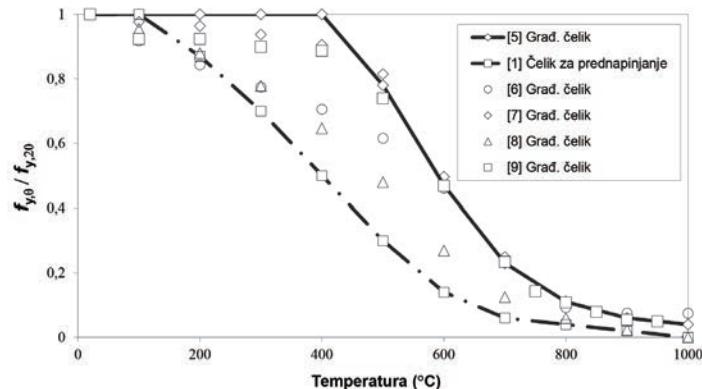
$$a^2 = (\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{p,0})(\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{p,0} + c / E_{a,0})$$

$$b^2 = c(\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{p,0})E_{a,0} + c^2$$

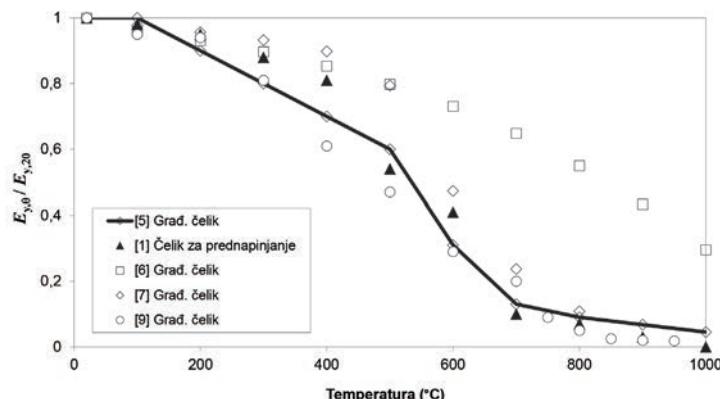
$$c = \frac{(f_{y,0} - f_{p,0})^2}{(\varepsilon_{y,0} - \varepsilon_{p,0})E_{a,0} - 2(f_{y,0} - f_{p,0})} \quad (10)$$

gdje je  $\varepsilon_{p,0} = f_{p,0} / E_{a,0}$ ,  $\varepsilon_{y,0} = 0,02$ ,  $\varepsilon_{t,0} = 0,15$  te  $\varepsilon_{u,0} = 0,20$ .

Dijagram redukcije granice popuštanja čelika na određenim razinama temperature i usporedba s dostupnim eksperimentalnim ispitivanjima prikazan je na slici 9. Dijagram redukcije modula elastičnosti čelika na određenim razinama temperature i usporedba s dostupnim eksperimentalnim ispitivanjima prikazan je na slici 10.



Slika 9. Dijagram redukcije granice popuštanja čelika na određenim razinama temperature



Slika 10. Dijagram redukcije modula elastičnosti čelika na određenim razinama temperature

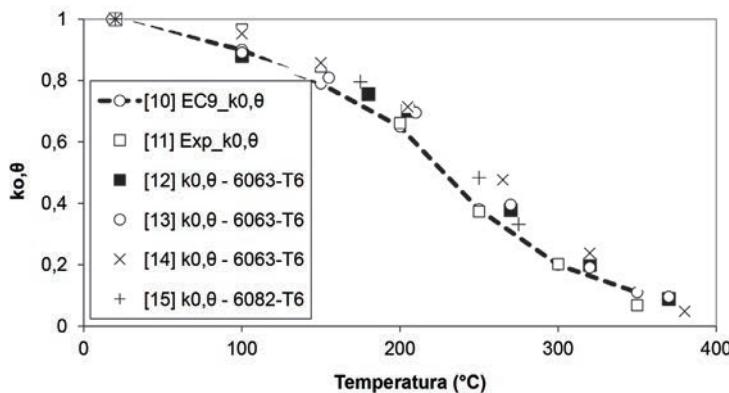
### 3.4 Otpornost aluminijskih konstrukcija pri djelovanju požara

Dokaz nosivosti konstrukcijskih elemenata od aluminijskih legura na visokim (požarnim) temperaturama provodi se koristeći proračunske vrijednosti mehaničkih svojstava materijala (naponska i deformacijska svojstva)  $X_{d,fi}$  izrazom (11) prema [10].

$$X_{d,fi} = k_\theta \frac{X_k}{\gamma_{M,fi}} \quad (11)$$

gdje je:  $X_k$  – karakteristična vrijednost naponskog i deformacijskog svojstva ( $f_k$  ili  $E_k$ ), za proračun konstrukcije pri atmosferskoj temperaturi,  $k_\theta$  – koeficijent redukcije naponskog i deformacijskog svojstva, koji ovisi o promatranoj temperaturi u odnosu na atmosfersku temperaturu,  $\gamma_{M,fi}$  – parcijalni faktor sigurnosti za odgovarajuće svojstvo materijala, za slučaj požara (=1,00).

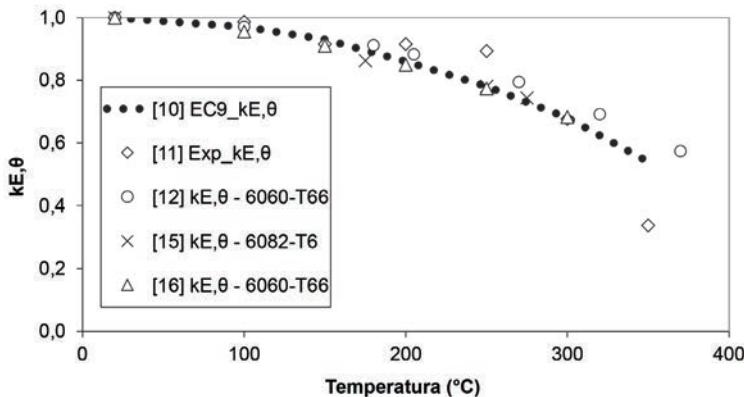
Na slici 11 prikazan je dijagram redukcije granice popuštanja aluminija za konstrukcijske slitine EN 6063-T6 i 6082-T6 na određenim razinama temperature i usporedba s dostupnim eksperimentalnim ispitivanjima.



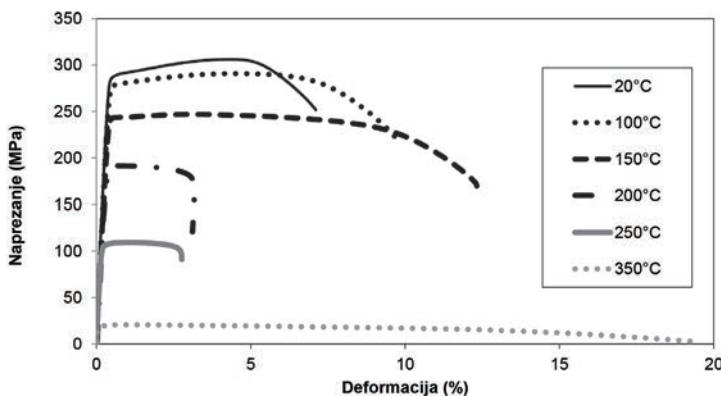
Slika 11. Dijagram redukcije granice popuštanja konstrukcijskih aluminijskih slitina EN6063-T6 i EN6082 T6 na određenim razinama temperature

Dijagram redukcije modula elastičnosti aluminija za konstrukcijske slitine EN6060-T66 i EN6082-T6 na određenim razinama temperature i usporedba s dostupnim eksperimentalnim ispitivanjima prikazan je na slici 12.

Eksperimentalno određeni dijagram naprezanje – deformacija ( $\sigma - \epsilon$  dijagram) za aluminijске konstrukcije – slitina EN6082AW T6 [11] prikazan je na slici 13.



Slika 12. Dijagram redukcije modula elastičnosti aluminija na određenim razinama temperature



Slika 13. Dijagram naprezanje–deformacija za aluminij EN 6082AW T6 na temperaturi  $\theta$

### 3.5 Otpornost drvenih konstrukcija pri djelovanju požara

Da bi se dokazala nosivost drvenih nosivih elemenata, proračunske vrijednosti mehaničkih svojstava materijala (naponska i deformacijska svojstva) definiraju se izrazima (12) i (13) prema [17]:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} \quad (12)$$

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \frac{S_{20}}{\gamma_{M,fi}} \quad (13)$$

gdje je:  $f_{d,fi}$  – proračunska čvrstoća u požaru,  $S_{d,fi}$  – proračunski modul elastičnosti (posmika) u požaru,  $f_{20}$  – postotna fraktila čvrstoće na atmosferskoj temperaturi,  $S_{20}$  – 20–postotna

fraktila modula elastičnosti (posmika) na atmosferskoj temperaturi,  $k_{\text{mod},\text{fi}}$  – faktor modifikacije za požar,  $\gamma_{M,\text{fi}}$  – parcijalni faktor sigurnosti za drvo u požaru (1.00).

Proračunska vrijednost otpornosti spojeva  $R_{\text{fi},d}$  u slučaju djelovanja požara u vremenu t računa se prema izrazu (14):

$$R_{\text{d,fi},t} = \eta \frac{R_{20}}{\gamma_{M,\text{fi}}} \quad (14)$$

gdje je:  $R_{20}$  – 20–postotna fraktila otpornosti spojeva na atmosferskoj temperaturi bez utjecaja trajanja djelovanja i vlažnosti ( $k_{\text{mod}}=1$ ),  $\eta$  – faktor konverzije,  $\gamma_{M,\text{fi}}$  – parcijalni faktor sigurnosti za drvo u požaru (1.00).

Vrijednosti 20–postotne fraktile čvrstoće i modula elastičnosti (posmika) izračunavaju preko izraza (15) i (16):

$$f_{20} = k_{\text{fi}} \cdot f_k \quad (15)$$

$$S_{20} = k_{\text{fi}} \cdot S_{05} \quad (16)$$

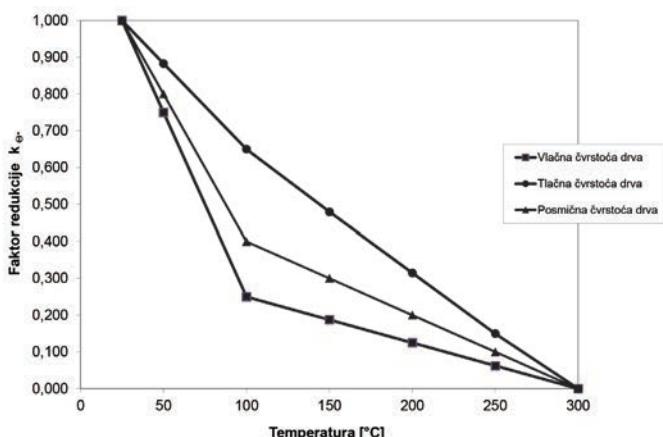
gdje je:  $f_{20}$  – 20 postotna fraktila čvrstoće na atmosferskoj temperaturi,  $S_{20}$  – 20 postotna fraktila modula elastičnosti (posmika) na atmosferskoj temperaturi,  $S_{05}$  – 5 postotna fraktila modula elastičnosti (posmika) na atmosferskoj temperaturi,  $k_{\text{fi}}$  – požarni koeficijent.

Vrijednosti 20 postotne fraktile otpornosti spojeva  $R_{20}$  računa se prema izrazu (17):

$$R_{20} = k_{\text{fi}} \cdot R_k \quad (17)$$

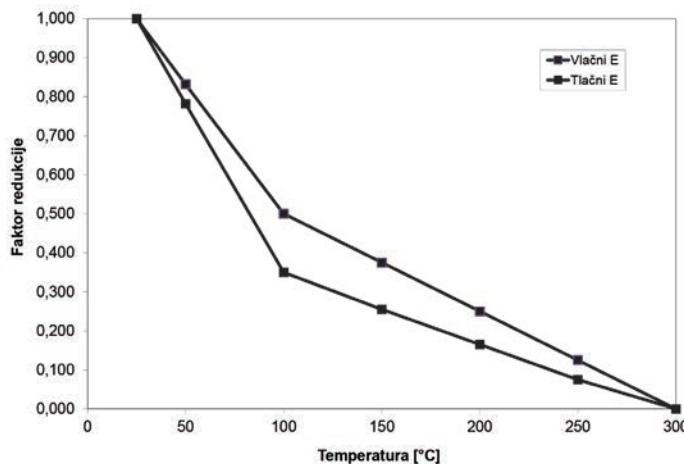
gdje je:  $R_k$  – karakteristična vrijednost otpornosti spojeva na atmosferskoj temperaturi bez utjecaja trajanja djelovanja i vlažnosti ( $k_{\text{mod}}=1$ ),  $k_{\text{fi}}$  – požarni koeficijent.

Dijagram redukcije mehaničkih karakteristika – čvrstoća drva na određenim razinama temperature prikazan je na slici 14.



Slika 14. Dijagram redukcije mehaničkih karakteristika drva ovisno o temperaturi

Dijagram redukcije mehaničkih karakteristika – modula elastičnosti drva na određenim razinama temperature prikazan je na slici 15.



Slika 15. Dijagram redukcije modula elastičnosti drva ovisno o temperaturi

## 4 Istraživanja pouzdanosti požarnih normi

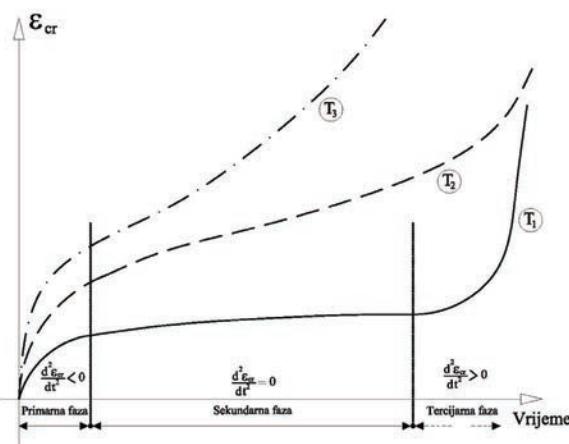
U poglavlju 3 dana je usporedba eksperimentalno određenih mehaničkih svojstava s kodificiranim vrijednostima iz normi. Iz usporedbe za obični beton, čelik i aluminij vidljivo je da kodificirane vrijednosti iz Eurokodova mogu poslužiti kao reprezentativna veličina kad su u pitanju osnovna mehanička svojstva poput čvrstoće i modula elastičnosti. Razlozi odstupanja od kodificiranih vrijednosti na pojedinim slikama (slike 6, 9, 10, 11 i 12) prelaze okvire ovog rada i uglavnom su vezani za korištene parametre testiranja. Međutim, sama mehanička svojstva pojedinog građevnog materijala nisu jedini faktori koji utječu na požarnu otpornost konstrukcija. Donosi se primjer istraživanja primjenjivosti normi HRN EN 1993–1–2 [5] i HRN EN 1999–1–2 [10] u slučaju razvoja prekomjernih deformacija od puzanja u slučaju požara.

Uspostavni projekt Hrvatske zaklade za znanost UIP 2014–09–5711 naziva: Utjecaj deformacija od puzanja na nosivost čeličnih i aluminijskih stupova pri djelovanju požara obrađivao je problem pojave deformacija od puzanja koje, prema rezultatima istraživanja, imaju utjecaj na značajniju redukciju nosivosti čeličnih i aluminijskih stupova.

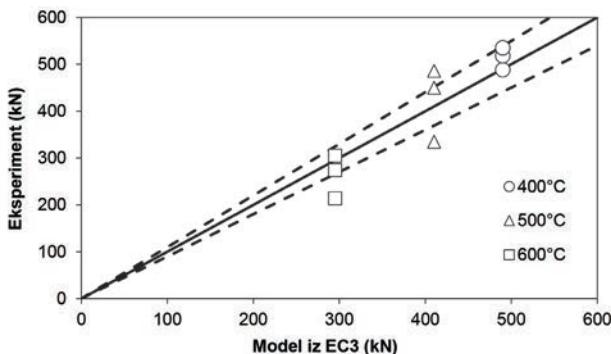
Puzanje metala predstavlja vremenski ovisan proces koji se događa uslijed izlaganja metala vanjskom opterećenju. Puzanje metala jače je izraženo pri djelovanju visokih temperatura nego li kod atmosferskih temperatura. Pri visokim temperaturama mehanizam deformiranja je izraženiji, pri čemu gibanje atoma metala unutar kristalne rešetke postaje značajno. Glavni mikroskopski mehanizmi deformiranja koji opisuju puzanje su: klizanje dislokacija u kristalnoj rešetci, uspon dislokacije, klizanje granica kristalnih zrna te difuzija atoma i praznina u rešetci. Najvažniji od mehanizama za djelovanje puzanja pri visokim temperaturama jest uspon dislokacije kad se dislokacije „uspinju“ na susjednu slobodnu ravninu klizanja.

Općenito, pri djelovanju konstantnog naprezanja i temperature, deformacije od puzanja čelika prolaze kroz tri faze kao što je prikazano na slici 16. U početnoj fazi, tzv. fazi primarnog puzanja, uočljiva je velika brzina prirasta deformacije od puzanja u vremenu, koja se polagano smanjuje na konstantnu vrijednost prirasta deformacije. U sekundarnoj je fazi brzina prirasta deformacije od puzanja približno konstantna. U tercijarnoj fazi brzina prirasta deformacije od puzanja doživjava eksponencijalni rast u trenutku kada čelik dolazi do točke pucanja. Na slici 16. uočljivo je da kod većih vrijednosti temperature ne postoji naglašeni prijelaz iz sekundarne u tercijarnu fazu puzanja. Stoga se za potrebe modeliranja ponašanja čeličnih i aluminijskih konstrukcija pri djelovanju požara često uzimaju u obzir samo primarna i sekundarna faza puzanja čelika.

Na slici 17. prikazana je usporedba rezultata numeričke analize nosivosti čeličnih stupova prema parametrima iz Eurokoda 3 i rezultata eksperimenata u kojima se javljaju deformacije od puzanja.



Slika 16. Faze puzanja čelika pri visokim temperaturama ( $T_1 < T_2 < T_3$ )



Slika 17. Usporedba rezultata numeričke analize nosivosti čeličnih stupova prema parametrima iz Eurokoda 3 i rezultata eksperimenata

Vidljivo je iz usporedbe da razina konzervativnih vrijednosti požarnih parametara iz Eurokoda 3 opada s povećanjem temperature ako je usporedba s eksperimentalnim rezultatima. To pokazuje da deformacije od puzanja nisu adekvatno uzete u obzir u normi HRN EN 1993–1–2 te da je potrebno razmisiliti o novom pristupu problemu deformacija od puzanja kod metalnih konstrukcija izloženih djelovanju požara.

## 5 Zaključak

U radu je izložena usporedba osnovnih parametara koji predstavljaju mehanička i deformačka svojstva betona, čelika, aluminija i drva u požarnim uvjetima koji su uzeti iz europskih normi te iz dostupnih eksperimentalnih ispitivanja. Pokazano je da mehanička svojstva iz normi predstavljaju dobru procjenu proračunskog mehaničkog svojstva te je time dokazana pouzdanost kodificiranih parametara iz Eurokoda 3. U posebnom poglavlju dan je primjer rezultata znanstvenog projekta koji se bavio ispitivanjem adekvatnosti norme HRN EN 1993–1–2 u slučaju pojave deformacija od puzanja tijekom požara, gdje je pokazano da tu normu treba dopuniti uzimajući u obzir navedeni fenomen. Osim toga, treba provoditi nova znanstvena istraživanja i projekte u kojima bi se testirala pouzdanost pojedinih požarnih parametara iz ostalih normi kako bi se općenito povećala razina pouzdanosti suvremenih građevnih normi.

## Literatura

- [1] HRN EN1992–1–2: 2013, Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- [2] Chen, C.L., Chen, L.: Experimental Study of Mechanical Properties of Normal–strength Concrete Exposed to High Temperatures at an Early Age, *Fire Safety Journal*, 44 (2009) M, pp. 997–1002.
- [3] Lie, T.T., Rowe, T.J., Lin, T.D.: Residual Strength of Fire Exposed RC Columns Evaluation and Repair of Fire Damage to Concrete, Detroit: American Concrete Institute, pp. 153–174, 1986.
- [4] Li, L., Purkiss, J.A.: Stress–strain Constitutive Equations of Concrete Material at Elevated Temperatures, *Fire Safety Journal*, 40 (2005), pp. 669–686.
- [5] HRN EN1993–1–2: 2008, Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1–2: Opća pravila – Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- [6] Phan, L.T., McAllister, T.P., Gross, L.J.: Best Practice Guidelines for Structural Fire Resistance Design of Concrete and Steel Buildings, NISTIR 7563, Draft version, Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Building and Fire Research laboratory, 2009.
- [7] Boko, I., Torić, N., Peroš, B.: Analiza otpornosti čeličnih konstrukcija u požaru, *Građevinar* 64 (2012) 8, pp. 631–640.
- [8] Hertz, K.D.: Reinforcement Data for Fire Safety Design, *Magazine of Concrete Research*, 56 (2004) 8, pp. 453–459.
- [9] Outinen, J., Kaitila, O., Mäkeläinen, P.: A Study for the Development of the Design of Steel Structures in Fire Conditions, Proceedings of the first International Workshop Structures in Fire, 19.–20. June, Copenhagen, pp. 267–281, 2000.

- [10] HRN EN1999–1–2: 2018, Eurokod 9: Projektiranje aluminijskih konstrukcija – Dio 1–2: Proračun konstrukcija na djelovanje požara
- [11] Torić, N., Brnić, J., Boko, I., Brčić, M., Burgess, I.W., Uzelac, I.: Experimental Analysis of the Behaviour of Aluminium Alloy EN6082 AW T6 at High Temperature, *Metals* 7 (2017) 4, pp. 126, <https://doi.org/10.3390/met7040126>
- [12] Kaufman, J.G.: Properties of aluminium alloys – Tensile, creep and fatigue data at high and low temperatures, ASM International, 1999.
- [13] Voorhees, H.R., Freeman, J.W.: Report on the elevated–temperature properties of aluminium and magnesium alloys, American Society of Testing Materials, STP No. 291, 1960.
- [14] Essem, G.: Aluminium data 8–61, Hållfasthet vid hög und låg temperatur, samt andre dana, 1975.
- [15] Langhelle, N.K.: Experimental validation and calibration of nonlinear finite element models for use in design of aluminium structures exposed to fire, PhD thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, ISBN 82–471–0376–1, 1999.
- [16] Maljaars, J., Soetens, F., Snijder, H.H.: Local buckling of aluminium structures exposed to fire Part 2: Finite element models, *Thin-Walled Structures*, 47 (2009), pp 1418–1428.
- [17] HRN EN1995–1–2: 2013, Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1–2: Općenito – Proračun konstrukcija na djelovanje požara



## **Smjernice za izradu idejnih projekata infrastrukturnih građevina – željeznička infrastruktura**

Autori:

mr.sc. Stjepan Kralj<sup>1</sup>

Snježana Đurišić, dipl.ing.arh.<sup>2</sup>

za nakladnika Nina Dražin Lovrec, dipl. ing. grad.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INSTITUT IGH d.d.  
Zagreb, Rakušina ulica 1

<sup>2</sup>Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja  
Zagreb, Ulica Republike Austrije 20

<sup>3</sup>Hrvatska komora inženjera građevinarstva  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 271

# **Smjernice za izradu idejnih projekata infrastrukturnih građevina – željeznička infrastruktura**

Stjepan Kralj, Snježana Đurišić

## **Sažetak**

Projektiranje željezničke infrastrukture kompleksan je istraživački i projektantski proces u kojem se prepleću brojna teoretska i iskustvena znanja. Ako se tu pridoda i provedba upravnih postupaka, što inženjeri često rade po posebnim punomoćima naručitelja, onda se kompleksnost toga procesa dodatno povećava. Stoga se ovim Smjernicama želi pomoći svim sudionicima u pripremi projekata gradnje željezničke infrastrukture te poboljšati njihovo razumijevanje ključnih pitanja i postupaka u vezi s izradom idejnog projekta za gradnju željezničke infrastrukture, a sve s ciljem kvalitetne i pravodobne pripreme tih projekata za provedbu postupaka i aktivnosti koje prethode izdavanju dokumenata za građenje. U radu se daje presjek kroz sadržaj Smjernica s osnovnim naznakama problematike i odredbama najnovijih propisa iz područja prostornog uređenja i građenja.

**Ključne riječi:** željeznička infrastruktura, prostorno uređenje, idejni projekt, lokacijska dozvola, e-Dozvola

## **Guidelines for preliminary design of infrastructure facilities – rail infrastructure**

### **Abstract**

Rail infrastructure design is a complex research and design endeavour necessitating a wide variety of theoretical and experience-based knowledge. Administrative procedures, often conducted by engineers according to special powers given by clients, also add to the complexity of this process. Therefore, the aim of these Guidelines is to provide assistance to all parties involved in the preparation of rail infrastructure projects, and to facilitate their understanding of key issues and procedures related to establishment of preliminary design documents for the construction of rail infrastructure, all this in order to ensure proper and timely preparation of these documents for the conduct of procedures and activities that precede delivery of construction documents. The content of the Guidelines is briefly presented in the paper, and basic indications are given about the issues and provisions contained in most recent physical planning and construction regulations.

**Key words:** rail infrastructure, physical planning, preliminary design, location permit, e-permit

## 1 Uvod

Željeznička infrastruktura, kojoj pripadaju željezničke pruge s pripadajućim elementima, u vlasništvu je Republike Hrvatske i javno je dobro u općoj uporabi. Upravljanje željezničkom infrastrukturom djelatnost je od javnog interesa. Upravitelj željezničke infrastrukture u Republici Hrvatskoj je HŽ Infrastruktura d.o.o. koja gradi i investira u željezničku infrastrukturu, brine se o njenom održavanju i osvremenjivanju, upravlja sustavom sigurnosti, osigurava pristup i dodjeljuje infrastrukturne kapacitete zainteresiranim željezničkim prijevoznicima. HŽ Infrastruktura upravlja prugama u Republici Hrvatskoj u duljini nešto većoj od 2604 km. Dobar omjer kilometara pruga i broja stanovnika zemlje (1556 osoba po kilometru) stavlja Republiku Hrvatsku u rang s razvijenim europskim zemljama. Nadalje, na mreži održava 545 kolodvora i stajališta, 1512 željezničko-cestovnih prijelaza, 109 tunela i 538 mostova. Mnogi od tih objekata su i zaštićena kulturna baština.

Na temelju Strategije prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2030.) izrađen je Nacionalni program željezničke infrastrukture za razdoblje od 2016. do 2020. godine (u daljem tekstu: Nacionalni program) kao temeljni dokument koji određuje prioritete razvoja, izgradnje, osvremenjivanja, obnove i održavanja funkcionalnosti željezničkog infrastrukturnog sustava. Gradnja infrastrukturnih prometnih građevina proizlazi iz pomognog strateškog planiranja koje mora voditi računa o geografskim, gospodarskim i drugim mogućnostima pozivanja prostora.

Rano prepoznavanje svih problema vezanih uz pripremu projektne dokumentacije bitno je kako bi se održavali rokovi za realizaciju projekata, a u procesu projektiranja započinje već u trenutku stvaranja ideje o izgradnji infrastrukturne građevine. Nema sumnje da projektiranje željezničke infrastrukture predstavlja kompleksan istraživački i projektantski proces u kojem se prepleću brojna teoretska i iskustvena znanja. Ako se tu pridoda i provedba upravnih postupaka, što inženjeri često rade po posebnim punomoćima naručitelja, onda se kompleksnost toga procesa dodatno povećava.

Stoga se ovim Smjernicama želi pomoći svim sudionicima u pripremi projekata gradnje željezničke infrastrukture te ukazati njihovo razumijevanje ključnih pitanja i postupaka u vezi s izradom idejnog projekta za gradnju željezničke infrastrukture, a sve s ciljem kvalitetne i pravodobne pripreme tih projekata za provedbu postupaka i aktivnosti koje prethode izdavanju dokumenata za građenje.

U proteklom razdoblju započeti su radovi na čitavom nizu projekata željezničke infrastrukture te se nadamo da će izrada ovih smjernica potaknuti bržu realizaciju projekata željezničke infrastrukture čime će se poboljšati konkurentnost naših luka na unutarnjim plovnim putovima kao i morskih luka.

Ovim smjernicama nastoji se naše projektante na jednostavan i jasan način uputiti na ključne detalje o kojima je potrebno voditi računa prilikom pripremanja idejnih projekata za ishođenje lokacijske dozvole za gradnju odnosno rekonstrukciju željezničkih pruga.

Također, uvjereni smo da će modernizacija željezničkih pruga potaknuti brži gospodarski rast i razvoj u Republici Hrvatskoj i bolju pozicioniranost ne samo luka već i ostalih gospodarskih subjekata vezanih na transport željezničkim putem.

## 2 Ciljevi smjernica

Europska komisija je vrlo aktivna u restrukturiranju europskog tržišta željezničkog prometa i jačanju položaja željezničnica prema drugim načinima prijevoza. Napor Komisije su usredotočeni na tri glavna područja koja su presudna za razvijanje snažne i konkurentne željezničke prometne industrije:

- a) otvaranje tržišta željezničkog prometa prema tržišnom natjecanju
- b) poboljšanje interoperabilnosti i sigurnosti nacionalnih mreža
- c) razvoj željezničke prometne infrastrukture.

Željezničko zakonodavstvo EU-a se temelji na razlici između upravitelja infrastrukture koji upravljaju mrežom i željezničkih poduzeća koja infrastrukturu koriste za prijevoz putnika ili roba. Temeljne funkcije, kao što je dodjela željezničkih kapaciteta ("trasa vlakova"), naplata pristojbe za korištenje infrastrukture i licenciranje, moraju se odvojiti od usluga prijevoza i obavljati u neutralnom režimu rada. Željeznički teretni prijevoz se u potpunosti liberalizirao u EU od početka 2007. godine, kako za nacionalne tako i za međunarodne usluge. To znači da bilo koje ovlašteno željezničko poduzeće iz EU-a s obveznim rješenjem o sigurnosti može podnijeti zahtjev za kapacitet i ponuditi nacionalne i međunarodne željezničke usluge prijevoza tereta diljem EU-a. Treba istaknuti da je Republika Hrvatska prihvatile europsku viziju koja promiče veće korištenje željezničkih linija i postrojenja u Hrvatskoj, te da željeznički sektor u Hrvatskoj pretežno tranzitne prirode, jer hrvatske jadranske luke služe kao mjesto kroz koja teret ulazi na tržišta srednje i jugoistočne Europe..

Za kvalitetnu i pravovremenu izradu potrebne dokumentacije za ishođenje potrebnih dozvola za provedbu prostornih planova potrebno je dobro poznavanje propisa te zakonom propisanih rokova za ishođenje upravnih akata potrebnih za realizaciju ovih velikih infrastrukturnih projekata kao i složenih pravila njihovog pripremanja i financiranja.

Cilj *Smjernica za izradu idejnih projekata infrastrukturnih građevina* (dalje: Smjernice) je na jednom mjestu sustavno prikazati poslove i radnje u pripremi dokumentacije potrebne za izdavanje (ishođenje) lokacijske dozvole na temelju Zakona o prostornom uređenju ("Narodne novine", br. 153/13, 65/17, 114/18, 39/19 i 98/19) (u dalnjem tekstu: ZPU) te posebnih zakona i drugih propisa značajnih za izdavanje te dozvole, te dati opis sadržaja dokumentacije.

Smjernice sadrže jasne korake za sve uključene sudionike u pripremi dokumentacije za izdavanje lokacijske dozvole, same procedure koje prethode i slijede izdavanju lokacijske dozvole i pregled sadržaja potrebne dokumentacije u tim postupcima. Izgradnja ovih infrastrukturnih građevina, kao i priprema za to potrebne dokumentacije, financira se pretežnim dijelom sredstvima Europske unije (u dalnjem tekstu: EU), a što predstavlja dodatnu obvezu za kvalitetnu pripremu i izvjesnu realizaciju projekata gradnje tih građevina. Radi bolje učinkovitosti korištenja sredstava EU, potrebno je ponašati se u skladu sa strogim pravilima koja uključuju propisane postupke i nadzor korištenja sredstava, a sve s ciljem namjenskog i odgovornog trošenja sredstava na transparentan način. Osim toga, svaki sudionik u okviru svoje nadležnosti nosi veliku društvenu odgovornost za brže i učinkovitije korištenje raspoloživih EU sredstava, posebice u području izgradnje prometne infrastrukture, s obzirom na njihov javni značaj te ograničene rokove u kojima ta sredstva stoje na raspolaganju Republike Hrvatskoj kroz finansijska razdoblja i operativne programe.

### 3 Zakonska regulativa

U okviru Smjernica navodi se relevantna regulativa kojoj podliježe izrada dokumentacije za željezničku infrastrukturu:

a) propisi iz područja prostornog uređenja

- Zakon o prostornom uređenju (NN. 153/13, 65/17, 114/18, 39/19 i 98/19) (uredbe pravilnici, odluke, naputci)
- Zakon o upravnim pristojbama (NN 115/16)
- Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (NN 16/07, 124/10, 121/16, 9/17)
- Zakon o nacionalnoj infrastrukturi prostornih podataka (NN 56/13, 52/18)
- Zakon o obavljanju geodetske djelatnosti (NN 25/18)

b) propisi iz područja zaštite okoliša i prirode

- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 78/15, 12/18 i 118/18) s uredbama o Procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN. 61/14, 03/17) i <strateškoj procjeni utjecaja plana i programa na okoliš (NN 03/17 )
- Zakon o zaštiti prirode (NN. 80/13, 157/18 i 14/19) i Uredba o ekološkoj mreži (NN 124/13 i 105/15)
- Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14, 61/17, 118/18) s Programom kontrole onečišćenja zraka (NN.90/19) i Uredbom o nacionalnim obvezama smanjenja emisija određenih onečišćujućih tvari u zraku u Republici Hrvatskoj (NN 76/18)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18).

c) propisi iz područja željezničkog prometa

• propisi Europske unije

- Direktiva 2012/34/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 21. studenoga 2012. o osnivanju jedinstvenog europskog željezničkog područja
- Uredba (EZ) br. 1371/2007 Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o pravima i obvezama putnika u željezničkom prometu
- Uredba (EZ) br. 1370/2007 Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o uslugama javnog željezničkog i cestovnog prijevoza putnika i stavljanju izvan snage Uredba Vijeća (EEZ) br. 1191/69 i (EEZ) br. 1107/70

• zakoni iz područja željezničkog prometa

- Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava (NN 82/13, 18/15, 110/15 , 70/17)
- Zakon o željeznici (NN 32/19)
- Odluka o razvrstavanju željezničkih pruga (NN 3/14, 72/17)

• Nacionalni provedbeni planovi tehničkih specifikacija za interoperabilnost.

## 4 Definicije

### 4.1 Prostorno uređenje

Prema Zakonu o prostornom uređenju (ZPU), kroz Smjernice su objašnjeni pojedini pojmovi koji se rabe u postupcima izrade i donošenja prostornih planova i izdavanja dokumenata za gradnju. Pobliže su razjašnjeni sljedeći pojmovi i njihovo značenje:

- *elektronička oglasna ploča* je mrežna stranica za prikaz podataka koju uspostavlja resor- no ministarstvo u sklopu elektroničkog programa eDovzvola dostupnog na internetskoj adresi: »<https://dovzvola.mgipu.hr>«
- *etapno građenje* je građenje pojedinih građevina od kojih se sastoji složena građevina određenih lokacijskom dozvolom, a za koje se građevine izdaje jedna ili više građevin- skih dozvola
- *fazno građenje* je građenje građevine po njezinim dijelovima određenim lokacijskom dozvolom, a za koje se dijelove izdaje jedna ili više građevinskih dozvola
- *GML format* je standardni otvoreni elektronički format zapisa za dostavu i razmjenu pro- stornih podataka unutar informacijskog sustava prostornog uređenja i njegovih modula
- *građevna čestica* je u načelu jedna katastarska čestica čiji je oblik, smještaj u prostoru i veličina u skladu s prostornim planom te koja ima pristup na prometnu površinu sukla- dan s prostornim planom
- *građevinsko područje* je područje određeno prostornim planom na kojemu je izgrađeno naselje i područje planirano za uređenje, razvoj i proširenje naselja
- *građevinsko zemljište* je zemljište unutar granica građevinskog područja te zemljište izvan građevinskog područja obuhvaćeno građevnom česticom na kojoj je izgrađena građevina
- *infrastruktura* su komunalne, prometne, energetske, vodne, pomorske, komunikacijske, elektroničke komunikacijske i druge građevine namijenjene gospodarenju s drugim vr- stama stvorenih i prirodnih dobara
- *javnopravna tijela* su tijela državne uprave, druga državna tijela, upravni odjeli, odno- sno službe velikih gradova, Grada Zagreba i županija nadležni za obavljanje poslova iz određenih upravnih područja, pravne osobe koje imaju javne ovlasti te druge osobe, određene posebnim zakonima,
- *katastar* je katastar zemljišta, odnosno katastar nekretnina
- *katastarski ured* je područni ured za katastar Državne geodetske uprave, odnosno Grad- ski ured za katastar i geodetske poslove Grada Zagreba
- *komunalna infrastruktura* su građevine namijenjene opskrbi pitkom vodom, odvodnj i pročišćavanju otpadnih voda, održavanju čistoće naselja, sakupljanju i obradi komu- nalnog otpada, te ulična rasvjeta, tržnice na malo, groblja, krematoriji i površine javne namjene u naselju
- *lokacijski uvjeti* su kvantitativni i kvalitativni uvjeti i mjere za provedbu zahvata u prosto- ru koji se na temelju prostornog plana i posebnih propisa određuju lokacijskom dozvo- lom ili građevinskom dozvolom
- *ministarstvo* je središnje tijelo državne uprave nadležno za poslove prostornog uređenja

- *namjena prostora, površina, zemljišta, odnosno građevina* je planirani sustav korištenja prostora, površina, zemljišta, mora odnosno uporabe građevina, određena, odnosno propisana prostornim planom
- *neizgrađeni dio građevinskog područja* je područje određeno prostornim planom planirano za daljnji razvoj
- *neuređeni dio građevinskog područja* je neizgrađeni dio građevinskog područja određen prostornim planom na kojem nije izgrađena planirana osnovna infrastruktura
- *osnovna infrastruktura* je građevina za odvodnju otpadnih voda prema mjesnim prilikama određenim prostornim planom i prometna površina preko koje se osigurava pristup do građevne čestice, odnosno zgrade
- *parcelacijski elaborat* je elaborat na temelju kojega se prema propisima o državnoj izmjeri i katastru nekretnina vrši dioba ili spajanje katastarskih čestica
- *prostorno planiranje* kao interdisciplinarna djelatnost je institucionalni i tehnički oblik za upravljanje prostornom dimenzijom održivosti, kojom se na temelju procjene razvojnih mogućnosti u okviru zadržavanja osobnosti prostora, zahtjeva zaštite prostora te očuvanja kakvoće okoliša i prirode određuje namjena prostora/površina, uvjeti za razvoj djelatnosti i infrastrukture te njihov razmještaj u prostoru, uvjeti za urbanu preobrazbu i urbanu sanaciju izgrađenih područja te uvjeti za ostvarivanje planiranih zahvata u prostoru
- *posebni uvjeti* su uvjeti za provedbu zahvata u prostoru koje u slučaju propisanom posebnim propisom u svrhu provedbe tog propisa javnopravno tijelo utvrđuje na način propisan ovim Zakonom, osim uvjeta priključenja, uvjeta koji se utvrđuju u postupku procjene utjecaja zahvata na okoliš, postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš i u postupku ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu
- *površina javne namjene* je svaka površina čije je korištenje namijenjeno svima i pod jednakim uvjetima (javne ceste, nerazvrstane ceste, ulice, biciklističke staze, pješачke staze i prolazi, trgovi, tržnice, igrališta, parkirališta, groblja, parkovne i zelene površine u naselju, rekreacijske površine i sl.)
- *prometna površina* je površina javne namjene, površina u vlasništvu vlasnika građevne čestice ili površina na kojoj je osnovano pravo služnosti prolaza u svrhu pristupa do građevne čestice
- *prostor* je sastav fizičkih sklopova na površini te ispod i iznad zemlje i mora, do kojih dopiru ili mogu doprijeti utjecaji djelovanja ljudi
- *prostorni standardi* su skup uvjeta zaštite, uređenja i korištenja prostora koji se primjenjuju u izradi prostornih planova
- *prostorni planovi* su Državni plan prostornog razvoja, prostorni planovi područja posebnih obilježja, urbanistički plan uređenja državnog značaja, prostorni plan županije, Prostorni plan Grada Zagreba, urbanistički plan uređenja županijskog značaja, prostorni plan uređenja grada, odnosno općine, generalni urbanistički plan i urbanistički plan uređenja
- *složeni zahvat u prostoru* je zahvat u prostoru koji se sastoji od jedne ili više građevina i jednog ili više zahvata u prostoru koji se prema propisima o gradnji ne smatraju građevnjem, a za koji se određuje obuhvat zahvata u prostoru i jedna ili više građevnih čestica unutar obuhvata zahvata u prostoru (kampovi, golfska igrališta, adrenalinski parkovi i sl.)

- *stručno upravno tijelo* je upravni odjel, odnosno služba općine, grada, velikog grada, Grada Zagreba, odnosno županije nadležna za obavljanje stručnih poslova prostornog uređenja
- *upravno tijelo* je upravni odjel, odnosno služba velikog grada, Grada Zagreba, odnosno županije, nadležna za obavljanje upravnih poslova prostornog uređenja
- *urbana preobrazba* je skup planskih mjera i uvjeta kojima se bitno mijenjaju obilježja izgrađenog dijela građevinskog područja promjenom urbane mreže javnih površina, namjene i oblikovanja građevina, i/ili rasporeda, oblika i veličine građevnih čestica
- *urbanistički plan uređenja* je urbanistički plan uređenja državnog značaja, urbanistički plan uređenja županijskog značaja i urbanistički plan uređenja koji donosi predstavničko tijelo jedinice lokalne samouprave
- *uvjeti priključenja* su uvjeti za provedbu zahvata u prostoru koje u slučaju propisanom posebnim propisom u svrhu provedbe tog propisa javnopravno tijelo utvrđuje na način propisan ovim Zakonom, a kojim se uvjetima određuje tehnička mogućnost i tehnički uvjeti priključenja zahvata u prostoru za njegove potrebe na niskonaponsku električnu mrežu, građevine javne vodoopskrbe i odvodnje, odvodnju oborinskih voda, prometnu površinu, elektroničke komunikacijske građevine, građevine energetske infrastrukture ili na drugu infrastrukturnu građevinu
- *veliki grad* je veliki grad i grad u kojem je sjedište županije, određeni prema posebnom zakonu
- *zahvat u prostoru* je svako građenje građevine, rekonstrukcija postojeće građevine i svako drugo privremeno ili trajno djelovanje ljudi u prostoru kojim se uređuje ili mijenja stanje u prostoru
- *zahtjevi za izradu prostornog plana* su prijedlozi, podaci, planske smjernice, propisani dokumenti i drugi akti s kojima javnopravna tijela prema posebnom propisu sudjeluju u izradi prostornog plana ili koji se prema tim propisima koriste u postupku izrade plana

## 4.2 Željeznička infrastruktura

U Smjernicama je objašnjeno značenje pojedinih izraza u smislu Zakona o željeznicama:

- *modernizacija željezničke infrastrukture* su veliki radovi preinake na infrastrukturi
- *mreža* je cijelokupna željeznička infrastruktura kojom upravlja upravitelj infrastrukture
- *obnova željezničke infrastrukture* su radovi zamjene na postojećoj infrastrukturi kojima se ne mijenjaju njezina cijelokupna svojstva odnosno izvođenje radova na postojećem podsustavu ili dijelu podsustava
- *održavanje željezničke infrastrukture* su radovi kojima se zadržavaju stanje i svojstva postojeće željezničke infrastrukture
- *razvoj željezničke infrastrukture* je planiranje željezničke mreže, financijsko i investicijsko planiranje te izgradnja i modernizacija željezničke infrastrukture
- *razvoj željezničkog sustava* je dugoročno, srednjoročno i kratkoročno planiranje razvoja željezničke infrastrukture, razvoja željezničkih usluga, upravljanja,
- *regulatorno tijelo* je nacionalno regulatorno tijelo nadležno za obavljanje regulatornih i drugih poslova u području tržišta željezničkih usluga

- *upravitelj infrastrukture* je pravna osoba ili u vertikalno integriranom trgovackom društvu organizacijska jedinica odgovorna za upravljanje, održavanje i obnovu željezničke infrastrukture,
- *željeznička infrastruktura* su svi ostali elementi navedeni u Zakonu o željeznici.

### 4.3 Sigurnost i interoperabilnost željezničkog sustava

U smislu Zakona o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava, u ovim Smjernicama se navode pojedini pojmovi sa značenjem:

- *Industrijski kolosijek*: željeznička infrastruktura koja nije javno dobro u općoj uporabi
  - *Infrastrukturni pojas*: pojas kojega čini zemljiste ispod željezničke pruge s pružnim pojasom, zemljiste ispod ostalih funkcionalnih dijelova željezničke infrastrukture, kao i zemljiste potrebno za tehnološka unaprjeđenja i razvoj željezničkog sustava te pripadajući zračni prostor
  - *Interoperabilnost*: sposobnost željezničkog sustava za siguran i neprekinut željeznički promet, pri čemu se postiže zahtijevana razina učinkovitosti željezničkih pruga.
  - *modernizacija* (engl. *upgrade*): velika preinaka strukturnog podsustava ili dijela podsustava kojom se mijenja cjelokupna izvedba podsustava
  - *mreža*: željezničke pruge, kolodvori, terminali i sve vrste nepokretnih postrojenja potrebnih za osiguranje sigurnog i neprekinutog rada željezničkog sustava
  - *nacionalna sigurnosna pravila*: sva pravila Republike Hrvatske koja sadrže zahtjeve za sigurnost željezničkog sustava
  - *Obnova* (engl. *renewal*): veliki radovi zamjene na strukturnom podsustavu ili dijelu podsustava kojima se ne mijenja cjelokupna izvedba podsustava
  - *osnovni parametri*: regulatorni, tehnički ili uporabni uvjeti koji utječu na interoperabilnost i koji su kao takvi navedeni u TSI-jevima.

Osim nabrojenih, navedena su objašnjenja i za sljedeće pojmove: *osnovni zahtjevi*, *pješački prijelaz preko pruge*, *postojeći željeznički sustav*, *projekt u kasnijoj fazi razvoja*, *pružni pojas*, *puštanje u uporabu*, *sustav upravljanja sigurnošću*, *tehnička specifikacija za interoperabilnost (TSI)*, *vlak*, *vozilo*, *zamjena u okviru održavanja*, *zaštitni pružni pojas*, *željeznička infrastruktura*, *željeznički sustav*, *željezničko-cestovni prijelaz (ŽCP)* itd.

## 5 Željeznička infrastruktura

### 5.1 Sastavni dijelovi željezničke infrastrukture

**Željeznički sustav dijeli se na sljedeće podsustave:**

a) strukturni podsustavi:

- građevinski podsustav
- elektroenergetski podsustav
- prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav na pruzi
- ostali funkcionalni dijelovi i oprema željezničke infrastrukture

b) funkcionalni podsustavi:

- odvijanje prometa i upravljanje prometom
- održavanje
- telematske aplikacije za putnički i teretni promet.

U smislu Zakona o željezničkih podzemnim cestama i željezničkim mrežama, funkcionalni podsustavi su:

**Građevinski podsustav** sastoji se od: Kolosijeka, skretnica, građevinske konstrukcije (mostovi, tuneli itd.), pripadajuće infrastrukture u kolodvorima (peroni, područja pristupa, uključujući potrebe osoba smanjene pokretljivosti itd.), sigurnosne i zaštitne opreme.

**Elektroenergetski podsustav** sastoji se od sustava napajanja električnom energijom, uključujući kontaktnu mrežu i dio sustava za mjerjenje potrošnje električne energije ugrađen na pruzi.

**Prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav na pruzi** uključuje svu pružnu opremu koja je potrebna radi osiguranja sigurnosti, upravljanja i nadzora vožnje vlakova kojima je odobreno prometovanje na mreži.

**Ostali funkcionalni dijelovi** i oprema željezničke infrastrukture uključuje zgrade, dijelove zgrada, prostorije, prostore, površine, komunikacije i ograde - koji služe za uporabu, smještaj postrojenja, upravljanje, održavanje, kontrolu stanja i zaštitu željezničke infrastrukture i koji se rabe pri reguliranju i organizaciji željezničkoga prometa.

## 5.2 Željeznička pruga

Željeznička pruga je sastavni dio željezničke infrastrukture koju u tehničkom smislu čine dijelovi željezničkih infrastrukturnih podsustava nužni za sigurno, uredno i nesmetano odvijanje željezničkoga prometa, kao i zemljište ispod željezničke pruge s pružnim pojasmom i ostalim zemljištem koje služi uporabi i funkciji tih dijelova infrastrukturnih podsustava te zračni prostor iznad pruge u visini 12 m, odnosno 14 m kod dalekovoda napona većega od 220 kV, mjereno iznad gornjeg ruba tračnice, a u prometno-tehnološkom smislu cjelina koju čine kolodvori, kolodvorske zgrade i otvorena pruga s drugim službenim mjestima (stajališta, otpremništva i dr.). Prema namjeni, gospodarskom značenju, značenju koje imaju u međunarodnom i unutarnjem željezničkom prometu, načinu upravljanja i gospodarenja željezničkom infrastrukturom te planiranju njezina razvoja, željezničke pruge u Republici Hrvatskoj razvrstavaju se na:

1. željezničke pruge za međunarodni promet
2. željezničke pruge za regionalni promet i
3. željezničke pruge za lokalni promet.

Nadalje, željezničke pruge za međunarodni promet dijele se na:

1. glavne (koridorske) pruge, koje se nalaze na osnovnoj transeuropskoj (engl. Trans European Network – Transport; u dalnjem tekstu: TEN-T) mreži i/ili željezničkim teretnim koridorima i
2. ostale pruge za međunarodni promet, koje unutar željezničkih čvorišta i izvan njih funkcionalno povezuju glavne (koridorske) pruge ili koje međunarodne morske i riječne luke te terminale povezuju s glavnim (koridorskim) prugama ili su dio sveobuhvatne TEN-T mreže ili povezuju željezničku mrežu RH sa željezničkom mrežom susjednih zemalja.

Osnovna TEN-T mreža je prometna infrastruktura određena u skladu s poglavljem III. Uredbe (EU) br. 1315/2013 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. prosinca 2013. o smjernicama Unije za razvoj transeuropske prometne mreže i stavljanju izvan snage Odluke br. 661/2010/EU (SL L 348, 20. 12. 2013.).

**Željeznički teretni koridori određeni su također u skladu s Uredbom (EU) 913/2010 Europskog parlamenta i Vijeća od 22. rujna 2010. Sveobuhvatna TEN-T mreža je prometna infrastruktura određena u skladu s poglavljem II. Uredbe (EU) br. 1315/2013.**

### 5.3. Sigurnost i interoperabilnost željezničkog sustava

Sigurnost željezničkog sustava mora se sustavno održavati i trajno unaprjeđivati, uzimajući u obzir razvoj zakonodavstva Europske unije i tehnički i znanstveni napredak, a naročito s ciljem sprječavanja ozbiljnih nesreća. Uvjeti koji se moraju ispuniti radi postizanja interoperabilnosti željezničkog sustava odnose se na projektiranje, izgradnju, puštanje u uporabu, modernizaciju, obnovu, uporabu i održavanje dijelova željezničkog sustava, kao i na stručnu osposobljenost te zdravstvene i sigurnosne uvjete osoblja koje doprinosi njegovom radu, funkcioniranju i održavanju. Željeznički sustav, podsustavi i njihovi sastavni dijelovi, uključujući sučelja, moraju ispunjavati sljedeće osnovne zahtjeve:

- sigurnost
- pouzdanost i dostupnost
- zaštita zdravlja
- zaštita okoliša
- tehnička kompatibilnost
- pristupačnost.

Sastavni dio tehničke dokumentacije za građenje, modernizaciju i obnovu željezničke infrastrukture mora biti prometno-tehnološki projekt izrađen od ovlaštenog inženjera kojim se definiraju minimalni prometno-tehnološki uvjeti za željezničku infrastrukturu i izvedbu radova.

## 6 Sustav prostornog planiranja

Sadašnji sustav prostornog planiranja, postupak izrade prostornih planova, sadržaja prostornih planova i druga pitanja s tim u vezi uređen je ZPU-om i podzakonskim propisima među kojima su i pravna pravila **Pravilnika o sadržaju, mjerilima kartografskih prikaza, obveznim prostornim pokazateljima i standardu elaborata prostornih planova** ("Narodne novine" br. 106/98, 39/04, 45/04 – ispravak, i 163/04.) koja se prema odredbi članka 197. ZPU-a primjenjuju u izradi prostornih planova u dijelovima u kojima nisu u suprotnosti sa ZPU-om. Prema ZPU-u prostorni plan se sastoji od tekstualnog (odredbe za provedbu) i grafičkog dijela elaborata prostornog plana. Odredbe za provedbu prostornog plana u obliku pravne norme propisuju uvjete provedbe zahvata u prostoru, dok se grafički dio prostornog plana sastoji od kartografskih prikaza na koje upućuju odredbe za provedbu prostornog plana. Ovisno o razini na kojoj se prostorni plan donosi, Odluka o donošenju prostornog plana,

koja između ostalog sadrži i odredbe za provedbu i popis kartografskih prikaza prostornog plana, objavljuje se u "Narodnim novinama" i službenim glasilima jedinica područne (regionalne) i lokalne samouprave. Metodologija izrade i donošenja prostornih planova detaljnije je definirana zakonskom regulativom.

Prostornim planovima županija u kartografskom prikazu broj 1. Korištenje i namjena površina načelno se određivala trasa i koridor postojeće te planirane željezničke infrastrukture (željeznička mreža pruge i građevine). Također se u istoj karti određivao u skladu s gore navedenim strateškim dokumentima prostornog uređenja, njen značaj: međunarodni, državni, regionalni i lokalni.

U tom smislu svaki prostorni plan u kojem je, među ostalim, određen i željeznički sustav jest temeljni dokument razvoja željezničkog sustava na tom prostoru na osnovi kojega se mogu izdavati akti za gradnju, lokacijska i građevinska dozvola kako za linijsku tako i za građevine predmetne namjene. U odredbama za provedbu plana određuju se uvjeti i način uređenja predmetne infrastrukture, širina koridora, uvjeti za rekonstrukciju postojećih građevina i površina koje se nalaze unutar koridora.

ZPU-om je uspostavljen novi sustav prostornoga uređenja kojim se uvodi obveza izrade novog prostornog plana: Državnog plana prostornog razvoja – DPPR, koji se donosi za područje države. Kako DPPR nije još donesen, prijelaznim i završnim odredbama ZPU-a određeno je da se, dok on nije donesen, zadržava postojeći sustav prostornog uređenja, odnosno da dosadašnji prostorni planovi ostaju na snazi i da se mogu mijenjati i dopunjavati do donošenja prostornih planova po ZPU-u.

## 7 Postupci i aktivnosti koji prethode postupcima izdavanja akata za građenje

Svi projekti moraju biti usklađeni sa strateškim dokumentima, operativnim programima i važećim propisima. To je neizostavan uvjet za realizaciju projekta i dobivanje bespovratnih sredstava iz javnih izvora. U tom smislu potrebno je voditi računa o njihovoj usklađenosti s prostornim planovima te ako studija izvedivosti kao najekonomičnija rješenja prihvati ona koja nisu u skladu s prostornim planovima, tada je potrebno već u ovoj fazi pripreme projektnе dokumentacije ocijeniti opravdanost i mogućnost izmjene i dopune prostornih planova na način da njima planira novo utvrđeno najekonomičnije rješenje.

**Studija izvodljivosti** (engl. *Feasibility study*) je dokument koji je polazište za odlučivanje o tome treba li krenuti u realizaciju ideje/projekta. Obuhvaća ekonomske, pravne, tehnološke, lokacijske, organizacijske, vremenske i ostale komponente. Osim toga, može sadržavati nekoliko opcija ili metoda za dostizanje potencijalnog poslovnog uspjeha.

Studije izvodljivosti s analizom troškova i koristi (eng. *cost-benefit analysis*) obvezan su dio projektne dokumentacije potrebne za sufinanciranje projekata iz strukturnih fondova EU, posebice infrastrukturnih projekata. Svrha im je odrediti je li projekt, s točke društvenog interesa, poželjan za ulaganje. U studijama izvodljivosti se po propisanoj metodologiji analiziraju sve koristi i troškovi projekta te se time dolazi do opravdanosti njegova financiranja iz javnih sredstava.

**Procjena utjecaja zahvata na okoliš** je postupak kojim se prepoznaju, opisuju i ocjenjuju mogući značajni utjecaji svakog pojedinačnog zahvata na okoliš na način da se utvrđuju izravni i neizravni utjecaji zahvata na tlo, vodu, more, zrak, šumu, klimu, ljudi, biljni i životinjski svijet, prirodne vrijednosti, krajobraz, materijalnu imovinu, kulturnu baštinu, uzimajući u obzir njihove međuodnose. Taj postupak jedan je od instrumenata zaštite okoliša i podrazumijeva strukturirani pristup prikupljanja i vrednovanja informacija o okolišu koje će se koristiti za do-nošenje odluka tijekom dalnjih faza razvoja zahvata odnosno projekta. Postupak se provodi u okviru pripreme namjeravanog zahvata, prije izdavanja lokacijske dozvole.

Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš propisuje obvezu procjene utjecaja na okoliš za izgradnju željezničke pruge značajne za međunarodni promet s pripadajućim građevinama i uređajima. Mjere i/ili program praćenja stanja okoliša utvrđeni rješenjem o prihvatljivosti zahvata za okoliš obvezni su sadržaj dozvola za provedbu zahvata koje se izdaju prema posebnom zakonu.

U svrhu upoznavanja s namjenom prostora i uvjetima provedbe zahvata u prostoru iz prostornih planova na određenom zemljишtu, upravno tijelo na čijem se području nalazi zemljiste, po zahtjevu zainteresirane osobe, izdaje **lokacijsku informaciju** u roku osam dana od dana podnošenja zahtjeva. Lokacijska informacija, treba istaknuti nije uvjet za izradu idejnog, glavnog ili drugog projekta i nije upravni akt, tj. akt koji bi stvarao neka prava ili obveze za bilo koga (tijelo koje ju je izdalo, osobu po čijem je zahtjevu izdana ili treću osobu). Na temelju lokacijske informacije se ne može pristupiti provedbi zahvata u prostoru niti izradi projekata. Za izradu projekata nužno je koristiti podatke koji se uzimaju izravno iz prostornog plana.

## 8 Utvrđivanje posebnih uvjeta i uvjeta priključenja

### 8.1 Posebni uvjeti i uvjeti priključenja

Pojmove bitne za postupak koji proizlaze iz odredbe članka 3. Zakona o prostornom uređenju, najbolje određuju i objašnjavaju njihove definicije.

**Posebni uvjeti** su uvjeti za provedbu zahvata u prostoru koje u slučaju propisanom posebnim propisom u svrhu provedbe tog propisa javnopravno tijelo utvrđuje na način propisan Zakonom o prostornom uređenju, osim uvjeta priključenja, uvjeta koji se utvrđuju u postupku procjene utjecaja zahvata na okoliš, postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš i u postupku ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu.

**Uvjeti priključenja** su uvjeti za provedbu zahvata u prostoru koje u slučaju propisanom posebnim propisom u svrhu provedbe tog propisa javnopravno tijelo utvrđuje na način propisan Zakonom o prostornom uređenju, a kojim se uvjetima određuje tehnička mogućnost i tehnički uvjeti priključenja zahvata u prostoru za njegove potrebe na niskonaponsku električnu mrežu, građevine javne vodoopskrbe i odvodnje, odvodnju oborinskih voda, prometnu površinu, elektroničke komunikacijske građevine, građevine energetske infrastrukture ili na drugu infrastrukturnu građevinu.

**Javnopravna tijela** su tijela državne uprave, druga državna tijela, upravni odjeli, odnosno službe velikih gradova, Grada Zagreba i županija nadležni za obavljanje poslova iz određenih upravnih područja, pravne osobe koje imaju javne ovlasti te druge osobe, određene posebnim zakonima, koja davanjem zahtjeva i mišljenja u postupku izrade i donošenja prostornih planova, odnosno utvrđivanjem posebnih uvjeta i/ili uvjeta priključenja na način propisan Zakonom o prostornom uređenju sudjeluju u sustavu prostornog uređenja.

**Opis i grafički prikaz** zahvata u prostoru sadrži, odnosno prikazuje podatke koji su u smislu posebnog propisa potrebni za utvrđivanje posebnih uvjeta, odnosno uvjeta priključenja, a izrađuje ga projektant u elektroničkom obliku i potpisuje elektroničkim potpisom. Uz ovu dokumentaciju u ovisnoi o vrsti građevine i zahvata prilaže se i obvezni elaborati koji su prema posebnom zakonu uvjet za utvrđivanje posebnih uvjeta.

## 8.2 e-dozvola

Postupak izdavanja, uz ostalo i akata za gradnju, provodi se putem elektroničke aplikacije "e-dozvola". Pod pojmom "e-dozvola" podrazumijeva se izrada nacrta zaključaka, poziva, zapisnika, zabilješki u spisu, rješenja, dozvola i drugih akata (u dalnjem tekstu: akti) u postupku izdavanja upravnih i drugih akata (koji se izdaju na temelju ZPU-a i ZOG-a) te provedba tih postupaka, elektroničkim putem na način propisan Naputkom o izradi nacrta akata u postupku izdavanja akata na temelju zakona o prostornom uređenju i zakona o gradnji te provedbi tih postupaka elektroničkim putem ("Narodne novine", br 56/14).

Prema spomenutom naputku, upravna tijela i Ministarstvo nadležni za izdavanje spomenutih akata, izrađuju nacrte akata i provode postupke primjenom elektroničkog programa "e-dozvola" dostupnog na internetskoj adresi Ministarstva: <https://dozvola.mgipu.hr>. U Smjernicama se detaljnije opisuje sam postupak podnošenja i provedbe zahtjeva za pokretanje postupka ishođenja posebnih uvjeta i uvjeta priključenja putem sustava e-konferencije.

## 9 Idejni projekt

Prema ZPU-u, idejni projekt je skup međusobno usklađenih nacrta i dokumenata struka koje, ovisno o vrsti zahvata u prostoru, sudjeluju u projektiranju, kojima se:

1. daju osnovna oblikovno-funkcionalna i tehnička rješenja zahvata u prostoru (idejno-tehničko rješenje),
2. prikazuje smještaj jedne ili više građevina na građevnoj čestici i/ili unutar obuhvata zahvata u prostoru i
3. određuju osnovna polazišta značajna za osiguravanje postizanja temeljnih zahtjeva za građevinu i drugih zahtjeva za građevinu.

Projekti, odnosno njihovi dijelovi, moraju biti izrađeni na način koji osigurava njihovu jedinstvenost s obzirom na građevinu za koju su izrađeni (ime projektanta, tvrtka osobe registrirane za poslove projektiranja, naziv građevine, ime ili tvrtka investitora, datum izrade i dr.). Projekti, odnosno njihovi dijelovi izrađuju se tako da je onemogućena promjena njihova sadržaja odnosno zamjena njegovih dijelova, osim u propisanom slučaju.

Idejni projekt mora na neposredan i odgovarajući način sadržavati sve podatke potrebne za izdavanje lokacijske dozvole te mora biti izrađen na način iz kojeg je vidljivo da su projektirana idejno-tehnička rješenja u skladu s propisima i aktima (u skladu s kojima se izdaje lokacijska dozvola) i posebnim propisima kojima se uređuje zaštita okoliša i prirode.

*Projekti, odnosno njihovi dijelovi izrađuju se kao elektronički zapis i potpisuju elektroničkim potpisom.*

Podrobniji sadržaj i elementi idejnog projekta, način opremanja, uvjeti promjene sadržaja, označavanja projekta i način ovjere projekta od strane odgovornih osoba te građevine za koje se određuje građevna čestica i/ili obuhvat zahvata u prostoru i način njegova određivanja propisani su **Pravilnikom o obveznom sadržaju idejnog projekta** ("Narodne novine", br 55/14, 41/15, 67/16, 23/17, 118/19).

Najviše nedoumica vezanih uz izradu idejnog projekta odnosi se na je s **prikaz situacije**, tj. na prikaz građevne čestice, obuhvata zahvata u prostoru te smještaja jedne ili više građevina na građevnoj čestici i/ili unutar obuhvata zahvata u prostoru. U navedenom smislu pobliže obrađuju četiri vrste građevina, odnosno četiri moguća slučaja i to:

1. Građevine za koje se lokacijskom dozvolom određuje građevna čestica i/ili smještaj građevine na građevnoj čestici. Građevna čestice odnosno građevne čestice se određuju za građevine kada je potrebno osigurati jednoznačno korištenje prostora. U tom slučaju se situacija prikazuje na geodetskoj situaciji građevine iz geodetskog projekta;
2. Građevine za koje se lokacijskom dozvolom određuje obuhvat zahvata u prostoru i/ili smještaj građevine unutar zahvata u prostoru. Obuhvat zahvata u prostoru u kojem se gradi građevina, ovisno o vrsti građevine, određuje se kao trasa, koridor, odnosno površina katastarskih čestica i/ili njezinih dijelova određen na odgovarajući način. Obuhvat zahvata u prostoru se određuje za: 1. eksploatacijsko polje, rudarske objekte i postrojenja koji su u funkciji izvođenja rudarskih radova, skladištenje ugljikovodika i trajno odlaganje plinova u geološkim strukturama uključivši i pristupne puteve izvan obuhvata zahvata u prostoru koji se koriste isključivo u tu svrhu i 2. nove vojne lokacije i vojne građevine. Za ove građevine situacija se prikazuje na ortofoto karti s uklopljenim službenim katastarskim planom u odgovarajućem mjerilu koju izrađuje ovlašteni inženjer geodezije. Također, obuhvat zahvata u prostoru se određuje i za: 3. zahvate u prostoru koji se prema posebnim propisima koji uređuju gradnju ne smatraju građenjem, 4. cjevovode i kabele različitih namjena, 5. žičare i slične građevine, 6. dalekovode, vjetroparkove i 7. druge slične građevine. Za ove građevine situacija se prikazuje na preslici katastarskog plana, Hrvatskoj osnovnoj karti ili ortofoto karti, u odgovarajućem mjerilu
3. Građevine za koje se lokacijskom dozvolom određuje obuhvat zahvata u prostoru unutar kojega se određuje građevna čestica i smještaj građevine na građevnoj čestici. To su golf-ska igrališta, kampovi, luke i slični zahvate u prostoru. Za ove građevine situacija se prikazuje na ortofoto karti s uklopljenim službenim katastarskim planom u odgovarajućem mjerilu koju izrađuje ovlašteni inženjer geodezije
4. Građevine za koje se lokacijskom dozvolom određuje obuhvat zahvata u prostoru, a naknadno se parcelacijskim elaboratom određuje građevna čestica unutar zahvata u prostoru. To su ceste, željezničke pruge i slične građevine. Za ove građevine situacija se prikazuje na preslici katastarskog plana, Hrvatskoj osnovnoj karti ili ortofoto karti, u odgovarajućem mjerilu.

Nadalje, u Smjernicama je dat prikaz (primjer) sadržaja i priloga idejnog projekta željezničke infrastrukture, od naslovne stranice, popisa mapa i strukovnih dijelova, izjave projektanta, sadržaja mape (općeg i tehničkog dijela projekta), primjere grafičkih priloga idejnog projekta.

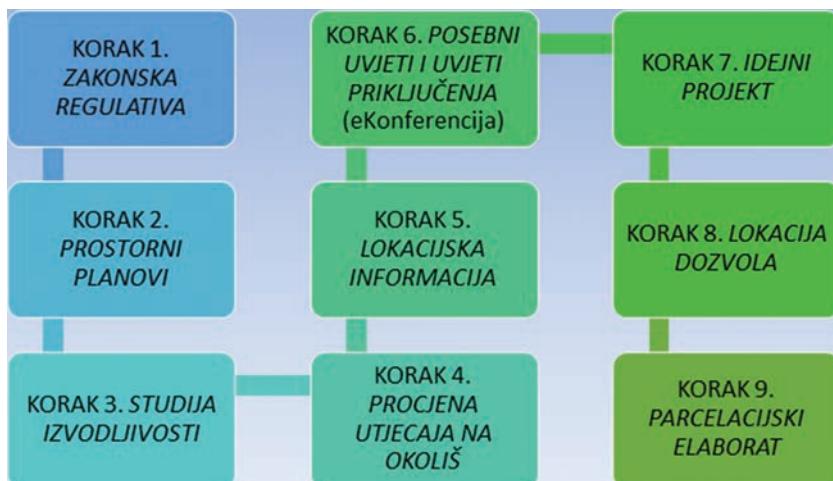
## 10 Formiranje građevne čestice za željezničku prugu

Parcelacijski elaborat je geodetski elaborat prema propisima iz područja državne izmjere i katastra. Za željezničke pruge građevna čestica se u načelu ne formira lokacijskom dozvolom, već se formira parcelacijskim elaboratom u skladu s lokacijskom dozvolom.

Preduvjet za podnošenje zahtjeva za ovjeru parcelacijskog elaborata je izvršna lokacijska dozvola. Građevna čestica za željezničku prugu mora biti smještena u cijelosti unutar koridora određenog lokacijskom dozvolom. Njezin oblik i veličinu određuje projektant u skladu s uvjetima iz lokacijske dozvole u sljedećoj fazi projektiranja, sukladno s projektnim rješenjima građevine, a čiji se smještaj određuje na situaciji građevine na građevnoj čestici. Uz parcelacijski elaborat, radi provjere njegove usklađenosti s lokacijskom dozvolom, prilaže se:

- situacija građevine na građevnoj čestici
- situacija formiranja građevnih čestica s prikazom oblika i veličine građevnih čestica po namjeni, odnosno načinu upravljanja unutar koridora, koja sadrži popis svih katastarskih čestica od kojih će se formirati buduća građevna čestica, odnosno više njih u slučaju da je to potrebno.

Obvezna je poveznica s grafičkim dijelom projekta - situacija formiranja građevnih čestica koju izrađuje ovlašteni inženjer geodezije.



Slika 1. Hodogram aktivnosti u postupku izrade idejnog projekta i ishođenja lokacijske dozvole za zahvat željezničke infrastrukture



## Investicije u izgradnju i modernizaciju građevina Ministarstva obrane Republike Hrvatske

Autor:

brigadir **Tihomir Tandarić**  
pukovnik **Tomislav Grozdanović**  
**Velimir Anić**, dipl. ing. geod.

Ministarstvo obrane Republike Hrvatske  
Zagreb, Trg Kralja Petra Krešimira IV br. 1

# Investicije u izgradnju i modernizaciju građevina Ministarstva obrane Republike Hrvatske

Tihomir Tandarić, Tomislav Grozdanović, Velimir Anić

## Sažetak

Ostvarivanje ciljeva i ambicija Dugoročnog plana razvoja (DPR) zahtijeva kontinuirano upravljanje njegovom provedbom, s jasnim nadležnostima i odgovorima. Hrvatski sabor redovito prati provedbu DPR-a razmatranjem Godišnjeg izvješća o obrani te prijedloga obrambenog područja u okviru Državnog proračuna Republike Hrvatske. Radi potpore ovakvoj ulozi Hrvatskog sabora, Ministarstvo obrane, u sklopu izrade Godišnjeg izvješća o obrani u zasebnom poglavljtu izvještava o provedbi DPR-a. Vlada Republike Hrvatske utvrđuje dinamiku i prioritete provedbe DPR-a kroz Strategiju Vladinih programa i Smjernice ekonomske i fiskalne politike. Ministarstvo obrane osigurava operacionalizaciju DPR-a putem procesa obrambenog planiranja. U operacionalizaciji DPR-a od posebnog značaja bit će regulacija obrambenog planiranja. Sagledavajući misije Oružanih snaga kao i potrebu otvaranja prema civilnim strukturama s ciljem što većeg približavanja svakom građaninu Republike Hrvatske, sveukupno investiranje i modernizacija u duhu je potpore svih institucija i građana Republike Hrvatske.

**Ključne riječi:** vojna logistika, vojne građevine, vojna infrastruktura, NATO koncept logističke potpore

## Investments in construction and modernization of buildings of the Ministry of Defense of the Republic of Croatia

### Abstract

In order to achieve the goals and ambitions of the Long Term Development Plan (LTDP) there is a need for the continuous management of its implementation, with clear responsibilities and answers. The Croatian Parliament regularly monitors the implementation of the LTDP by reviewing the Annual Defence Report and the Defence Area Proposal within the State Budget of the Republic of Croatia. To support this activity of the Croatian Parliament, the Ministry of Defence reports on the implementation of the LTDP in a separate chapter as part of drawing up of the Annual Defence Report. The Government of the Republic of Croatia determines the dynamics and priorities of the implementation of the LTDP through the Government Programs Strategy and the Economic and Fiscal Policy Guidelines. The Ministry of Defence ensures the operationalization of the LTDP through the defence planning process. In the operationalization of the LTDP, defence planning regulation will be of particular importance. Considering the missions of the Croatian Armed Forces, as well as the need to open up to civilian structures in order to get as close as possible to every citizen of the Republic of Croatia, overall investment and modernization is in the spirit of support from all institutions and citizens of the Republic of Croatia.

**Key words:** military logistics, military buildings, military infrastructure, NATO logistics support concept

## 1 Uvod

Razvojem tehnologije i usvajanjem naprednih sustava mijenjaju se i potrebe za stvaranjem što učinkovitijih metoda i organizacije s ciljem maksimalne produktivnosti, a samim time i izgradnjom odgovarajućeg prostora za provođenje svih aktivnosti. Proces usvajanja novih metoda, novih sredstava i novog načina organizacije traje određeno vrijeme zbog niza elemenata koje treba modificirati, uskladiti, modelirati i usvojiti, a za to su nužne investicije i modernizacija postojećih resursa. Potrebno vrijeme za usvajanje ovisi o veličini sustava i njegovoj složenosti, spremnosti za predviđenu implementaciju, kao i o raspoloživim resursima. Osobit utjecaj na usvajanje novih tehnologija i njihovu uspješnu implementaciju u sustav kao cjelinu ima ljudski potencijal kao temelj uspješnosti. Međutim, za postizanje izvrsnosti potrebni su prostori, građevine i snažna infrastruktura. Za stvaranje stručnih i kompetentnih ljudskih potencijala nužan je kvalitetan i primjerен prostor i uvjeti rada. Na taj se način stvaraju uvjeti za brže ovladavanje novim tehnologijama i uводи se odgovarajuća modernizacija u minimalnom vremenu. S obzirom na činjenicu da se tehnologija razvija brzo, a taj razvoj mora pratiti i razvoj znanja i vještina sudionika u upravljanju, neizmijerno je važno dati prioritet ljudskim potencijalima uz odgovarajuće planiranje. Planiranje je sinergija novih tehnologija, sredstava, potreba, ljudskih potencijala kako bi se u najkraćemu mogućem vremenskom razdoblju stara sredstva zamijenila novima, a isto tako i stara tehnologija zamijenila novom tehnologijom, uz realnu mogućnost raspoloživih resursa za stavljanje u funkciju modernog sustava. Za potrebe razvoja, MORH drži izrazito važnim investicije u izgradnju i modernizaciju građevina kao osnovu za uspješan razvoj ljudskih izvora i implementacije novih tehnologija i sredstava u vojni sustav.

## 2 Misije oružanih snaga

Na temelju uloge Oružanih snaga koja je određena Ustavom Republike Hrvatske, prepoznaju se tri misije Oružanih snaga: obrana Republike Hrvatske i saveznika, doprinos međunarodnoj sigurnosti i potpora civilnim institucijama.

**Obrana teritorijalne cjelovitosti, suvereniteta i neovisnosti te obrana saveznika** primarna je misija Oružanih snaga Republike Hrvatske. U okviru ove misije Oružane snage moraju biti spremne: odvratiti, zaustaviti i odbaciti, samostalno i uz pomoć saveznika, oružanu agresiju na Republiku Hrvatsku; pridonositi obrani saveznika u operacijama u skladu s člankom 5. Sjevernoatlantskog ugovora te štititi suverenitet Republike Hrvatske na kopnu, moru i u zračnom prostoru.

**Doprinos međunarodnoj sigurnosti** misija je Oružanih snaga kroz koju one daju svoj doprinos međunarodnoj sigurnosti te nastajanju i održavanju što povoljnijeg međunarodnog okružja, a ostvaruje se sudjelovanjem u operacijama potpore miru, obrambenom diplomacijom te nadzorom naoružanja, razoružanjem i sprječavanjem proliferacije naoružanja.

**Potpore civilnim institucijama** misija je kojom Oružane snage pružaju potporu civilnim institucijama i stanovništvu u procesu upravljanja krizama i u suočavanju s različitim vrstama rizika i prijetnjama koje nisu klasične vojne prirode, a ostvaruje se potporom policiji i drugim državnim tijelima, potporom u zaštiti i spašavanju te potporom civilnom društvu.

Sagledavajući sve tri misije kao temelj Oružanih snaga, apsolutno je nužno prepoznati ulogu i značaj potreba za investiranjem u izgradnju prostora za smještaj, obuku, skladištenje i drugih potreba Oružanih snaga. Navedeno podrazumijeva bitnu ulogu graditeljstva. Razvijajući sposobnosti graditeljstva u Oružanim snagama, stvaranjem postrojba koje su sposobne i opremljene za izvođenje osnovnih elemenata graditeljstva u niskogradnji i visokogradnji, podupire se širok spektar mogućnosti angažiranja Hrvatske vojske u navedenim misijama kao i u potpori civilnim institucijama. Valja spomenuti da Oružane snage raspolažu ljudskim potencijalima i sredstvima i za niz drugih aktivnosti koje kroz same potrebe za Oružane snage i u miru itekako pomažu civilnim institucijama, a nadasve i cjelokupnom pučanstvu. Navedeno se odnosi na izravnu i neizravnu potporu. Izravna potpora prepoznaje se u angažiranju u protupožarnoj sezoni, helikopterskom sanitetskom prijevozu, dostavi vode za piće i još nizu drugih aktivnosti kada su potrebni veći zahvati i veći resursi. Neizravna potpora temelji se na angažiranju određenih specifičnih resursa za određene situacije, a to su vojni laboratorijski, specifični strojevi i uređaji i slično. Za navedeno nepobitnu važnost ima ulaganje u izgradnju i modernizaciju građevina kako bi veliki sustav s velikim brojem čimbenika mogao izvršavati sve postavljene zahtjeve i zadaće. Zbog toga Ministarstvo obrane svojim planskim dokumentima kontinuirano prati graditeljstvo kao jednu od osnova uspješnosti, održavanjem postojećih građevina, podizanjem njihova standarda i izgradnjom novih građevina. S obzirom na složenost i vrste građevina, visoka je i razina zahtjevnosti u investiranju i modernizaciji, a pritom se moraju poštovati sve zakonske odrednice i sigurnosni zahtjevi.

### 3 Vizija oružanih snaga

Na temelju definiranih misija, a na osnovi potreba i sagledavanja mogućnosti za funkcioniranje i razvoj Oružanih snaga, izrađuju se dokumenti koji su utemeljeni na zakonskoj i propisanoj regulativi za definirana planska razdoblja. Planska razdoblja vremenski i sadržajno daju osnovne okvire koji su usklaćeni s godišnjim planiranim resursima na osnovi prethodnih analiza protekloga planiranog vremenskog razdoblja (tablica 1.). Naziv strateškoga planskog dokumenta je Dugoročni plan razvoja (DPR). Planskim dokumentom objedinjavaju se i planiraju potrebe zatvorenog razvoja sustava kao cjeline kroz svaki segment za sebe. Pritom se strogo vodi računa o sinergiji potreba i dinamike uskladenosti različitih područja u jednoj cjelini. Na kraju razvojnog razdoblja obuhvaćenog DPR-om, Oružane snage bit će dobro obučene, opremljene i vođene, odnosno sposobne i spremne izvršavati utvrđene misije i zadaće. Prožete domoljubljem i suočene sa zahtjevima 21. stoljeća, radikalno drukčijima od prijašnjih, vojnu će profesiju izgrađivati u skladu s načelima visoke profesionalnosti, stručnosti i socijalne odgovornosti. Oružane snage nisu samo instrument za provedbu misija i zadaća, već istodobno i jedan od ključnih elemenata te pokazatelj identiteta države i društva. Stasale u Domovinskom ratu, s visokim društvenim ugledom temeljenim na uspješno obavljenoj, povijesno važnoj misiji obrane i oslobođenja zemlje, one će, uz osiguranje odgovarajućih resursa, i ubuduće činiti jedan od temeljnih oslonaca sigurnosti, stabilnosti i razvoja društva. Oružane snage razvijat će se kao važan sastavni element sveukupnih potencijala države, izraz potreba te jedan od pokazatelja integriranih modernog hrvatskog društva u suvremene europske i globalne razvojne trendove. Svojim će djelovanjem kontinuirano potvrđivati tako postavljenu društvenu ulogu, privrženosti države savezništvu i vrijednostima na kojima se temelji europska i euroatlantska zajednica.

Tablica 1. Prikaz glavnih projekata izgradnje (DPR-2014.-2024., N.N. broj 151/2014)

RAZINA PRIORITETA	PLANSKO RAZDOBLJE		
	Do kraja 2017.	Do kraja 2020.	Do kraja 2024.
I.	Izgradnja skladišta za ubojna sredstva Nastavak izgradnje tipskih objekata u vojnoskladišnom kompleksu (VSK) "Hrvatski Ždral", Doljani. Projektiranje i priprema za izgradnju tipskih objekata u VSK Debela Glava, Slunji.	VSK "Debela Glava", Slunj Izgradnja novih skadišnih objekata za skladištenje UbS-a s pratećim građevinama (delaboračnica) i infrastrukturom i tehničkom zaštitom.	VSK "Debela Glava", Slunj Nastavak i završetak izgradnje skadišnih objekata UbS-a, prateće infrastrukture i upravnog objekta.
	Vojarna "Pukovnik Petar Matanović", Petrinja Izgradnja smještajnih, zapovjednih i nastavnih objekata. Rekonstrukcija horizontalne građevne infrastrukture.	Vojarna "Pukovnik Petar Matanović", Petrinja Nastavak izgradnje objekata i infrastrukture prema prostorno-planskoj dokumentaciji do pune funkcionalnosti vojarne.	
	Administrativno središte MORH-a, Zagreb Sanacija i rekonstrukcija postojećih objekata. Uređenje objekata i infrastrukture radi povećanja energetske učinkovitosti. Izrada projektne dokumentacije za izgradnju građevine za osiguranje radnog i smještajnog prostora unutar postojećeg središta.	Administrativno središte MORH-a, Zagreb Izgradnja građevine za osiguranje radnog i smještajnog prostora unutar postojećeg središta.	Administrativno središte MORH-a, Zagreb Završetak izgradnje građevine, infrastrukture i pratećih sadržaja do pune funkcionalnosti središta.
	DCM HRV NATO – vojarna "Pukovnik Marko Živković", Zagreb Osiguranje privremenog smještaja rekonstrukcijom građevine i izgradnjom telekomunikacijske infrastrukture.	DCM HRV NATO – vojarna "Pukovnik Marko Živković", Zagreb Izgradnja nove građevine za trajni smještaj Nacionalnog razmjestivog komunikacijskog modula ( <i>Deployable Communication Module, DCM HRV NATO</i> ).	Nakon izgradnje, finansijska sredstva nadoknadit će se iz NATO fonda.
	HVU "Petar Zrinski", Zagreb Sanacije i rekonstrukcije objekata za potrebe transformacije HVU-a i provedbe studijskih programa. Uređenje objekata i infrastrukture u cilju povećavanja energetske učinkovitosti.	HVU "Petar Zrinski", Zagreb Povećanje kapaciteta i standarda građevina (smještajni, učionički i nastavni prostori).	
	Vojni poligon Eugen Kvaternik, Slunj Rekonstrukcija i sanacija vodovoda u nadležnosti vojnog poligona. Izgradnja univaštavališta UbS-a. Revizija urbanističko-prostornog plana te izrada projektne dokumentacije. Izgradnja montažnih objekata za smještaj postrojbi na vježbama. Izgradnja montažnog smještajnog objekta, garaže, tehničke radionice i prateće infrastrukture za razmještaj topničkog diviziljuna 155 mm iz vojarne u Bjelovaru.	Vojni poligon Eugen Kvaternik, Slunj Izgradnja smještajnih objekata s pratećom infrastrukturom zbog izmještanja postrojbi iz vojarni u Gospiću i Bjelovaru. Uređenje i modernizacija obučnih objekata unutar poligona Slunj.	Vojni poligon Eugen Kvaternik, Slunj Nastavak izgradnje građevina, infrastrukture i pratećih sadržaja u skladu s prostornim planom.
	Remontni zavod, Jankomir, Zagreb Izgradnja logističko-distribucijskog centra.	Remontni zavod, Jankomir, Zagreb Nastavak izgradnje i opremanja logističko-distribucijskog centra.	

**Tablica 1. Prikaz glavnih projekata izgradnje (DPR-2014.-2024., N.N. broj 151/2014) - nastavak**

RAZINA PRIORITETA	PLANSKO RAZDOBLJE		
	Do kraja 2017.	Do kraja 2020.	Do kraja 2024.
II.	<b>Vojarna "Pukovnik Marko Živković", Zagreb</b> Izgradnja objekata za smještaj eskadrile višenamjenskih helikoptera (zbog preseljenja s Lučkog) te eskadrile borbenih aviona. Adaptacija i proširenje objekata za integraciju NATO zrakoplovnog sustava zapovijedanja i nadzora (napuštanje lokacije Podvornica). Izrada urbanističko-prostornog plana vojarne te izrada projektne dokumentacije.	<b>Vojarna "Pukovnik Marko Živković", Zagreb</b> Izgradnja hangara i proširenje stajanke za potrebe preseljenja iz vojarne Lučko. Uređenje skladišta avionskog goriva. Izgradnja garaža za smještaj tehničke i oružja HKoV-a.	<b>Vojarna "Pukovnik Marko Živković", Zagreb</b> Izgradnja nastavnih, skladišnih i pratećih objekata do pune funkcionalnosti vojarne.
	<b>Vojarna Zemunik, Zemunik Donji</b> Rekonstrukcija poletno-sletne staze. Rekonstrukcija termoenergetskog i elektroenergetskog sustava vojarne radi provedbe politike energetske učinkovitosti. Rekonstrukcija kuhinjsko-restoranskog objekta. Rekonstrukcija građevina za smještaj postrojbi.	<b>Vojarna Zemunik, Zemunik Donji</b> Rekonstrukcija građevina za smještaj postrojbi iz vojarne Benkovac. Rekonstrukcija postojećih hangara za održavanje zrakoplova.	<b>Vojarna Zemunik, Zemunik Donji</b> Izgradnja hangara za održavanje zrakoplova i proširenje stajanke zrakoplova. Izgradnja nastavnih, skladišnih i pratećih objekata do pune funkcionalnosti vojarne.
	<b>Vojni poligon Gašinci</b> Izgradnja taborišta za provedbu terenske obuke. Revizija urbanističko-prostornog plana te izrada projektne dokumentacije.	<b>Vojni poligon Gašinci</b> Izgradnja kuhinjskog restoranskog objekta.	<b>Vojni poligon Gašinci</b> Izgradnja smještajnih objekata s pratećom infrastrukturom zbog izmjene postrojbi iz vojarni Našice i Đakovo. Nastavak izgradnje građevina, infrastrukture i pratećih sadržaja u skladu s prostornim planom.
	<b>Vojarna "Sv. Nikola", Lora, Split</b> Sanacije i rekonstrukcije objekata, vojne luke i infrastrukture za potrebe funkcioniranja HRM-a. Projektiranje rekonstrukcije vojnog skladišta "Brižine".	<b>Vojarna "Sv. Nikola", Lora, Split</b> Uređenje objekata i infrastrukture u cilju povećanja energetske učinkovitosti (uređenje fasada, otvora, krovista).	<b>Vojarna "Sv. Nikola", Lora, Split</b> Rekonstrukcija vojnog skladišta "Brižine" za skladištenje pričuva pogonskih sredstava. Uređenje nastavnih, skladišnih i pratećih objekata do pune funkcionalnosti vojarne.
	<b>Vojna luka Meja, Korčula</b> Priprema projektne dokumentacije. Izdvanjanje od vojarne Privala te dogradnja obale lukobrana.	<b>Vojna luka Meja, Korčula</b> Izgradnja smještajnih kapaciteta za potrebe Obalne straže.	
	<b>Vojarna "Croatia", Zagreb</b> Rekonstrukcija građevina u cilju provedbe politike energetske učinkovitosti. Rekonstrukcija kuhinjskog restoranskog objekta.	<b>Vojarna "Croatia", Zagreb</b> Nastavak rekonstrukcije građevina radi provedbe politike energetske učinkovitosti. Rekonstrukcija horizontalne infrastrukture.	<b>Vojarna "Croatia", Zagreb</b> Izgradnja nastavnih, skladišnih i pratećih objekata do pune funkcionalnosti vojarne.
	<b>Vojarna "Vargarola", Pula</b> Izrada urbanističko-prostornog plana i projektne dokumentacije. Rekonstrukcija objekta za smještaj, skladišnih i radioničkih kapaciteta Uređenje KIS središta i DTK-a.	<b>Vojarna "Vargarola", Pula</b> Završetak rekonstrukcije objekata za smještaj te skladišnih i radioničkih kapaciteta za potrebe postrojbi HRM-a.	

Tablica 1. Prikaz glavnih projekata izgradnje (DPR-2014.-2024., N.N. broj 151/2014) - nastavak

RAZINA PRIORITETA	PLANSKO RAZDOBLJE		
	Do kraja 2017.	Do kraja 2020.	Do kraja 2024.
II:	<b>Vojarna "123. brigade", Požega</b> Rekonstrukcija i izgradnja objekata i infrastrukture za smještaj ZOD-a i napuštanje objekta Doma HV-a u Osijeku.	<b>Vojarna "123. brigade", Požega</b> Priprema i projektiranje rekonstrukcije objekata i izgradnje infrastrukture za smještaj ZOD-a.	
	<b>Vojarna Kamensko, Karlovac</b> Izrada urbanističko-prostornog plana te izrada projektne dokumentacije.	<b>Vojarna Kamensko, Karlovac</b> Izgradnja nastavnih, skladišnih i pratećih objekata.	Izgradnja ostalih objekata i infrastrukture do pune funkcionalnosti vojarne.
	<b>Središte za uzgoj i obuku službenih pasa – Dugo Selo</b> Izrada urbanističko-prostornog plana projektne dokumentacije i izgradnjā smještajnog objekta.	<b>Središte za uzgoj i obuku službenih pasa – Dugo Selo</b> Izgradnja i uređenje svih objekata i infrastrukture u skladu s urbanističko-prostornim planom do pune funkcionalnosti vojarne.	
	<b>Vojarna "Stn J. Zidar", Velika Buna</b> Izrada urbanističko-prostornog plana te izrada projektne dokumentacije za namjenske objekte i infrastrukturu Središnjice za obavještajno djelovanje.	<b>Vojarna "Stn J. Zidar", Velika Buna</b> Izgradnja i uređenje objekata u skladu s urbanističko-prostornim planom.	<b>Vojarna "Stn J. Zidar", Velika Buna</b> Nastavak izgradnje i uređenja objekata u skladu s urbanističko-prostornim planom do pune funkcionalnosti vojarne.
	<b>Vojarna "Knez Trpimir", Divulje</b> Izrada urbanističko-prostornog plana te izrada projektne dokumentacije.	<b>Vojarna "Knez Trpimir", Divulje</b> Izgradnja smještajnih, nastavnih, skladišnih i pratećih objekata u skladu s urbanističko-prostornim planom.	<b>Vojarna "Knez Trpimir", Divulje</b> Nastavak izgradnje i uređenja objekata u skladu s urbanističko-prostornim planom do pune funkcionalnosti vojarne.
	<b>Vojarna "Kralj Zvonimir", Knin</b> Rekonstrukcija smještajnih objekata zbog preseljenja postrojbi s neperspektivnih lokacija.	<b>Vojarna "Kralj Zvonimir", Knin</b> Izgradnja tehničkog bloka i za održavanje i smještaj BOV Patria.	<b>Vojarna "Kralj Zvonimir", Knin</b> Rekonstrukcija nastavnih, skladišnih i pratećih objekata do pune funkcionalnosti vojarne.
		<b>Vojarna "Drgomalj", Delnice</b> Izrada urbanističko-prostornog plana te izrada projektne dokumentacije.	<b>Vojarna "Drgomalj", Delnice</b> Izgradnja i uređenje objekata u skladu s urbanističko-prostornim planom do pune funkcionalnosti vojarne.
	Izrada studije o energetskoj učinkovitosti i projektiranje termoenergetskog postrojenja na biomasu za Vojni poligon Eugen Kvaternik, Slunj	<b>Vojni poligon Eugen Kvaternik, Slunj</b> Izgradnja TE postrojenja na biomasu.	<b>Vojni poligon Gašinci</b> Izgradnja TE postrojenja na biomasu.

Proširenje tradicionalne uloge vojske u suvremenim uvjetima i sve veća kompleksnost uvjeta u kojima se njezin angažman provodi, nisu smanjili zahtjevnost i složenost vojničkog poziva, nego su ih i povećali. Uz to, gospodarska kriza znatno je usporila razvojne procese i one mogućila da alokacija društvenih resursa u obrambeni bude u skladu s njegovom ulogom u značajno izmijenjenom ambijentu. Razvoj Oružanih snaga u takvim se okolnostima ne temelji na rastu obrambenog proračuna izvan društvenog konteksta, nego na racionalizaciji i učinkovitosti upravljačkih procesa.

Razvoj Oružanih snaga, uz nužna proračunska sredstva, u prvi plan stavlja i nove ideje i vizije koje mogu ublažiti, a dijelom i nadomjestiti nedostatak resursa. Razvoj Oružanih snaga ne temelji se isključivo na novom naoružanju i vojnoj opremi, već i na ljudima. Ulaganje u ljude, njihovo obrazovanje, cijelovitu skrb za poboljšanje radnih i životnih uvjeta pretpostavka je oživotvoreњa vizije razvoja Oružanih snaga. Ovaj proces pratit će dalja ulaganja kojima se povećava standard života i rada polaznika svih razina školovanja.

Sagledavajući potrebe za kvalitetnim uvjetima i visokim standardima života, rada i školovanja, MORH ulaže napore i investira u izgradnju objekata namijenjenih za obrazovanje kako bi osigurao najbolje mogućnosti dolaska do rezultata izvrsnosti.

Ključni element, osim prostora, predstavlja odabir i izobrazba nastavnog kadra za provedbu navedenih studijskih programa, stimuliranje stjecanja viših akademskih stupnjeva, izbora u znanstveno-nastavna i nastavna zvanja te stvaranje uvjeta za zadržavanje znanstveno-nastavnog kadra u okviru obrambenog sektora.



Slika 1. HVU "Dr. Franjo Tuđman" prije (lijevo) i sada (desno)



Slika 2. HVU "Dr. Franjo Tuđman" prije (lijevo) i sada (desno)

Paralelno će se razvijati programi izobrazbe i obuke s drugim državnim tijelima koji su usredotočeni na dostizanje sposobnosti za zajednički odgovor na izazove i prijetnje, zajedničko sudjelovanje u operacijama i pomoć civilnim institucijama. Osim zadovoljavanja potreba obrane i osiguranja visoke kvalitete, na ovaj se način postiže i prohodnost osoblja iz vojnog okružja u civilno i obrnuto. Visokoškolsko obrazovanje za potrebe obrane treba biti oblikованo tako da se kroz njega mogu osposobljavati budući časnici Oružanih snaga, ali i mnogo šire – stručnjaci u Ministarstvu obrane i drugim državnim tijelima čija je djelatnost povezana s obranom i nacionalnom sigurnošću, zatim istraživači u znanstveno-istraživačkim i razvojno-istraživačkim institucijama koje se bave istraživačkom djelatnošću u području obrane, a isto tako i druge osobe izvan sustava državne uprave. Kroz investiranje u izgradnju, opremanje i modernizaciju građevina za život, rad i obrazovanje, omogućava se postizanje uvjeta za stvaranje najkompetentnijih osoba za određena područja.

## **4 Objekti i infrastruktura**

### **4.1 Stanje u području objekata i infrastrukture**

Uredbom o preuzimanju sredstava JNA i SSNO-a na teritoriju Republike Hrvatske u vlasništvo Republike Hrvatske (N. N. broj 52/91), članak 3. i članak 8., nekretnine koje su namjenjene za potrebe obrane u vlasništvu su Republike Hrvatske, a dane su na korištenje i upravljanje Ministarstvu obrane. Nekretnine koje su dodijeljene na korištenje i upravljanje Ministarstvu obrane svrstane su u sljedeće kategorije:

- perspektivne nekretnine (nekretnine građene za vojnu namjenu koje koristi Ministarstvo obrane)
- privremeno perspektivne nekretnine (nekretnine građene za vojnu namjenu koje koristi Ministarstvo obrane, a u postupku su napuštanja)
- neperspektivne nekretnine (nekretnine građene za vojnu namjenu koje ne koristi Ministarstvo obrane).

Racionalizacijom korištenja vojnih nekretnina Ministarstvo obrane koristit će samo perspektivne nekretnine, a sve neperspektivne i privremeno perspektivne nekretnine (nakon iseljenja) predat će se na upravljanje Državnom uredu za upravljanje državnom imovinom. Primopredajom neperspektivnih i privremeno perspektivnih nekretnina Ministarstvo obrane smanjit će troškove hladnog pogona, osiguranja i ophodnje predmetnih nekretnina, a Državni ured za upravljanje državnom imovinom moći će pokrenuti postupak njihova privodenja drugoj namjeni u skladu s prostornom planskom dokumentacijom.

## 4.2 Smjer razvoja u području objekata i infrastrukture

Tijekom modernizacije i razvijanja perspektivnih lokacija u skladu s Dugoročnim planom strogo se vodi računa o zakonskoj regulativi.

Vlada Republike Hrvatske na temelju članka 91. stavka 4. Zakona o obrani (N. N. broj 73/2013), na sjednici održanoj 23. listopada 2014. godine donijela je Uredbu o vojnem graditeljstvu. Uredbom se propisuje obavljanje poslova projektiranja, građenja, održavanja, uklanjanja i inspekcijski nadzor vojnih građevina, izdavanje dozvola za građenje i uporabu tih građevina, stručni nadzor građenja te posebne mjere zaštite povjerljivih podataka u vezi s time. Uredbom se propisuju vrste, kategorizacija, upis u katastar vojnih lokacija i vođenje registra vojnih građevina, način korištenja inženjerijskih postrojbi Oružanih snaga Republike Hrvatske pri građenju te način korištenja postrojbi oružanih snaga partnerskih država.

Pri izgradnji, adaptaciji i rekonstrukciji objekata i infrastrukture na lokacijama koje su predviđene za planirani razmještaj Oružanih snaga, uglavnom će se slijediti načelo da će se glavne vojarne koje nemaju kapacitet razvoja za više od 2000 osoba i nemaju vježbališta ili objekte za obuku, držati neperspektivnim. Radi povećavanja učinkovitosti na perspektivnim lokacijama, u prvom redu poligonima i vojarnama, okupnjivat će se smještajni, obučni logistički kapaciteti. Racionalizirat će se ukupan broj i ubrzati napuštanje i predaja neperspektivnih nekretnina radi smanjivanja troškova za njihovo osiguranje i održavanje. U proteklome vremenskom razdoblju jedan dio vojarni (Osijek, Zagreb, Vukovar, Slavonski Brod i druge) proglašen je neperspektivnim i one su kao takve predane civilnim strukturama, koje su ih obnovile i pretvorile u sveučilišne kampuse, prostore od interesa za širu civilnu zajednicu. Kontinuirano će se podizati standardi rada, smještaja i obuke na perspektivnim lokacijama te usklađivati stanje objekata prema zahtjevima koji su određeni propisima iz područja prostornog uređenja, građenja, zaštite od požara, zaštite na radu, zaštite okoliša i tehničke zaštite, slika 3.



Slika 3. Prije povisivanja standarda (lijevo) i sada (desno)

Sustavi tehničke zaštite u funkciji osiguranja vojnih lokacija projektirat će se u sklopu izgradnje novih građevina i rekonstrukcije postojećih građevina i infrastrukture. Navedenim se stvaraju uvjeti za racionalizaciju korištenja vojnog osoblja na poslovima fizičkog osiguranja vojnih lokacija. Radi bržeg dostizanja prostornog razmještaja Oružanih snaga na perspektivnim lokacijama istražit će se i razviti koncept izgradnje smještajnih, logističkih i drugih objekata u obliku montažnih i modularnih građevina i sustava brze gradnje, slika 4.

U poslovima izgradnje, rekonstrukcije i adaptacije primijenit će se postupci za postizanje energetske učinkovitosti i gospodarenja otpadom. Financijska sredstva koja će se ostvariti subvencijom Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti koristit će se za izgradnju i rekonstrukciju vojnih građevina, slika 5.



Slika 4. Vojarna u Vukovaru



Slika 5. HVU "Dr. Franjo Tuđman" prije (lijevo) i sada (desno)

Na vojnim poligonima i drugim vojnim lokacijama na kojima postoje resursi i mogućnosti za pripremu biomase, projektirat će se i izgraditi energetska postrojenja na biomasu. U idućem planskom razdoblju težit će se racionalizaciji i smanjenju broja neperspektivnih nekretnina na sljedeće načine:

- predajom na upravljanje Državnom uredu za upravljanje državnom imovinom
- prodajom dijela nekretnina, za što je potrebno ostvariti preduvjete
- okrupnjivanjem i centraliziranjem smještajnih, upravnih, skladišnih, obučnih i drugih kapaciteta te ciljanim razmještajem Oružanih snaga, za što je preuvjet izgradnja i uređenje potrebnih kapaciteta na perspektivnim lokacijama.

Sredstva koja će se ostvariti prodajom neperspektivnih i privremeno perspektivnih nekretnina, ulagat će se u modernizaciju infrastrukture Ministarstva obrane. Kao jedan od načina financiranja projekata izgradnje i modernizacije infrastrukture razmatrat će se i mogućnost korištenja fondova Europske unije te drugi mogući izvori.

## 5 Opremanje i modernizacija

Novim organizacijskim postupcima kao i planskim zahvatima uvelike se ulaže u modernizaciju i investiranje u graditeljstvu kako bi se dosegao potreban standard, slike 6. i 7. Radi zadržavanja ključnih sposobnosti u graditeljstvu kroz stručno osoblje i namjenske postrojbe (inženjerijske), a imajući na umu neizvjesnost dugoročnih izazova sigurnosnog okružja, planiraju se i projekti opremanja i modernizacije koji bi započeli potkraj planskog razdoblja, a čiji se završetak i finansijski učinak najvećim dijelom proteže na iduće plansko razdoblje. Graditeljski zahvati kao prioritet za smještaj i rad, predstavljaju osnovu trajnih investicija, koje su rađene prema najvišim graditeljskim standardima za dugoročno razdoblje. Sagledavajući značaj i ulogu investicija u graditeljstvu u Hrvatskoj vojsci, takvim se ulaganjem neizravno ulaže i u širo društvenu zajednicu. Svi kapaciteti Hrvatske vojske, sukladno potrebama civilnog društva, uže i šire društvene zajednice, mogu se koristiti u svrhu zajedničkih potreba ili potreba samoga civilnog okruženja, uz prethodno međusobno usklađivanje planiranih aktivnosti. Otvaranjem suradnje i prostora prema civilnom društvu, moderna Hrvatska vojska pokazuje novu dimenziju odnosa prema civilnoj zajednici, uvažavajući svoje temeljne zadatce i potrebe služenja svim građanima Republike Hrvatske. Modernizacijom i rasporedom snaga u zemlji kroz razvijene sposobnosti, Oružane snage predstavljaju garanciju sigurnosti. Praćenjem Dugoročnog plana razvoja izrađuju se planovi za kratkoročno postizanje ciljeva kako bi slijednost aktivnosti projektiranja, izgradnje, rekonstrukcije i opremanja pratila dinamiku modernizacije, usklađenu s raspoloživim godišnjim planiranim resursima. Prijedlog plana investicija izgradnje i modernizacije gradnje za 2020. godinu prikazan je u tablici 2.



Slika 6. Multifunkcionalni kongresni centar u rekonstrukciji, prije (lijevo) i 2021. (desno)



Slika 7.  
Smještajna građevina Vukovar

Tablica 2. Prijedlog plana investicija izgradnje i modernizacije gradnje za 2020. godinu

PLAN VOJNE GRADNJE ZA 2020. GODINU				
Rb	Vojna lokacija	Planirana finanč. sred. (mil. kn)	projektiranje izgradnja rekonstrukcija adaptacija i opremanje	Napomena
<b>IZGRADNJA, REKONSTRUKCIJE I ADAPTACIJE U 2020.</b>				
1	Bjelovar - vojarna "Bilogora"			
1	Sportska dvorana	2,00	izgradnja	Dvogodišnje financiranje 2020. - 2021. Procjena investicije 35,00 mil. kn., sufinancira grad Bjelovar.
2	Dugo Selo-vojarna „pk Milivoj Halar“			
2	Smještajna građevina satnije za obuku vodiča službenih pasa	6,80	izgradnja	Dvogodišnje financiranje 2020. - 2021., ukupno 9,93 mil. kn
3	Našice-vojarna „132. našičke brigade“			
3	Sportski tereni i atletska staza	3,80	izgradnja	
4	Slunjski vojni poligon „Eugen Kvaternik“			
4	Novi dio VSK-sklađista UBS-a	6,00	izgradnja	Cetvorogodišnje financiranje 2020.-2023. Procjenjena investicije 72,00 mil. kn
5	Knин-vojarna 4. gardijske brigade „Pauci“			
5	Smještajna građevina br. 1	10,16	adaptacija	Nastavak 2019. od ukupno 19,40 mil. kn.
6	Petrinja-vojarna „pk Predrag Matanović“			
6	Atletska staza s pratećim sadržajima	4,33	izgradnja	Nastavak 2019. od ukupno 4,5 mil. kn.
7	Pleso-vojarna "pk Marko Živković"			
7	Kotlovnica u vojarni	1,48	rekonstrukcija	
8	Sportski tereni i atletska staza	3,80	izgradnja	
9	Split-vojarna „Admiral Njote Sveti Letica-Barba“			
9	Gradevina br. 9 (kadeti)	1,13	adaptacija	Nastavak 2019. od ukupno 3,02 mil. kn.
10	Atletska staza i sportski tereni	1,26	adaptacija	Nastavak 2019. od ukupno 2,41 mil. kn.
11	Gradevina br. 36 (vojna policija)	2,87	adaptacija	Nastavak 2019. od ukupno 2,87 mil. kn.
12	Varaždin-vojarna 7.gardijske brigade „Puma“			
12	Gradevina 22 (kuhinja s kantinom, termički dio)	2,73	rekonstrukcija	Nastavak 2019. od ukupno 3,34 mil. kn.
13	Vinkovci, vojarna „5. gbr Slavonski Sokolovi“			
13	Kapela Vinkovci	4,88	izgradnja	
PLAN VOJNE GRADNJE ZA 2020. GODINU				
Rb	Vojna lokacija	Planirana finanč. sred. (mil. kn)	projektiranje izgradnja rekonstrukcija adaptacija i opremanje	Napomena
14	Vukovar-vojarna „204. brigade Hrvatske vojske“			
14	Proširenje vojarne	26,63	izgradnja	
15	Zagreb, HVU "Dr. Franjo Tuđman"			
15	Atletska staza	0,33	rekonstrukcija	Nastavak 2019. od ukupno 1,5 mil. kn.
16	Smještajna građevina „Vukovar“	9,48	izgradnja	Nastavak 2019. od ukupno 55 mil. kn., IZVOR 9
17	Kongresni centar	17,38	adaptacija	Dvogodišnje financiranje 2020. - 2021. Procjena investicije 46,00 mil. kn.
18	Park i strojilište	2,50	rekonstrukcija	
19	Zemunik-vojarna „pk Mirko Vukušić“			
19	Sportski tereni i atletska staza	3,80	izgradnja	
20	Hangar multifunkcionalni za održavanje zrakoplova	2,00	izgradnja	Trogodišnje financiranje 2020. - 2022. Procjena investicije 36,00 mil. kn.
PLAN VOJNE GRADNJE ZA 2020. GODINU				
Rb	Vojna lokacija	Planirana finanč. sred. (mil. kn)	projektiranje izgradnja rekonstrukcija adaptacija i opremanje	Napomena
<b>OPREMANJE U 2020.</b>				
1	Petrinja-vojarna „pk Predrag Matanović“			
1	Smještajna građevina	1,50	opremanje	
2	Split-vojarna „Admiral flote Sveti Letica-Barba“			
2	Gradevina br. 36	0,44	opremanje	
3	Knin			
3	Gradevina br. 1	0,35	opremanje	
4	Vinkovci, vojarna „5. gbr Slavonski Sokolovi“			
4	Kapela	0,40	opremanje	
5	Vukovar-vojarna „204. brigade Hrvatske vojske“			
5	Proširenje vojarne	0,66	opremanje	
6	Zagreb, HVU "Dr. Franjo Tuđman"			
6	Smještajna građevina „Vukovar“	10,00	opremanje	IZVOR 9

**Tablica 2. Prijedlog plana investicija izgradnje i modernizacije gradnje za 2020. godinu**

<b>PLAN VOJNE GRADNJE ZA 2020. GODINU</b>				
Rb	Vojna lokacija	Planirana financ. sred. (mil. kn)	projektiranje izgradnja, rekonstrukcija adaptacija i opremanje	Napomena
<b>PROJEKTIRANJE U 2020.</b>				
1	<b>Divulje</b> Smještajna građevina za dežurne pilote	0,15	projektiranje	
2	Hangar "Black Hawk"	0,60	projektiranje	
3	Kuhinja	0,15	projektiranje	
	<b>Našice-vojarna "132. našičke brigade"</b>			
4	Sportski tereni i atletska staza	0,15	projektiranje	
	<b>Petrinja-vojarna „pk Predrag Matanović“</b>			
5	Ambulanta	0,30	projektiranje	
	<b>Pleso-vojarna "pk Marko Živković"</b>			
6	Sportski tereni i atletska staza	0,15	projektiranje	
	<b>Udbina-vojarna „Josip Jović“</b>			
7	Restoran u vojarни "Josip Jović"	0,30	projektiranje	
	<b>Zemunik-vojarna „pk Mirko Vuković“</b>			
8	Hangar multifunkcionalni za održavanje zrakoplova	0,90	projektiranje	
9	Sportski tereni i atletska staza	0,15	projektiranje	

Inženjerijske postrojbe predstavljaju okosnicu u zadržavanju graditeljskih sposobnosti i za potrebe u zemlji i u angažiranju sa saveznicima izvan domaćeg okruženja. Postojeća inženjerijska sredstva za premoćivanje prepreka, izgradnju putova i izvođenje osnovnih graditeljskih radova visokogradnje dijelom su zastarjela i taktički i tehnički ne odgovaraju novim zahtjevima. U skladu s novim operativnim zahtjevima za održavanje operativnog tempa u visokomobilnim operacijama, Oružane snage će u idućem razdoblju prioritetno dovršiti opremanje NATO deklariranih snaga inženjerije (jedan vod i jedna satnija za opću inženjerijsku potporu, jedan vod EOD) inženjerijskim strojevima, kamionima, EOD opremom i specijalnim EOD vozilima te započeti opremanje novim inženjerijskim sustavima potrebni ma za realizaciju prihvaćenih NATO Ciljeva sposobnosti.

Stvaranjem tako opremljene i sposobljene inženjerijske postrojbe omogućava se njezina primjena i za potrebe civilnih struktura u zemlji i izvan nje.

## 5.1 Logistička potpora NATO vođenih operacija

Osim sagledavanja investicija u izgradnju i modernizaciju svih prostora kroz samo planiranje, Hrvatska vojska ulaze u inženjerijske postrojbe, koje imaju sposobnosti izvođenja rada na niskogradnje i visokogradnje kao i određene aktivnosti u slučaju elementarnih nepogoda. Navedene sposobnosti usmjerene su na aktivnosti potreba naših postrojbi u misijama, ali i za potrebe u zemlji.

Pristupanjem Partnerstvu za mir (PzM) u svibnju 2000. godine, Republika Hrvatska iskazala je svoju namjeru i nastojanja za ulazak u Sjevernoatlantski savez. Ulaskom u proces planiranja i analize – PaRP (engl. *Planning and Review Process*) te prihvaćanjem partnerskih ciljeva, Republika Hrvatska obvezala se pripremiti i osposobiti postrojbe OSRH-a za NATO/PzM aktivnosti (operacije, vježbe, obuku). Oružane snage Republike Hrvatske susrele su se s neposrednom primjenom standarda i regulativa NATO-a u području misije.

Sukladno NATO konceptu logističke potpore, svaka zemlja sudionica misije ima ovlast i obvezu osiguravanja logističke potpore svojim postrojbama. Osiguravanje logističke potpore snagama nacionalnog kontingenta ne podrazumijeva izravnu provedbu, nego se potpora

osigurava u suradnji s nekoliko subjekata koji se u višenacionalnom okruženju pojavljuju kao nositelji dijela logističke potpore. Ponajprije se to odnosi na potporu zemlje domaćina (HNS), potporu vodeće zemlje u operaciji te na potporu koju pruža OSRH vlastitim kapacitetima, odnosno kombinaciju i uporabu svih navedenih oblika potpore. Logistička potpora zemlje partnera definira se bilateralnim ugovorom i sporazumima između zemlje davaljice logističke potpore i zemlje primateljice potpore.

Kako bi se omogućilo usklađivanje poslova i postupaka u višenacionalnom okruženju, svaka zemlja (NATO i zemlja partner) formira NSE (engl. *National Support Element* – Nacionalni element potpore), koji se strukturira i angažira za svaku misiju postrojbi izvan matične zemlje te ima ključnu ulogu u osiguranju logističke potpore postrojbama nacionalnog kontingenta.

## 5.2 NATO koncept logističke potpore

NATO koncept logističke potpore (u daljem tekstu LoP) mora udovoljiti zahtjevima zapovjednikova operativnog koncepta, dati potporu iskorištavanju operativnog uspjeha te poстиći učinkovitost i ekonomičnost kroz koordinaciju nacionalnih logističkih elemenata i integraciju višenacionalne logistike. Temeljna načela koja podupiru koncept LoP-a su suradnja, koordinacija, primarna važnost operacija, fleksibilnost i sinergija. To znači da koncept mora podupirati zadaću, biti dovoljno fleksibilan u stvaranju uvjeta implementacije nacionalnih koncepata potpore, prepoznati prednosti LoP-a zemalja članica te jasno naznačiti da je to dobitak i za zemlje članice i za NATO.

Zemlje članice Saveza sudjeluju u operaciji podupirući vlastite snage ili dogovarajući potpore s drugim zemljama ili kroz ugovore ili ostale aranžmane za vrijeme procesa planiranja. U zadaćama koje se odnose na zadaće izvan članka 5. Sjevernoatlantskog ugovora (1946. g.), višenacionalne združene namjenske snage (engl. *Combined Joint Task Forces* – CJTF) preuzimaju odgovornost i za sigurnost zadnjeg područja, što je zadaća koju obično preuzima zemlja domaćin.

Dok je glavni fokus NATO zapovjednika na koordinaciji logističkog napora, ponekad postoji potreba za uspostavljanjem postrojbi za višenacionalni integrirani LoP (engl. *Multinational Integrated Logistics Unit* – MILU). Takve se postrojbe uspostavljaju ovisno o tipu zadaće. Primjeri su višenacionalno prevoženje, održavanje objekata i infrastrukture, potpora u luka-ma i pružanje usluga. Pri uspostavi takvih postrojbi primjenjuje se načelo "vodeće zemlje" (engl. *Lead Nation* – LN).

## 5.3 Koncept logističke potpore kontingenta OSRH-a u NATO vođenim operacijama

### Ovlašti u organizaciji i provedbi logističke potpore

Nacionalna logistička potpora postrojbi OSRH-a u međunarodnim vojnim misijama zahtjeva usklađeno djelovanje najviših državnih institucija, mjerodavnih uprava Ministarstava obrane RH i Glavnog stožera GS OSRH-a, Zapovjedništava za logistiku te NSE-a i postrojba koje provode dodijeljenu zadaću u području operacije.

### Ovlašti:

#### Ministarstvo obrane RH:

- Priprema i dostavlja GS OSRH-a ulazne informacije koje su potrebne za pripremu i provedbu logističke potpore međunarodnim vojnim operacijama.
- Priprema i potpisuje međunarodne bilateralne i multilateralne ugovore, koji definiraju višenacionalnu logističku potporu pripadnicima OSRH-a u sklopu međunarodnih mirovnih misija.
- Osigurava materijalna i finansijska sredstva koja su potrebna za nacionalnu logističku potporu pripadnika OSRH-a u međunarodnim mirovnim misijama.

#### Glavni stožer OSRH-a (Uprava za logistiku):

- Izrađuje koncept logističke potpore postrojbi OSRH-a u NATO vođenim operacijama, kojim definira politiku i smjernice u planiranju i provedbi logističke potpore OSRH-a u međunarodnim vojnim operacijama.
- U koordinaciji s nadležnim upravama MORH-a i GS OSRH-a izrađuje prijedlog godišnjih planova nabave MTS-a i opreme potrebne za opremanje postrojbi OSRH-a koje su deklarirane za sudjelovanje u međunarodnim vojnim operacijama.

## 5.4 Infrastrukturna inženjerija za logistiku

**Infrastrukturna inženjerija za logistiku** (engl. *Infrastructure Engineering for Logistic – IEL*) prema **NATO-u**: "Pokriva izgradnju, rekonstrukciju, opremanje, popravak, održavanje i otpis infrastrukturnih objekata, potrebnih za narastanje, razmještaj, smještaj, podupiranje te pre-mještaj vojnih snaga, uključujući izgradnju, rekonstrukciju i održavanje linija komunikacije (LOCs), uz poštivanje zaštite okoliša."

U OSRH-u razvoj Infrastrukturne inženjerije za logistiku započinje s implementacijom prihvatanja partnerskih ciljeva.

Sukladno navedenome, zadaće buduće Infrastrukturne inženjerije za logistiku definirat će se u sklopu misija i zadaća OSRH-a te razvijati kao nova logistička funkcija. U sklopu mogućeg angažiranja u međunarodnim misijama, provodit će sljedeće zadaće:

### 5.4.1 U sklopu NATO vođenih operacija

Infrastrukturna inženjerije za logistiku pruža potporu postrojbama OSRH-a u mirovnim operacijama, osiguravajući i održavajući uvjete za smještaj te izgrađujući i održavajući linije komunikacije. Za potrebe smještaja razvija sljedeće vrste kampova:

- **Kamp sa šatorima** koji je namijenjen za kraći boravak, s uporabom šatorske opreme koja treba biti provjerene kvalitete, atestirana za ekstremne uvjete korištenja, visoke mehaničke otpornosti te jednostavna za montažu, primjenu i održavanje, slika 8.
- **Kamp s kontejnerima** koji je namijenjen za duži boravak, s uporabom suvremenih kontejnerskih objekata koji moraju biti jednostavni za montažu, male težine, izrađeni od metala s dugim vijekom trajanja te s mogućnošću modularnog povezivanja u namjenske cjeline (slika 8., dolje).

- **Kamp – mješovit** za češće rotacije postrojbi, s kombinacijom šatora i kontejnera.
- **Kamp s čvrstim (postojećim) objektima**, s uporabom postojećih, manje devastiranih objekata na terenu u MVO-u, koje treba prilagoditi za smještaj kontingenta OSRH-a u misiji.



Slika 8. Inženjerijske postrojbe u NATO misijama

#### 5.4.2 U sklopu humanitarnih operacija

Infrastrukturna inženjerija za logistiku sudjeluje u aktivnostima međunarodne solidarnosti u međunarodnim humanitarnim operacijama, pružajući pomoć drugim državama u uvjetima prirodnih katastrofa i nesreća, slika 9.



Slika 9. Inženjerske postrojbe u NATO misijama

#### 5.4.3 Financijsko osiguranje

Temeljni dokumenti za financijsko osiguranje su Naputak o materijalnom knjigovodstvu u Ministarstvu obrane i Oružanim snagama RH, Pravilnik o načinu materijalnog zbrinjavanja OSRH-a te Uputa o načinu obrade i dostavljanja računa i drugih isprava na knjiženje i isplatu. U financijskom osiguranju u području operacija postoje određene specifičnosti u odnosu prema onome koje se provodi u MORH-u i OSRH-u u zemlji. One su ponajprije određene vrstom međunarodne mirovne misije, područjem operacija u višenacionalnom okruženju, potpisanim međunarodnim ugovorima i sporazumima te veličinom i sastavom nacionalnog kontingenta.

### 6 Logistički sustav

#### 6.1 Stanje logističkog sustava

Ulaganjem u izgradnju i modernizaciju građevina po svim segmentima i tipovima građevina, kao i prateće infrastrukture nužno je provoditi i njihovo održavanje. Za provođenje logističkog sustava po graditeljstvu izrađena je Uputa o održavanju vojnih lokacija i građevina u OSRH-u koja se temelji na Pravilniku o održavanju građevina koje je izradilo Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja temeljem članka 152. stavka 1. Zakona o gradnji (N.N. broj 153/13). Pod zajedničkim nazivom logistički sustav podrazumijeva se i održavanje svih postojećih građevinskih kapaciteta, i visokogradnje i niskogradnje, kao i prateće infrastrukture. Logistički sustav Oružanih snaga jedinstven je za sve grane i dijelove Oružanih snaga, uvažavajući posebnosti logističke potpore borbenih rodova, rodova borbene potpore, službi i struka. Logistička spremnost odnosi se na pravodobnu raspoloživost naoružanja i vojne

opreme, dostupnost zaliha svih klasa materijalnih sredstava, učinkovitost sustava opskrbe te postojanje sposobnosti za održivost snaga koje sudjeluju u operacijama. Financijska sredstva za logističku potporu namijenjena su za održavanje naoružanja i vojne opreme, opskrbu energentima, smještaj, prehranu i druge oblike logističke potpore. Kako bi logistička spremnost bila u skladu s misijama i zadaćama, a logistika bila u mogućnosti odgovoriti izazovima i potrebama u potpori Oružanih snaga, cilj je udio logističkih troškova zadržati na istoj razini u sljedeće tri godine, a nakon toga postupno povećavati na optimalnih 20 % vrijednosti ukupnoga obrambenog proračuna.

Optimizacijom će se postići brži i učinkovitiji logistički sustav u kojem će se ukloniti ponavljanje istovrsnih poslova na više upravljačkih razina. Cilj je uspostaviti procesnu organizaciju i funkcioniranje logistike te jasnije definirati namjenu i zadaće ustrojstvenih jedinica. U sklopu optimizacije logističkog sustava pokreću se sljedeće inicijative:

- Optimizacija javne nabave usklađivanjem nadležnosti i odgovornosti ustrojstvenih jedinica te uspostavljanjem automatizirane operativno-tehničke komunikacije u postupcima nabave.
- Reforma normativnog područja materijalnog zbrinjavanja. Reformirat će se regulativni okvir materijalnog zbrinjavanja radi stvaranja višegodišnjih programa suradnje s poslovnim subjektima domaće vojne industrije i davatelja usluga logističke potpore. Osigurat će se transparentnost u odlučivanju o nabavi borbenih sustava i djelotvornost sustava.
- Kodifikacija i optimizacija sustava opskrbe i distribucije te praćenje inventara.
- Implementiranje Sustava upravljanja kvalitetom u skladu s NATO standardima.
- Automatizacija razmjene logističkih informacija i logistička situacijska informiranost osnovni je preduvjet u planiranju logističke potpore. Implementacija logističkog informacijskog sustava osigurat će potporu, nadzor i vidljivost materijalne imovine te poduprijeti materijalno-financijsko poslovanje u Ministarstvu obrane i Oružanim snagama.

## **6.2 Zalihe za pričuvnu komponentu**

Strateškim pregledom obrane predviđeno je uspostavljanje mehanizma narastanja obrambenih sposobnosti razvojem pričuve za koju će se izdvojiti i čuvati naoružanje i oprema. To podrazumijeva dimenzioniranje potreba i ispunjenje logističkih zahtjeva. Za smještaj i čuvanje naoružanja i temeljnih sredstava za pričuvu izgradit će se nedostajući namjenski skladišni ili garažni prostori u perspektivnim vojarnama.

## **7 Zaključak**

Ostvarivanje ciljeva i ambicija DPR-a zahtijeva kontinuirano upravljanje njegovom provedbom, s jasnim nadležnostima i odgovorima. Hrvatski sabor redovito prati provedbu DPR-a razmatranjem Godišnjeg izvješća o obrani te prijedloga obrambenog područja u okviru Državnog proračuna Republike Hrvatske. Radi potpore ovakvoj ulozi Hrvatskog sabora, Ministarstvo obrane, u sklopu izrade Godišnjeg izvješća o obrani u zasebnom poglavljju izvještava o provedbi DPR-a. Vlada Republike Hrvatske utvrđuje dinamiku i prioritete provedbe DPR-a kroz Strategiju Vladinih programa i Smjernice ekonomski i fiskalne politike.

Ministarstvo obrane osigurava operacionalizaciju DPR-a putem procesa obrambenog planiranja. Provodi se raščlamba te izrađuju prijedlozi izmjena propisa koji predstavljaju normativne pretpostavke za učinkovitu provedbu DPR-a.

U operacionalizaciji DPR-a od posebnog značaja bit će regulacija obrambenog planiranja. Vlada Republike Hrvatske i Ministarstvo obrane upravljaju prevladavanjem rizika povezanih s realizacijom prioriteta. DPR se revidira svake treće godine, a u slučaju značajnih izmjena u strateškom i sigurnosnom okružju, u odvijanju društvenih i gospodarskih procesa, prije svega povezanih sa stanjem finansijskih resursa ili pojave drugih okolnosti koje bi upućivale na potrebu za značajnjom revizijom dokumenta, prethodno će se provesti proces strateškog pregleda obrane, koji je utvrđen Zakonom o obrani. Radi osiguravanja optimalne razine implementacije i prilagodljivosti na planska rješenja utvrđena DPR-om, Vlada Republike Hrvatske može u slučaju potrebe na godišnjoj razini predlagati njegove manje izmjene.

Sagledavajući misije Oružanih snaga kao i potrebu otvaranja prema civilnim strukturama s ciljem što većeg približavanja svakom građaninu Republike Hrvatske, sveukupno investiranje i modernizacija u duhu je potpore svih institucija i građana Republike Hrvatske. Za potpun uspjeh u stvaranju moderne vojske, vojske svih građana, kao i vojske koja može odgovoriti na sve postavljene izazove u zemlji i u misijama, prijeko je potrebna sinergija znanstvene i ekonomske suradnje Hrvatske vojske i civilnih struktura.

## Literatura

- [1] Dugoročni plan razvoja Oružanih snaga RH za razdoblje od 2015. do 2024. godine. N.N. broj 151/2014.
- [2] Zakon o gradnji. N.N. broj 153/13.
- [3] Zakon o obrani. N.N. broj 73/2013.
- [4] Uredba o vojnem graditeljstvu.
- [5] Pravilnik o održavanju građevina.
- [6] Uputa o održavanju vojnih lokacija i građevina u OSRH. GS OSRH. veljača 2019. Zagreb.
- [7] Zbornik – izabrani radovi polaznika vojnih izobrazbi. 2008. OSRH. HVU "Petar Zrinski".
- [8] Prijedlog plana projektiranja, izgradnje, rekonstrukcije i opremanja za 2020. GS OSRH.



## **Analiza obveza proizvođača otpada u gospodarenju građevnim otpadom prema propisima Republike Hrvatske**

Autor:  
**Vedrana Lovinčić Milovanović**

Maxicon d.o.o.  
Zagreb, Kružna 22

# Analiza obveza proizvođača otpada u gospodarenju građevnim otpadom prema propisima Republike Hrvatske

Vedrana Lovinčić Milovanović

## Sažetak

Proizvođačem otpada smatra se svaka osoba čijom aktivnošću nastaje otpad te je u skladu sa zakonskim propisima dužna otpadom gospodariti na održiv način i prema definiranim pravilima. Kako građevni otpad nastaje tijekom cijelog postojanja građevina, od same gradnje i rekonstrukcije, tijekom faze održavanja pa sve do uklanjanja građevina, tako se i proizvođačima građevnog otpada smatraju sudionici u svim ovim fazama postojanja građevina. U ovom radu dan je pregled obveza proizvođača građevnog otpada u gospodarenju građevnim otpadom prema propisima Republike Hrvatske, stavljajući naglasak na Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Pravilnik o gospodarenju otpadom, Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest, ali uzimajući u obzir i druge propise koji se direktno ili indirektno odnose na područje gospodarenja otpadom.

**Ključne riječi:** građevni otpad, Prateći list za otpad, Očevidnik o nastanku i tijeku otpada, odlaganje otpada

## Obligations of waste producers in construction waste management in accordance with the legislation of the Republic of Croatia

### Abstract

Waste producer is considered to be any person whose activity generates waste and that person is obliged to manage waste in a sustainable manner according to the defined rules in accordance with legal regulations. As construction waste is generated throughout the whole life cycle of the building, from its construction and reconstruction, during the maintenance phase until the demolition and removal, so the producer of construction waste is considered to be any participant in all these stages of the building's life. This paper provides an overview of the obligations of construction waste producers in accordance with the legislation of the Republic of Croatia, focusing on the applicable Act on sustainable waste management, Ordinance on waste management, Ordinance on construction waste and waste containing asbestos, but taking into account other regulations that directly or indirectly relate to the waste management area.

**Key words:** construction waste, transfer note, Register of Waste Generation and Waste Streams, waste disposal

## 1 Uvod

Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom [1] proizvođač otpada je svaka osoba čijom aktivnošću nastaje otpad i/ili koja prethodnom obradom, miješanjem ili drugim postupkom mijenja sastav ili svojstva otpada. Slijedom ove definicije svaka osoba čijom aktivnošću u području građenja nastaje otpad smatra se proizvođačem otpada te je u skladu sa zakonskim propisima dužna tim otpadom gospodariti na održiv način i prema definiranim pravilima. Uzme li se u obzir i definicija građevnog otpada – otpad nastao prilikom gradnje građevina, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina, te otpad nastao od iskopanog materijala, koji se ne može bez prethodne prerade koristiti za građenje građevine zbog čega je i nastao, lako se mogu identificirati proizvođači građevnog otpada.

Za definiranje obveza proizvođača otpada u gospodarenju građevnim otpadom prije svega je mjerodavan Zakon o održivom gospodarenju otpadom [1] i podzakonski propisi proizašli iz njega: Pravilnik o gospodarenju otpadom [2], Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest [3] te Pravilnik o katalogu otpada [4]. Međutim, za pravilno gospodarenje otpadom potrebno je voditi računa i o odredbama drugih propisa poput Pravilnika o registru onečišćavanja okoliša [5].

U nastavku je dan pregled osnovnih obveza proizvođača otpada u gospodarenju građevnim otpadom prema zakonskoj regulativi Republike Hrvatske. Napominje se da je zakonska regulativa prilično detaljno definirala obveze i postupke proizvođača otpada te se gospodarskim subjektima svakako preporučuje upoznati se s odredbama zakona i pravilnika prije obavljanja svoje djelatnosti.

## 2 Postupanje s otpadom

### 2.1 Vrste otpada

U kontekstu postupanja s otpadom važno je voditi računa o svojstvima otpada te se otpad karakterizira kao opasan, neopasan i inertan otpad. Kod definicije opasnog otpada zakon se poziva na uredbe EU te se definira da je opasni otpad onaj koji posjeduje jedno ili više opasnih svojstava iz Priloga Uredbe (EU) br. 1357/2014 i Priloga Uredbe (EU) br. 2017/997. Navedeno načelno znači da se radi o otpadu koji na bilo koji način ima negativan utjecaj na okoliš, odnosno zdravlje ljudi i drugih živih organizama.

Neopasan otpad je onaj koji ne posjeduje niti jedno od opasnih svojstava iz navedenih uredbi, dok se kao inertan definira otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim i/ili biološkim promjenama. Daljnju podjelu otpada po kategorijama i vrstama donosi Pravilnik o katalogu otpada [4] u kojem je svakoj vrsti otpada dodijeljena jedinstvena oznaka vrste otpada, tzv. ključni broj otpada. Prve dvije znamenke ključnog broja određuju pripadnost grupi u koju je razvrstana ta vrsta otpada, pa se tako građevni otpad razvrstava u grupu 17 te sadržava 38 vrsta opasnog i neopasnog otpada. Važno je naglasiti da je u Katalogu otpada opasni otpad označen zvjezdicom \* koja se stavlja iza ključnog broja. U tablici 1. prikazan je popis svih vrsta građevnog otpada prema Pravilniku o katalogu otpada [4].

**Tablica 1. Vrste građevnog otpada prema Pravilniku o katalogu otpada [4]**

17	GRAĐEVNI OTPAD I OTPAD OD RUŠENJA OBJEKATA (UKLJUČUJUĆI ISKOPANU ZEMLJU S ONEČIŠĆENIH LOKACIJA)
17 01	beton, cigle, crijepl/pločice i keramika
17 01 01	beton
17 01 02	opeka
17 01 03	crijepl/pločice i keramika
17 01 06*	mješavine ili odvojene frakcije betona, opeka, crijepl/pločica i keramike, koje sadrže opasne tvari
17 01 07	mješavine betona, opeka, crijepl/pločica i keramike koje nisu navedene pod 17 01 06*
17 02	drvo, staklo i plastika
17 02 01	drvo
17 02 02	staklo
17 02 03	plastika
17 02 04*	staklo, plastika i drvo koji sadrže ili su onečišćeni opasnim tvarima
17 03	mješavine bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
17 03 01*	mješavine bitumena koje sadrže ugljeni katran
17 03 02	mješavine bitumena koje nisu navedene pod 17 03 01*
17 03 03*	ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
17 04	metali (uključujući njihove legure)
17 04 01	bakar, bronca, mqed
17 04 02	aluminij
17 04 03	ollovo
17 04 04	cink
17 04 05	željezo i čelik
17 04 06	kositar
17 04 07	miješani metali
17 04 09*	metalni otpad onečišćen opasnim tvarima
17 04 10*	kabelski vodiči koji sadrže ulje, ugljeni katran i druge opasne tvari
17 04 11	kabelski vodiči koji nisu navedeni pod 17 04 10*
17 05	zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija), kamenje i otpad od jaružanja
17 05 03*	zemlja i kamenje koji sadrže opasne tvari
17 05 04	zemlja i kamenje koji nisu navedeni pod 17 05 03*
17 05 05*	otpadi od jaružanja koji sadrži opasne tvari
17 05 06	otpadi od jaružanja koji nije naveden pod 17 05 05*
17 05 07*	kamen tučenac za nasipavanje pruge koji sadrži opasne tvari
17 05 08	kamen tučenac za nasipavanje pruge koji nije naveden pod 17 05 07*
17 06	izolacijski materijali i građevni materijali koji sadrže azbest

**Tablica 1. Vrste građevnog otpada prema Pravilniku o katalogu otpada [4] – nastavak**

17 06 01*	izolacijski materijali koji sadrže azbest
17 06 03*	ostali izolacijski materijali, koji se sastoje ili sadrže opasne tvari
17 06 04	izolacijski materijali koji nisu navedeni pod 17 06 01* i 17 06 03*
17 06 05*	građevni materijali koji sadrže azbest
17 08	građevni materijal na bazi gipsa
17 08 01*	građevni materijali na bazi gipsa onečišćeni opasnim tvarima
17 08 02	građevni materijali na bazi gipsa koji nisu navedeni pod 17 08 01*
17 09	ostali građevni otpad i otpad od rušenja objekata
17 09 01*	građevni otpad i otpad od rušenja objekata, koji sadrži živu
17 09 02*	građevni otpad i otpad od rušenja koji sadrži poliklorirane bifenile (PCB) (npr. sredstva za brtvljenje koja sadrže PCB-e, podne obloge na bazi smola koje sadrže PCB-e, nepropusni prozorski elementi od izostakla koji sadrže PCB-e, kondenzatori koji sadrže PCB-e)
17 09 03*	ostali građevni otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući miješani otpad), koji sadrži opasne tvari
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*

Kada se govori o građevnom otpadu, prva asocijacija je otpad od rušenja zbog količine otpada koja nastaje rušenjem građevina. Međutim, iz obveza u gospodarenju građevnim otpadom ne treba isključiti proizvođače i posjednike otpada koji nastaje u fazi građenja, a uglavnom uključuje otpad od pripreme drvenih oplata, završne obrade, betonskih radova, zidanja i rukovanja građevnim materijalima.

## 2.1 Načela gospodarenja otpadom i red prvenstva gospodarenja otpadom

Gospodarenje otpadom obuhvaća djelatnosti prikupljanja, prijevoza, prerade i odlaganja i druge obrade otpada, uključujući nadzor nad tim postupcima te nadzor i mjere koje se provode na lokacijama nakon odlaganja otpada. Gospodarenje otpadom temelji se na prihvatanju sljedećih načela [1]:

- **načelo onečišćivač plaća** koje propisuje da proizvođač otpada, prethodni posjednik otpada, odnosno posjednik otpada snosi troškove mjera gospodarenja otpadom te je finansijski odgovoran za provedbu sanacijskih mjera zbog štete koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad;
- **načelo blizine** koje nalaže da se obrada otpada mora obavljati u najbližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju u odnosu na mjesto nastanka otpada, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš;
- **načelo samodostatnosti** koje nalaže da će se gospodarenje otpadom obavljati na samodostatan način omogućavajući neovisno ostvarivanje propisanih ciljeva na razini države, a uzimajući pritom u obzir zemljopisne okolnosti ili potrebu za posebnim građevinama za posebne kategorije otpada; te
- **načelo sljedivosti** koje u fokus stavlja utvrđivanje porijekla otpada s obzirom na proizvod, ambalažu i proizvođača tog proizvoda kao i posjed tog otpada uključujući i obradu.

Kako bi se održivo gospodarilo otpadom, potrebno je primjenjivati red prvenstva gospodarenja otpadom koji prednost daje sprječavanju nastanaka otpada, a kao najmanje poželjnju opciju smatra odlaganje otpada, što najčešće podrazumijeva odlaganje otpada. Red prvenstva gospodarenja otpadom definiran je kako slijedi:

- sprječavanje nastanka otpada
- priprema za ponovnu uporabu
- recikliranje
- drugi postupci oporabe npr. energetska oporaba
- odlaganje otpada.

Primjeri mjera kojima se postižu pojedini stupnjevi iz reda prvenstva gospodarenja otpadom prikazani su u tablici 2.

**Tablica 2. Mjere za postizanje pojedinih stupnjeva iz reda prvenstva gospodarenja otpadom [6]**

Stupanj	Mjere
Sprječavanje nastanka otpada	Korištenje manje količine materijala pri projektiranju i proizvodnji, ponovna upotreba, korištenje manje materijala opasnih za okoliš
Priprema za ponovnu uporabu	Pregled, čišćenje, popravak, obnova cijelih proizvoda ili potrošnih dijelova
Recikliranje	Pretvaranje otpada u novu tvar ili proizvod, uključujući kompostiranje ako su zadovoljeni protokoli kvalitete
Drugi postupci oporabe	Uključuje anaerobnu razgradnju, spaljivanje s energetskom oporabom, plinifikaciju i pirolizu s proizvodnjom energije (gorivo, toplina i električna energija) i materijala iz otpada, nešto zatrpanja
Odlaganje	Odlaganje ili spaljivanje bez energetske oporabe

Ono što je važno imati na umu jest obveza da proizvođač proizvoda od kojeg nastaje otpad, odnosno proizvođač otpada snosi troškove gospodarenja tim otpadom. Upravo zbog troškova gospodarenja građevnim otpadom često se u svakodnevnom životu susreću slike građevnog otpada odbačenog u okolišu ili njegovog direktnog spaljivanja u okolišu. Zakon [1] je nedvojbeno i izričito zabranio ovakve aktivnosti:

- **Zabranjeno je odbacivanje otpada u okoliš,** (čl. 11., st. 1.)
  - **Zabranjeno je spaljivanje otpada u okolišu,** (čl. 11., st. 2.)
- a dodatno je naglasio:
- **Otpad čija se vrijedna svojstva mogu iskoristiti mora se odvojeno prikupljati i skladištiti kako bi se olakšala ili unaprijedila prerada i obrada otpada** ako je to izvedivo i opravданo u tehničkom i ekonomskom smislu i u smislu zaštite okoliša i ne smije se miješati s drugim otpadom ili drugim materijalom različitih svojstava. (čl. 11., st. 6.)

Oporabom otpada smatra se svaki postupak čiji je glavni rezultat uporaba otpada u korisne svrhe kada otpad zamjenjuje druge materijale koje bi inače trebalo uporabiti za tu svrhu ili

otpad koji se priprema kako bi ispunio tu svrhu, u tvornici ili u širem gospodarskom smislu. U Dodatu II. Zakona [1] sadržan je popis postupaka oporabe, označenih slovom R, koji ne isključuje druge moguće postupke oporabe.

Isto tako, Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest [3] izrijekom **zabranjuje odbacivanje opasnog građevnog otpada u miješani komunalni otpad te miješanje s drugom vrstom otpada ili tvarima uključujući i građevne proizvode ili materijalima koji nemaju status otpada, osim na način određen dozvolom za gospodarenje otpadom (čl. 11., st. 1.).**

## 2.3 Odvajanje i skladištenje otpada

Osim već navedene obveze da se otpad čija se svojstva mogu iskoristiti mora odvojeno prikupljati i skladištiti kako bi se olakšala ili unaprijedila uporaba otpada, Zakon [1] propisuje i da se sav ostali otpad mora odvajati i odvojeno skladištiti. Člankom 47. propisano je da je proizvođač otpada dužan skladištiti vlastiti proizvedeni otpad na mjestu nastanka odvojeno po vrstama otpada, na način koji ne dovodi do miješanja otpada i koji omogućuje obradu otpada, u skladištu vlastitog proizvedenog otpada.

Također, Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest [3] propisuje da je posjednik građevnog otpada dužan, na gradilištu na kojem je taj otpad nastao, **izdvojiti od drugog otpada i materijala koji nije otpad te odvojeno skladištiti sve količine opasnog otpada** (azbestni otpad, otpad koji sadrži PCB, otpadne električne i elektroničke uređaje i opremu koja je opasni otpad, elemente koji sadrže katran i ostali opasni otpad) **te neopasni 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 (čl. 11, st. 2. i 3.).

Dodatan naglasak stavlja se na **neopasni mineralni građevni otpad** s kojim je posjednik otpada dužan postupati na način da se osigura odgovarajuća uporaba takvoga otpada, sukladno Zakonu, te u mjeri u kojoj je to izvedivo omogući **pripremu za ponovnu uporabu i ukidanje statusa otpada** na osnovi posebnoga propisa koji uređuje ukidanje statusa otpada (Pravilnik [3], čl. 11, st. 4.).

Prema članku 13. istog pravilnika [3], 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 u skladu s dokumentima projekta građenja, izrađenim prema propisima koji uređuju gradnju, ne ugrađuje u tu građevinu i koji ne predstavlja mineralnu sirovину prema posebnim propisima koji uređuju rudarstvo
- materijal koji je nastao građenjem, održavanjem, rekonstrukcijom ili uklanjanjem građevine, osim materijala koji se koristi za građevinske svrhe na tom gradilištu, kad se on izdvoji od građevine, odnosno kad prestane biti građevina koju se gradi, održava, rekonstruira odnosno uklanja.

Prilikom skladištenja otpad se pakira na način koji ne ugrožava okoliš i ljudsko zdravlje te se označava oznakom o nazivu otpada i njegovom ključnom broju iz Kataloga otpada (Zakon [1], čl. 108., st. 2.). U slučaju opasnog otpada, označava se primjenom odgovarajućih međunarodnih standarda te pravne stečevine Europske unije o razvrstavanju, označavanju, obilježavanju i pakiranju opasnih tvari i kemikalija (Zakon [1], čl. 108., st. 2.).

Prilikom skladištenja otpada mora se voditi računa da proizvođač otpada smije **skladištiti vlastiti proizvodni otpad do jedne godine od njegova nastanka** (Zakon [1], čl. 47., st.2.) u skladu s uvjetima skladištenja vlastitog proizvodnog otpada (Zakon [1], čl. 47., st.3.) propisanih Pravilnikom o gospodarenju otpadom [2].

Dodatno, Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest [3] propisuje da je posjednik građevnog otpada, koji skladišti građevni otpad na gradilištu na kojem je taj otpad nastao, dužan osigurati da se građevni otpad skladišti (slika 1.) na način da se:

- **otpad skladišti odvojeno po svojstvu, vrsti i agregatnom stanju** na čvrstoj površini na za to predviđenom mjestu na gradilištu
- **opasni otpad skladišti u natkrivenom spremniku ili čvrstoj zatvorenoj vreći**, odnosno da je onemogućeno rasipanje, raznošenje i razливanje tog otpada izvan gradilišta uzrokovano vremenskim prilikama
- **skladištenje tekućeg otpada obavlja u primarnom spremniku** postavljenom na slijevnu površinu **opremljenu odgovarajućim sekundarnim spremnikom** prema uvjetima propisanim posebnim propisom koji uređuje gospodarenje otpadom
- skladištenje otpada koji ima svojstvo eksplozivnosti, oksidacije, zapaljivosti i/ili koji u dodiru s vodom, zrakom ili kiselinom oslobađa toksične ili vrlo toksične plinove, obavlja odvojeno od drugog otpada
- skladištenje plinovitog otpada, obavlja u primarnim spremnicima koji se mogu hermetički zatvoriti i koji udovoljavaju posebnim propisima kojima se uređuje oprema pod tlakom.



Slika 1. Odvojeno skladištenje otpada na lokaciji izvođenja radova

Ovdje je važno uočiti razliku da Zakon [1] koristi pojам proizvođač otpada i proizvođaču otpada propisuje obveze u gospodarenju otpadom, dok Pravilnik [3] obveze gospodarenja građevnim otpadom propisuje posjedniku otpada. Međutim, valja istaknuti da Zakon [1] navodi „*posjednik otpada*“ je *proizvođač otpada ili pravna i fizička osoba koja je u posjedu otpada* (čl. 4., st. 1., toč. 38.), a Pravilnik [3] vrlo eksplicitno posjednikom otpada smatra izvođača radova (čl. 10., st. 2., *Izvođač radova smatra se posjednikom građevnog otpada koji je nastao na gradilištu na kojem izvodi radove.*).

## 2.4 Predaja otpada osobama ovlaštenim za gospodarenje otpadom

Nakon što odvoji otpad po vrstama i propisno ga privremeno skladišti, proizvođač otpada i drugi posjednik otpada dužan je otpad predati osobi koja je ovlaštena za preuzimanje otpada ili ga isporučiti izvan Republike Hrvatske (Zakon [1], čl. 44.). Prilikom predaje otpada posjednik otpada koji predaje pošiljku otpada dužan je osobi koja preuzima tu pošiljku otpada, a koja je ovlaštena za preuzimanje otpada, uz pošiljku otpada predati **Prateći list** koji sadrži informacije o vrsti i količini otpada koji čini pošiljku, o osobama koje imaju pošiljku u posjedu, o vlasništvu nad pošiljkom i druge potrebne informacije o pošiljci. Posjednik otpada koji je preuzeo pošiljku otpada u posjed dužan je prilikom preuzimanja pošiljke otpada potvrditi preuzimanje pošiljke ovjerom Pratećeg lista (Zakon [1], čl. 44.). Posjednik otpada je odgovoran za otpad koji ima u posjedu, a odgovornost posjednika otpada za predanu pošiljku otpada prestaje nakon što osoba koja je ovlaštena za preuzimanje otpada na propisani način preuzme pošiljku otpada i to potvrdi ovjerom Pratećeg lista ili dokumenta o prometu ako je otpad isporučen izvan Republike Hrvatske (Zakon [1], čl. 44.). Osoba koja obavljanjem svoje djelatnosti proizvodi otpad i osoba koja preuzima otpad u posjed dužna je voditi **Očevidnik o nastanku i tijeku otpada** (ONTO) za svaku vrstu otpada (Zakon [1], čl. 45.).

Kao jednu od iznimaka od obveze predaje otpada osobi koja je ovlaštena za preuzimanje otpada ili isporuke izvan Republike Hrvatske, Zakon [1] propisuje situaciju kada proizvođač obrađuje vlastiti otpad u okviru obavljanja djelatnosti oporabe, odlaganja ili druge obrade otpada u skladu sa Zakonom. Zakon propisuje i ostale iznimke, ali one načelno nisu primjenjive na građevni otpad.

## 2.5 Obrada otpada

Ako je proizvođač građevnog otpada svoj otpad predao osobi ovlaštenoj za preuzimanje otpada, smatra se da je njegova obveza ispunjena te odgovornost za oporabu ili konačno odlaganje preuzima ovlaštena osoba koja je preuzela otpad. Međutim, kako je rečeno, zakon ne sprječava proizvođača otpada da sam obrađuje vlastiti otpad u okviru obavljanja djelatnosti oporabe, odlaganja ili druge obrade otpada. U tom slučaju, važno je voditi računa o zakonskim odredbama koje se odnose na obavljanje djelatnosti gospodarenja otpadom. Prema Zakonu [1], pravna i fizička osoba – obrtnik može započeti obavljati djelatnost oporabe, odlaganja ili druge obrade otpada tek nakon što ishodi odgovarajuću dozvolu (čl. 84.). Prije svega, važno je razlikovati pojmove obrade otpada, oporabe otpada, odlaganja otpada i druge obrade otpada.

**Obrada otpada** širi je pojam od oporabe i odlaganja te se prema Zakonu [1], obradom otpada smatraju postupci oporabe ili odlaganja i postupci pripreme prije oporabe ili odlaganja

(čl. 4., st. 1., toč. 29.). Pri tome se **oporaba otpada** definira kao svaki postupak čiji je glavni rezultat uporaba otpada u korisne svrhe kada otpad zamjenjuje druge materijale koje bi inače trebalo uporabiti za tu svrhu ili otpad koji se priprema kako bi ispunio tu svrhu, u tvornici ili u širem gospodarskom smislu (Zakon [1], čl. 4., st. 1., toč. 33.). U Dodatku II. Zakona [1] sadržan je popis postupaka obrade koji ne isključuje druge moguće postupke oporabe. Postupci oporabe označavaju se slovom R. **Odlaganje otpada** je svaki postupak koji nije oporaba otpada, uključujući slučaj kad postupak kao sekundarnu posljedicu ima obnovu tvari ili energije (Zakon [1], čl. 4., st. 1., toč. 63.). U Dodatku I. Zakona [1] sadržan je popis postupaka odlaganja koji ne isključuje druge moguće postupke odlaganja otpada. Postupci odlaganja označavaju se slovom D. Pod djelatnošću **druge obrade otpada** smatra se postupak pripreme prije oporabe ili odlaganja otpada (Zakon [1], čl. 4., st. 1., toč. 5.).

Zakon [1] definira i pojam „nasipavanje otpada“ koji je iznimno važan u gospodarenju građevnim otpadom te se navodi: „nasipavanje otpada je postupak oporabe pri kojem se odgovarajući otpad koristi za nasipavanje iskopanih površina ili u tehničke svrhe pri krajobraznom uređenju i kojim se otpad koristi kao zamjena za materijal koji nije otpad sukladno ovom Zakonu i propisima donesenim na temelju ovoga Zakona“ (čl. 3., st. 1., toč. 24.). Iako se nasipavanje otpada smatra postupkom oporabe, u samom Dodatku II. Zakona u kojem je dan popis postupaka oporabe nije predviđen niti jedan R postupak koji bi se mogao primjeniti na nasipavanje otpada.

Dozvolu za gospodarenje otpadom za navedene djelatnosti oporabe, odlaganja ili druge obrade izdaje nadležno tijelo. Kada se radi o opasnom građevnom otpadu, dozvolu izdaje ministarstvo nadležno za zaštitu okoliša, dok mjesno nadležno upravno tijelo (u ovom trenutku županija) rješava o zahtjevu za izdavanje dozvole za gospodarenje neopasnim građevnim otpadom (Zakon [1], čl. 85.). Dozvolom se određuje lokacija građevine u kojoj će se obavljati postupak gospodarenja otpadom, količina i vrste otada, postupci i tehnološki procesi gospodarenja otpadom, uvjeti obavljanja tehnoloških procesa i sl. (Zakon [1], čl. 86.). U postupku ishođenja dozvole za gospodarenje otpadom potrebno je između ostalog dokazati da je podnositelj zahtjeva registriran za djelatnost za koju traži dozvolu, da raspolaže građevinom u kojoj će se obavljati postupak gospodarenja otpadom (za koju je izdan akt kojim se dopušta uporaba građevine), da zapošljava osobu odgovornu za gospodarenje otpadom te da raspolaže financijskim jamstvom (Zakon [1], čl. 91.). Financijskim jamstvom nadležno upravno tijelo osigurava izvršenje mjera nakon zatvaranja odnosno prestanka obavljanja postupaka za koje je izdana dozvola za gospodarenje otpadom. Također se osigurava da su za sve vrijeme rada na lokaciji gospodarenja otpadom dostupna sredstva za uklanjanje i obradu vlastitoga otpada koji se, prema dozvoli, može nalaziti na lokaciji gospodarenja otpadom (Zakon [1], čl. 99.). Dozvola za gospodarenje otpadom se ishodi na određeni rok, a ishođena dozvola podložna je provjeri (najmanje jednom u pet godina) od strane tijela koje ju je izdalo.

S aspekta građevinskih tvrtki, samostalna obrada vlastitog otpada u okviru obavljanja djelatnosti oporabe, odlaganja ili druge obrade otpada pokazuje se dobrom rješenjem onim gospodarskim subjektima koji proizvode velike količine otpada (poput tvrtki koje se bave uklanjanjem tj. rušenjem građevina) i onima koji koriste reciklirani građevni otpad u daljnjoj gradnji (poput tvrtki koje se bave cestogradnjom).

## 2.6 Prijevoz otpada

Prijevoz građevnog otpada od gradilišta do lokacije privremenog skladištenja, obrade otpada ili konačnog postupanja s otpadom otpada obično obavljaju ili organiziraju tvrtke koje su ovlaštene za uporabu, odlaganje ili drugu obradu otpada. Međutim, nije rijedak slučaj i da sam proizvođač otpada tj. građevinska tvrtka prevozi građevni otpad do lokacije ovlaštenog skupljača ili obrađivača otpada, odnosno ovlaštene osobe za postupanje s otpadom.

U oba slučaja važno je voditi računa o zakonskim odredbama vezanim uz prijevoz otpada. Načelno, **djelatnost prijevoza otpada** može započeti pravna i fizička osoba – obrtnik tek nakon upisa u **Očevidnik prijevoznika otpada** (Zakon [1], čl. 84., st. 3.). Zahtjev za upis u Očevidnik prijevoznika otpada podnosi se ministarstvu nadležnom za zaštitu okoliša (Zakon [1], čl. 109.), a osoba upisana u Očevidnik prijevoznika otpada mora potvrditi namjeru obavljanja djelatnosti u idućem razdoblju Obrascem o statusu obavljanja djelatnosti prijevoza otpada u roku godine dana od dana prvog upisa, odnosno u roku godine dana od dana dostave zadnjeg obrasca o statusu obavljanja djelatnosti (Zakon [1], čl. 117., st.1.).

Ipak, Zakon [1] rasterećuje gospodarski subjekt u slučaju prijevoza vlastitog proizvodnog otpada te navodi da je pravna osoba ili fizička osoba – obrtnik koja prevozi pošiljku otpada dužna biti upisana u Očevidnik prijevoznika otpada kad prevozi pošiljku otpada koja jest nje-govo vlasništvo (prijevoz otpada za vlastite potrebe) samo ako pošiljka sadrži otpad nastao obradom otpada koju obavlja pravna osoba ili fizička osoba – obrtnik koja prevozi tu pošiljku otpada (čl. 110., st. 5.). Iznimno od navedenog, pravna osoba ili fizička osoba – obrtnik ne podliježe obvezi upisa u **Očevidnik prijevoznika otpada kad prevozi pošiljku vlastitog proizvodnog otpada**, osim ako pravna osoba ili fizička osoba – obrtnik koja prevozi tu pošiljku obavlja djelatnost gospodarenja otpadom (Zakon [1], čl. 110., st. 6.).

Neovisno o tome je li pravna i fizička osoba – obrtnik koja prevozi otpad upisana u Očevidnik prijevoznika otpada ili je izuzeta iz te obveze, ona je dužna u vozilu imati dokumentaciju o pošiljci otpada koji prevozi (Zakon [1], čl. 110., st. 1) te je dužna predati pošiljku otpada u posjed osobi koja ima dozvolu za gospodarenje otpadom ili reciklažnom dvorištu ili osobi ovlaštenoj za preuzimanje otpada izvan Republike Hrvatske (Zakon [1], čl. 110., st. 2.). Važno je imati na umu da se pri prijevozu opasnog otpada na odgovarajući način primjenjuju i odredbe propisa kojima se uređuje prijevoz opasnih tvari (Pravilnik [2], čl. 8., st. 3.).

## 2.7 Obveza imenovanja povjerenika za otpad

S obzirom na važnost održivog gospodarenja otpadom, Zakon [1] je proizvođača otpada, bez iznimke u odnosu na vrstu otpada koju proizvodi, ali koji zapošljava 50 i više osoba obvezao da imenuje **povjerenika za otpad** i zamjenika povjerenika koji će u slučaju spriječenosti povjerenika izvršavati njegove obveze (čl. 46., st. 1.). Informaciju o imenovanju povjerenika i zamjenika povjerenika pravna osoba dostavlja ministarstvu nadležnom za zaštitu okoliša. Povjereniku se radi obavljanja obveza mora osigurati dostatno vrijeme tijekom radnog vremena, mogućnost stručnog informiranja i usavršavanja i odgovarajuća sredstva za rad (Zakon [1], čl. 46., st. 2.). Povjerenik je dužan:

- nadzirati provedbu propisa o gospodarenju otpadom, utvrđivati nedostatke i obavještavati vlasnika, odnosno odgovornu osobu u pravnoj osobi o utvrđenim nedostatcima,

- organizirati provedbu propisa o otpadu kod pravne osobe na odgovarajući način,
- savjetovati vlasnika, odnosno odgovornu osobu u pravnoj osobi u svim pitanjima gospodarenja otpadom koja se tiču te pravne osobe (Zakon [1], čl. 46., st. 3.).

Na povjerenika se ne smije prenijeti odgovornost za provedbu propisanih obveza o otpadu (Zakon [1], čl. 46., st. 4.) niti imenovanje povjerenika utječe na odgovornosti pravne osobe iz stavka 1. ovoga članka u izvršavanju propisanih obveza o gospodarenju otpadom (Zakon [1], čl. 46., st. 5.).

### 3 Gospodarenje azbestnim otpadom

Iako se otpad koji sadrži azbest prema Katalogu otpada svrstava u opasni otpad i na njega su primjenjive sve odredbe koje se odnose na opasni otpad, Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest [3] pobliže propisuje određene obveze posjednika azbestnog otpada. Prema definiciji, azbestni otpad ili otpad koji sadrži azbest jest opasni otpad koji je po sastavu sirovi azbest i svaka otpadna tvar ili predmet koji sadrži azbest i azbestna vlakna, azbestna prašina nastala emisijom azbesta u zrak obradom azbesta ili tvari, materijala i proizvoda koji sadrže azbest (Pravilnik [3], čl. 3., st.1., toč. 2.). Čvrsto vezanim azbestnim otpadom smatra se azbestni otpad specifične mase veće od 1.000 kg/m<sup>3</sup> iz Priloga I. točke I. Pravilnika [3]. Vlknasti silikati koji se ubrajaju u azbest su krokidolit (plavi azbest), aktinolit, antofilit, krizotil (bijeli azbest), amozit (smeđi azbest, grinerit) i tremolit (Pravilnik [3], čl. 3., st.1., toč. 1.).

Izvođač radova građenja, rekonstrukcije, održavanja ili uklanjanja građevine i fizička osoba čijom aktivnošću je nastao azbestni otpad dužan je pripremiti izdvojeni azbestni otpad za prijevoz, s lokacije na kojoj je taj otpad nastao, na način da se spriječi ispuštanje azbestnih vlakana i razlijevanje tekućeg azbestnog otpada korištenjem zatvorenog spremnika, čvrstih vreća za građevni otpad (zatvorena vreća za šutu ili tzv. »big bag« ili druga odgovarajuća vreća), omatanjem odgovarajućom folijom ili na drugi odgovarajući način (Pravilnik [3], čl. 19.). Azbestni otpad pravilno upakiran i pripremljen za odvoz prikazan je na slika 2.



Slika 2. Azbestni otpad pripremljen za prijevoz

Svi sudionici u lancu gospodarenja azbestnim otpadom (posjednik otpada, osoba koja prevozi azbestni otpad, osoba koja upravlja reciklažnim dvorištem u koji se zaprima azbestni otpad i sl.) dužni su poduzeti sve nužne mjere kako bi se spriječilo svako ispuštanje azbestnog otpada, azbestnih vlakana i azbestne prašine u okoliš prilikom prijevoza, utovara i istovara te skladištenja tog otpada (Pravilnik [3], čl. 21.). Odlaganje azbestnog otpada obavlja se odlaganjem u kazetu za odlaganje azbestnog otpada u sklopu odlagališta otpada prema posebnom propisu koji uređuje odlaganje otpada.

Važno je još napomenuti da je zabranjeno azbestni otpad, koji je namijenjen odlaganju u Republici Hrvatskoj, mijesati s drugom vrstom otpada kao i tvarima koje nisu otpad (Pravilnik [3], čl. 22., st. 1.). Iznimno je dopušteno azbestni otpad, na način određen dozvolom za gospodarenje otpadom, mijesati s odgovarajućim vezivom u svrhu otvrđnjavanja azbesta ili površinskog očvršćivanja azbesta radi odlaganja ili pripreme za odlaganje tog otpada (Pravilnik [3], čl. 22., st. 2.).

## 4 Evidentiranje podataka

Sveukupnost odredbi Zakona o održivom gospodarenju otpadom [1] obvezuje da se proizvodnja, prikupljanje i prijevoz otpada, kao i njegovo skladištenje i obrada, moraju obavljati u skladu s načelima gospodarenja otpadom i na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i koji ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš uz primjenu mjera kojima se osigurava sljedivost od proizvodnje otpada do njegove obrade, kao i nadzor postupanja s otpadom. Kako bi se osigurala navедena sljedivost od proizvodnje otpada do njegove obrade, propisana je obveza evidentiranja podataka putem pratećih listova i očevidnika i o nastanku otpada i postupanja s njim.

### 4.1 Prateći list

Prateći list je dokument koji prati pošiljku otpada prilikom prijevoza otpada kad su polazište i odredište u Republici Hrvatskoj te potvrđuje primopredaju pošiljke otpada između određenih osoba sukladno zakonu kojim se uređuje održivo gospodarenje otpadom [2]. Kako je već navedeno, prilikom predaje otpada posjednik otpada koji predaje pošiljku otpada dužan je osobi koja preuzima tu pošiljku otpada, a koja je ovlaštena za preuzimanje otpada uz pošiljku otpada predati **Prateći list, tzv. PL-O** (slika 3.) koji sadrži informacije o vrsti i količini otpada koji čini pošiljku, o osobama koje imaju pošiljku u posjedu, o vlasništvu nad pošiljkom i druge potrebne informacije o pošiljci.

Prateći list se ne ispunjava u određenim slučajevima kako je to propisano člankom 35. Pravilnika o gospodarenju otpadom [2], a u slučaju građevnog otpada može se reći da nije potrebno ispunjavati prateći list u sljedećim slučajevima:

- ako se otpad ne predaje u posjed drugoj osobi, osim ako se radi o prijevozu otpada između dvije lokacije kojima upravlja ista osoba
- ako osoba predaje određeni otpad proizvođaču proizvoda prema obvezi propisanoj člankom 42. stavkom 7. Zakona i posebnim propisom koji uređuje gospodarenje posebnom kategorijom otpada
- za pošiljku u prekograničnom prometu otpadom ako se koristi obrazac propisan posebnim propisom koji uređuje pošiljke otpada.

Prateći list se ispunjava u odgovarajućem broju primjeraka od kojih po jedan primjerak zadržava osoba koja predaje otpad, osoba koja preuzima otpad i osoba koja prevozi otpad. Ispunjava se za jednu pošiljku otpada koja se prevozi, odnosno predaje tvrtki ovlaštenoj za preuzimanje otpada u posjed.

Osoba koja predaje otpad mora osigurati da su prilikom predaje otpada prijevozniku otpada u Pratećem listu ispunjeni svi odgovarajući podaci. U slučaju prijevoza otpada za vlastite potrebe (prijevoz otpada između dviju lokacija kojima raspolaže ista tvrtka), u Pratećem listu moraju biti ispunjeni odgovarajući podaci bez navođenja podataka o tvrtki koja preuzima otpad te mora biti napomena da se radi o prijevozu za vlastite potrebe. Obrazac pratećeg lista, koji je na odgovarajući način ispunjen i potvrđen u e-ONTO-u, smatra se ovjerenim (Pravilnik [2], čl. 35., st. 4.).

## Obrazac PL-O

## PRATEĆI LIST ZA OTPAD

DIO A – PODACI O OTPADU		BROJ PL-O:
KLJUČNI BROJ		
FIZIKALNO SVOJSTVO:	KOMUNALNI <input type="checkbox"/> PROIZVODNI <input type="checkbox"/>	KOLIČINA OTPADA U POŠILJCI: kg m3 NAČIN: <input type="checkbox"/>
OPIS OTPADA:	<input type="checkbox"/> OPASNI <input type="checkbox"/> NEOPASNI <input type="checkbox"/> H. OZNAKE: <input type="checkbox"/>	
PAKIRANJE OTPADA: rasuto <input type="checkbox"/> posude <input type="checkbox"/> kanta <input type="checkbox"/> kanistar <input type="checkbox"/> kontejner <input type="checkbox"/> bačva <input type="checkbox"/> kuša <input type="checkbox"/> vreće <input type="checkbox"/> ostalo <input type="checkbox"/> BROJ PAKIRANJA POŠILJKE: _____		
PORUKELO KOMUNALNOG OTPADA: _____		
DIO B – PODACI O OSOBI KOJA PREDAJE OTPAD		
NAZIV OSOBE: OIB/MBO/B.P.:	DATUM PREDAJE POŠILJKE:	
SJEDIŠTE/ADRESA:	ADRESA POLAZIŠTA:	
NKO RAZRED (2007): KONTAKT OSOBA: KONTAKT PODACI:	ODGOVORNA OSOBA: _____	M.P.
PRIJEVOZNIK PREUZEZO: _____		
DIO C – PODACI O TVRTKI/OBRTU KOJA PREUZIMA OTPAD		
NAZIV TVRTKE/OBRTA: OIB/MBO:	DATUM PREUZIMANJA POŠILJKE:	
SJEDIŠTE/ADRESA:	ADRESA ODREĐIŠTA:	
OVLAST ZA PREUZIMANJE OTPADA U POSJED:	ODGOVORNA OSOBA: _____	
KONTAKT OSOBA: KONTAKT PODACI:	PRIJEVOZNIK PREDAO: _____	M.P.
DIO D – PODACI O PRIJEVOZNIKU OTPADA		
NAZIV TVRTKE/OBRTA: OIB/MBO:	NAČIN PRIJEVOZA:	
SJEDIŠTE/ADRESA:	REGISTARSKA OZNAKA:	
BROJ UPISA U OČEVIDNIK PRIJEVOZNICKA: PRV- KONTAKT OSOBA: KONTAKT PODACI:		
NAPOMENA: _____		

Slika 3. Obrazac pratećeg lista

Prateći list koji, zajedno s odgovarajućim prilogom, sadrži podatke propisane posebnim propisom koji uređuje prijevoz u cestovnom prometu može se smatrati teretnim listom za prijevoz tereta ako je teret koji se prevozi cestom otpad (Pravilnik [2], čl. 35., st. 2.). Smatra se da se određeni prateći list nalazi u vozilu i prati pošiljku otpada ako:

- u vozilu se nalazi na papiru otisnut obrazac PL-O ispunjen s odgovarajućim podacima
- osoba koja predaje otpad, osoba koja prevozi otpad i osoba koja preuzima otpad korisnici su elektroničkog Očevidnika o nastanku i tijeku otpada (e-ONTO) te je na odgovarajući način ispunjen obrazac elektroničkog pratećeg lista (ePL-O) u e-ONTO-u potvrđen od strane osobe koja predaje otpad i osobe koja prevozi otpad, ili
- u vozilu se nalazi na papiru otisnut obrazac ePL-O iz e-ONTO-a kojeg je ispisala osoba koja predaje otpad, ako su osoba koja predaje otpad i osoba koja preuzima otpad korisnici e-ONTO-a, a osoba koja prevozi otpad nije korisnik e-ONTO-a (Pravilnik [2], čl. 35., st. 3.).

## 4.2 Očevidnik o nastanku i tijeku otpada

Osoba koja obavljanjem svoje djelatnosti proizvodi otpad i osoba koja preuzima otpad u posjed dužna je voditi **Očevidnik o nastanku i tijeku otpada** (tzv. **ONTO**) za svaku vrstu otpada (Zakon [1], čl. 45., st. 1.). Očevidnik o nastanku i tijeku otpada sastoji se od obrasca Očevidnika i pratećih listova za pojedinu vrstu otpada (Zakon [1], čl. 45., st. 2.).

Proizvođač otpada i osoba koja preuzima otpad u posjed dužna je ažurno i potpuno unositi podatke u Očevidnik o nastanku i tijeku otpada nakon svake nastale promjene stanja, te podatke iz Očevidnika **čuvati pet godina** (Zakon [1], čl. 45., st. 3.). Proizvođač otpada i osoba koja preuzima otpad u posjed Očevidnik vode u pisanim obliku, a mogu ga na vlastiti zahtjev, voditi putem mrežne aplikacije informacijskog sustava koju vodi Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (Zakon [1], čl. 45., st. 5.).

S druge strane, osoba koja je ishodila dozvolu za gospodarenje otpadom i osoba upisana u Očevidnik prijevoznika otpada dužna je voditi Očevidnik o nastanku i tijeku otpada putem mrežne aplikacije informacijskog sustava (**e-ONTO**) koju vodi Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (Zakon [1], čl. 45., st. 4.). Osoba koja unosi podatke u Očevidnik o nastanku i tijeku otpada odgovorna je za istinitost podataka koje je unijela (Zakon [1], čl. 45., st. 6.).

Očevidnik o nastanku i tijeku otpada vodi se putem obrasca ONTO (Slika 4.) zasebno za kaledarsku godinu, organizacijsku jedinicu odnosno lokaciju gospodarenja otpadom te vrstu otpada, prema posebnom propisu koji uređuje Katalog otpada (Pravilnik [2], čl. 34., st. 1.). Za potrebe vođenja podataka o prijevozu otpada, Očevidnik o nastanku i tijeku otpada vodi se putem obrasca ONTO-P (Slika 5.) (Pravilnik [2], čl. 34., st. 2.).

U slučaju gradilišta, Očevidnik o nastanku i tijeku otpada za lokaciju gradilišta dužan je **voditi glavni izvođač radova** na tom gradilištu, osim ako je ugovorom glavnog izvođača radova i: investitora, određen investitor kao osoba koja je dužna voditi Očevidnik ili drugog izvođača radova na tom gradilištu određen drugi izvođač radova kao osoba koja je dužna voditi Očevidnik (Pravilnik [2], čl. 34., st. 4.).

Tvrtka:	Lokacija:	Godina:				
Sjedište:		Datum otvaranja:				
Odgovorna osoba:	Ključni broj otpada:	Datum zatvaranja:				
<b>PODACI O TIJEKU OTPADA</b>						
BR.	DATUM	ULAZ (kg)	IZLAZ (kg)	NAČIN	STANJE (kg)	Napomena

Slika 4. Očevidnik o nastanku i tijeku otpada

Tvrtka:	Godina:						
Sjedište:	Ključni broj otpada:						
Odgovorna osoba:							
<b>PODACI O TIJEKU OTPADA</b>							
BR.	OZNAKA POŠILJKE	KOLIČINA OTPADA	DATUM PREUZIMANJA	POLAZIŠTE	DATUM PREDAJE	ODREDIŠTE	Napomena

Slika 5. Očevidnik o nastanku i tijeku otpada prijevoznika otpada

## 5 Izvještavanje

Kako bi se osigurala sljedivost od proizvodnje otpada do njegove obrade, kao i nadzor toka opasnog otpada, pored obveze evidentiranja podataka putem pratećih listova i očeviđnika i o nastanku i tijeku otpada propisana je i obveza izvještavanja nadležnog tijela o nastanku otpada i/ili prijenosu izvan mjesta nastanka.

### 5.1 Dostava podataka u registar onečišćivača okoliša

Prema Pravilniku o registru onečišćavanja okoliša [5], obveznik dostave podataka u registar onečišćavanja okoliša (ROO) dužan je nadležnom tijelu dostaviti podatke o nastanku i/ili prijenosu izvan mjesta nastanka:

- opasnog otpada u ukupnoj količini  $\geq 0,5$  tona godišnje,
- neopasnog otpada u ukupnoj količini  $\geq 20$  tona godišnje (čl. 9. st.1.).

Obveznikom dostave podataka smatra se operater i odgovorna osoba organizacijske jedinice koja obavlja djelatnosti iz Priloga 1. Pravilnika [5] uslijed kojih dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa onečišćujućih tvari u okoliš i/ili nastanka odnosno gospodarenja otpadom (Pravilnik [5], čl. 4., st.1., toč.5.). Unutar Priloga 1 nalaze se djelatnosti: Građevinarstvo, Održavanje građevina i Rušenje građevina.

Dostava podataka provodi se **unosom podataka u ROO** putem mrežne stranice Hrvatske agencije za okoliš i prirodu, uporabom korisničkog imena i zaporce koje dodjeljuje agencija (Pravilnik [5], čl. 7.). Podaci o obvezniku dostave podataka unose se u:

- Obrazac PI-1: – podaci o operateru,
- Obrazac PI-2: – podaci o organizacijskoj jedinici (Pravilnik [5], čl. 15.).

Podaci o otpadu unose se u:

- Obrazac NO: – nastanak otpada (slika 6.),
- Obrazac SO: – sakupljanje otpada,
- Obrazac OZO: – oporaba/odlaganje otpada (Pravilnik [5], čl. 20.).

Ovdje je važno naglasiti da proizvođač otpada podatke unosi u obrazac NO, dok je unos podataka u obrasce SO i OZO obvezan samo za gospodarske subjekte koji se bave gospodarenjem otpadom postupkom prikupljanja, odnosno oporabe/odlaganja otpada, tj. posjeduju dozvolu za gospodarenje otpadom.

U slučaju kada je na razini organizacijske jedinice za jednu ili više onečišćujućih tvari prekoračena granična vrijednost nastanka i/ili prijenosa otpada izvan mjesta nastanka, obveznik je dužan dostaviti opće obrasce PI-1 i PI-2, a pojedinačne količine tvari prijaviti po tematskim obrascima NO, SO i OZO. U slučaju kada na razini organizacijske jedinice za jednu ili više onečišćujućih tvari nije prekoračena granična vrijednosti nastanka i/ili prijenosa otpada izvan mjesta nastanka, organizacijska jedinica nije obveznik dostave podatka za izvještajnu godinu (Pravilnik [5], čl. 9., st.3.). Izuzetak su obveznici koji obavljaju djelatnosti gospodarenja otpadom (Pravilnik [5], čl. 9., st.3.). Pri tome, sva postrojenja koja se nalaze na lokaciji organizacijske jedinice trebaju biti prijavljena unutar organizacijske jedinice s ciljem sprječavanja dijeljenja i izbjegavanja prijave (Pravilnik [5], čl. 9., st.4.).

Svi podaci dostavljaju se elektroničkim putem **do 31. ožujka tekuće godine** za prethodnu kalendarsku godinu. Pri tome se naglašava da se Obrazac PI-1 (Podaci o operatoru) dostavlja nadležnom tijelu na čijem području se nalazi sjedište operatora, dok se ostali ispunjeni obrasci dostavljaju nadležnom tijelu na čijem području se nalazi lokacija organizacijske jedinice (Pravilnik [5], čl. 21.).

Obveznik dostave podataka dužan je najmanje **pet godina čuvati podatke** na temelju kojih je određen nastanak otpada i prijenos izvan mjesta nastanka te opis metode primijenjene prilikom prikupljanja podataka, kao i sve potrebne informacije (Pravilnik [5], čl. 14., st.3.).

Obveznik dostave podataka odgovoran je za točnost podataka dostavljenih nadležnom tijelu te oni moraju biti potpuni, dosljedni i vjerodostojni (Pravilnik [5], čl. 14., st.4.).

NASTANAK OTPADA		Obrazac NO												
<b>1. Opći podaci</b>														
1.1. Naziv operatora:														
1.2. Osobni identifikacijski broj (OIB):														
1.3. Matični broj subjekta (MBS) ili matični broj obraća (MBO):														
1.4. Mrežna stranica:														
<b>2. Podaci o organizacijskoj jedinici na lokaciji</b>														
2.1. Naziv organizacijske jedinice:														
2.2. Šifra organizacijske jedinice:														
2.3. Adresa organizacijske jedinice:														
Ulica i broj:														
Gradišnica:	Postanska broj:													
Zagovor:														
2.4. Djelostnost (NKD-razred) organizacijske jedinice, uslijed koje dođazi do nastajanja otpada														
Brozeci	Naziv:													
2.5. HTRS96 TM koordinate centroisa organizacijske jedinice:		E = _____ N = _____												
2.6. Kapacitet privremenog skladišta otpada (m <sup>3</sup> ):														
2.7. Kontakt osoba (ime i prezime):		Telefon / fax: _____ E-mail: _____												
U		Datum: _____ - _____ - _____												
Osoba odgovorna za točnost podataka u ROO:		Odgovorna osoba:												
ime i prezime _____ MP _____		ime i prezime _____												
potpis _____		potpis _____												
<p>Ovaj obrazac ispisujuva osoba odgovorna za točnost podataka u ROO u organizacijskoj jedinici i dostavlja u nadležno tijelo do 31. ožujka tekuće godine za proteklu godinu. Na kraju obrazca upisuje se mjesto i datum ispunjavanja te čitljivo ime i prezime osobe odgovorne za točnost podataka u ROO i odgovarne osobe u organizacijskoj jedinici, te dodatno potpis istih i pečat obveznika ukoliko se dostavljaju tiskani obrazci.</p>														
NASTANAK OTPADA		Izvješće za _____ godinu												
List br. _____ od ukupno _____ (ukoliko svi podaci ne stazu na jedan list potrebno je preostale podatke prikazati na dodatnom listu)		Obrazac NO												
Ključni broj otpada	Stanje pri vremenskom skladištu na dan (1)	Preduzeto s otpadom na mjestu postavljanja	Preduzeto za popravak operabe (IO ili zbrinjava (IO))	Ime / Imes										
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Slika 6. Obrazac NO - nastanak otpada

## 6 Zaključak

Zakonski okvir za gospodarenje građevnim otpadom jasno je definirao obveze proizvođača građevnog otpada. Proizvodnja, sakupljanje i prijevoz otpada, kao i njegovo skladištenje i obrada, moraju se obavljati sukladno s propisanim načelima i na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš. Pri gospodarenju otpadom je važno primjenjivati mjere kojima se osigurava sljedivost od proizvodnje otpada do njegove obrade, kao i nadzor postupanja s otpadom. Kako bi se osigurala sljedivost, propisana je obveza evidentiranja podataka putem pratećih listova i očevidnika o nastanku otpada i postupanja s njim te izvješćivanje nadležnih tijela o nastanku otpada i gospodarenju otpadom koje se provodi jednom godišnje za cijelu prethodnu godinu. U svrhu praćenja postupanja s otpadom uspostavljen je informacijski sustav gospodarenja otpadom koji dionicima u gospodarenju otpadom omogućava vođenje evidencija i prijavu podataka putem mrežne aplikacije.

## Literatura

- [1] Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 94/13, 73/17, 14/19 i 98/19
- [2] Pravilnik o gospodarenju otpadom, Narodne novine br. 117/17
- [3] Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest, Narodne novine br. 69/16
- [4] Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine br. 90/15
- [5] Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša, Narodne novine br. 87/15
- [6] Štirmek, N., Baričević, A., Lovinčić Milovanović, V.: Gospodarenje građevnim otpadom - izazovi i prilike, Hrvatski graditeljski forum, Zagreb 2017.





## Postupanje s muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda - primjeri dobre prakse

Autor:

doc. dr. sc. Dražen Vouk<sup>1</sup>

doc.dr.sc. Domagoj Nakić<sup>2</sup>

izv.prof.dr.sc. Mario Šiljeg<sup>2</sup>

Anđelina Bubalo, mag.ing.oecoing.

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet  
Zagreb, Kačićeva 26

<sup>2</sup>Sveučilište Sjever  
Varaždin, Ul. 104. brigade 3

## **Postupanje s muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda - primjeri dobre prakse**

Dražen Vouk

### **Sažetak**

Kao glavni nusproizvod na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) nastaje mulj, čije je odlaganje skup te ekološki i socijalno osjetljiv postupak. Iz pregleda i opisa većeg broja tehničko-tehnoloških rješenja o postupanju s muljem koja se koriste danas u svijetu, zaključuje se da problem u vezi s muljem nije tehničke prirode, već je posljedica različitih pristupa koji su uvjetovani ekonomskim, ekološkim i socijalnim datostima pojedinih država ili regija. U radu će se prikazati primjeri dobre prakse postupanja s muljim u svijetu, s posebnim naglaskom na zemlje EU.

***Ključne riječi:*** otpadna voda, uređaj za pročišćavanje, mulj, postupanje s muljem, dobra praksa

## **Sewage sludge management – examples of good practices**

### **Abstract**

Sewage sludge is a main by-product of wastewater treatment plants (WWTPs), which its management is expensive and environmentally as well as socially quite sensitive. Based on the review and description of a number of technical and technological solutions for sludge management used in today's worldwide practice, it is concluded that the problem of sludge management is not of a technical nature, but rather a consequence of different approaches that are conditioned by the economic, environmental and social circumstances of particular countries or regions. This paper will provide examples of good sludge management practices, with particular emphasis on EU countries.

***Key words:*** sewage, treatment plant, sludge, management, good practice

## 1 Uvod

Otpad je neizbjegna posljedica ljudske aktivnosti. Osnovni problem vezan je uz činjenicu da pojedine otpadne tvari onečišćuju okoliš. Na svjetskoj razini je posljednjih godina proizvodnja otpada nastalog ljudskim djelovanjem postala alarmantna, te njegovo rješavanje sve više dobiva na važnosti. Najveće brige vezane su uz rješavanje komunalnog otpada koji se u količinskom smislu generira najviše. Intenzivniji industrijski razvoj prati i stvaranje većih količina industrijskog otpada. Određene količine otpadne tvari posljedica su gotovo svakog oblika ljudskog djelovanja. Značajne količine otpada generiraju se čak i u slučaju pozitivnog ljudskog djelovanja na okoliš, primjerice pročišćavanjem otpadnih voda.

Pročišćavanje otpadnih voda i postupanje s nusproizvodima koji se pritom generiraju postalo je vrlo aktualan problem na svjetskoj razini, naročito tijekom posljednjih petnaestak godina. Izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) rezultirala je nastankom značajnih količina mulja. Naime, u postupku pročišćavanja otpadnih voda kao nusproizvod svakog tehnološkog procesa generiraju se određene količine mulja (prije svega kroz izdvajanje mulja iz primarnih i naknadnih taložnica u sklopu prvog, drugog i trećeg stupnja pročišćavanja). Generirani primarni (iz prethodnih taložnica) i biološki (iz naknadnih taložnica) mulj potrebno je adekvatno obraditi na samom UPOV-u i odložiti u okoliš u skladu sa zakonskom regulativom. Prema podacima dostupnim s velikog broja postojećih UPOV-a u svijetu, ta vrijednost iznosi oko 35 do 85 grama suhe tvari po ekvivalent stanovniku na dan (gST/ES·d) [1], sa srednjom vrijednosti oko 50 gST/ES·d [2].

Mulj koji se generira na UPOV-ima nastaje kao nusproizvod akumulacije krute tvari tijekom fizikalnih (taloženje), bioloških (mikrobiološka aktivnost) i kemijskih procesa (koagulacija, flokulacija) [3]. Mulj je složenog sastava i sadržava mješavinu organskih i anorganskih tvari raspršenih u vodi, a ovisno o primjenjenim tehnološkim procesima obrade, može sadržavati i patogene mikroorganizme, parazite, virus te brojne potencijalno toksične elemente i spojeve (teške metale i dr.).

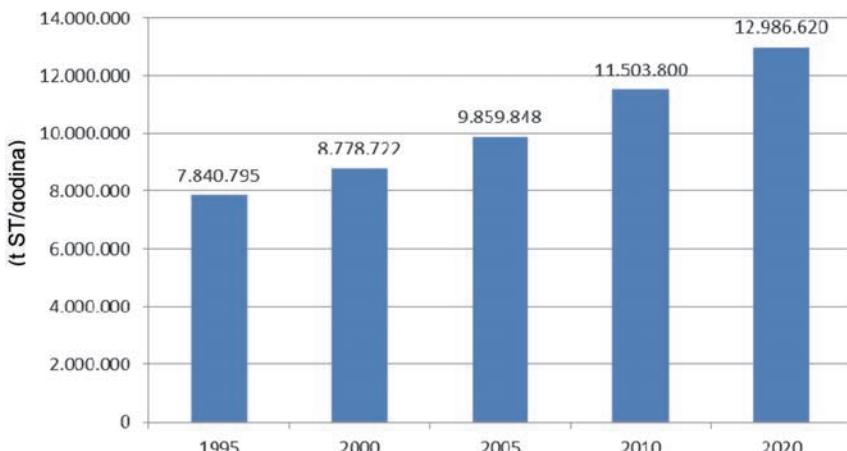
U zemljama u razvoju, uz sve intenzivniju izgradnju UPOV-a, nastanak mulja kao nusproizvoda pročišćavanja otpadnih voda konstantno se povećava. Procjene o rastu godišnje proizvodnje mulja s UPOV-a na razini EU 27 prikazane su na slici 1.

Prema postojećim analizama vezanim za obradu i upotrebu otpadnog mulja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, ukupna proizvodnja mulja u Republici Hrvatskoj (RH) se za razdoblje 2031. do 2051. godine procjenjuje na 75.000 do 100.000 tona ST/godina, što predstavlja dodatno povećanje procijenjene godišnje proizvodnje mulja prikazane na slici 1., na razini EU-28.

Prema zakonskoj regulativi, mulj s UPOV-a se tretira kao neopasni otpad i pridan mu je ključni broj 19 08 05.

Potrebno je istaknuti da se projekti izgradnje UPOV-a, u kojima nije riješeno konačno postupanje s muljem, ne mogu smatrati potpunim, jer ne obuhvaćaju tehnološka rješenja i troškove koji su s tim povezani. Prema tome, učinkovitost sustava javne odvodnje i cijena pročišćavanja otpadnih voda (iskazana jedinično po ekvivalent stanovniku ili kroz volumen otpadne vode), ne može se temeljiti samo na troškovima nastalim unutar kruga UPOV-a, već na ukupnim troškovima do konačnog odlaganja mulja. Troškovi obrade i odlaganja mulja nisu zanemarivi te kod UPOV-a veličine od 5.000 do 200.000 ES, iznose približno 50 %

ukupnih troškova poslovanja [5], a u određenim okolnostima (odvoz i odlaganje na većim udaljenostima) mogu biti i znatno veći uz povećanje negativnog sociološkog utjecaja [6].



Slika 1. Procjena kretanja godišnje proizvodnje mulja s UPOV-a na razini EU-27 [4]

Iz pregleda i opisa velikog broja tehničko-tehnoloških rješenja obrade i postupanja s muljem koja se primjenjuju danas u svijetu, uočava se da problem mulja zasigurno nije tehničke prirode, već je posljedica različitih pristupa koji su uvjetovani prirodnim i društvenim datostima pojedine države i/ili pokrajine i/ili jedinice lokalne samouprave. Naime, zbog značajnih ekonomskih, ekoloških i socijalnih čimbenika, znanstvena i stručna javnost na svjetskoj razini još uvijek nije postigla dogovor oko iznalaženja optimalnog rješenja, što u konačnici širu javnost u značajnoj mjeri zbumnjuje i često ograničava u prihvatanju pojedinih rješenja, koja se najčešće ne mogu ocijeniti optimalnim. Dodatno se naglašava da pravilno odlaganje mulja nije važno isključivo s aspekta zadovoljenja zakonskih. Navedeno je posebno izraženo kroz mogućnosti korištenja mulja kao sirovine, bilo u poljoprivredi, ozelenjavanju krajolika, proizvodnji građevnih proizvoda, cestogradnji, poboljšanju tla i dr. [7].

Činjenica je da do danas u velikom broju zemalja, uključivo i pojedine razvijene zemlje svijeta, nije cijelovito riješen problem s muljem, niti je određen propisima, uputama ili smjernicama. Dosadašnja praksa, strategije i zakonski propisi vezani za postupanjem s muljem s UPOV-a u značajnoj se mjeri razlikuju među pojedinim visokorazvijenim zemljama i gradovima, čak i susjednim zemljama unutar EU.

Prema navodima relevantnih EU Direktiva, recikliranju i gospodarenju muljem treba se dati prednost pred klasičnim pristupima koji uključuju njegovo odlaganje. Također, u značajnoj su mjeri pooštreni uvjeti odlaganja mulja na odlagališta s obzirom na to da mulj u pravilu sadržava veće koncentracije određenih sastojaka u odnosu na maksimalno dopuštene vrijednosti (npr. DOC, TOC i dr.).

Prilikom uspostave sustava gospodarenja otpadnim muljem, od razine pojedinih jedinica lokalne samouprave do regionalnog nivoa, treba voditi računa o redu prvenstva gospodarenja

otpadom. Prema Direktivi o otpadu 2008/98/EZ i njezinoj izmjeni u Direktivi (EU) 2018/851 Europskog Parlamenta i Vijeća definirana je hijerarhija otpada (slika 2.).

Prema toj hijerarhiji otpada potrebno je izbjegavati obrade otpada, uključivo i mulja s UPOV-a, kojima se resursi zadržavaju na nižim razinama hijerarhije otpada, kako bi se omogućilo visokokvalitetno recikliranje i povećalo korištenje kvalitetnih sekundarnih sirovina, a države članice bi trebale osigurati da se biootpad odvojeno skuplja i prolazi postupak recikliranja tako da poslije ispunjava visoku razinu zaštite okoliša i da konačni proizvod ispunjava relevantne standarde visoke kvalitete. Najpovoljnijim se ocjenjuje sprječavanje nastanka otpada. Međutim, generiranje mulja u sklopu pročišćavanja otpadnih voda nije moguće spriječiti, ali je uz primjenu pojedinih postupaka obrade mulja moguće u većoj ili manjoj mjeri smanjiti ukupne količine proizvedenog mulja, što se indirektno nalazi u samom vrhu definirane hijerarhije otpada.



Slika 2. Hijerarhija otpada prema Direktivi 2008/98/EZ i Direktivi (EU) 2018/851

U Direktivi 2008/98/EZ i Direktivi (EU) 2018/851 se navodi: "Gospodarenje otpadom u Uniji trebalo bi poboljšati i pretvoriti u održivo gospodarenje materijalima s ciljem zaštite, očuvanja i poboljšanja kvalitete okoliša, zaštite zdravlja ljudi, osiguranja razboritog, učinkovitog i racionalnog korištenja prirodnih resursa, promicanja načela kružnoga gospodarstva, poboljšanja korištenja energije iz obnovljivih izvora, povećanja energetske učinkovitosti, smanjenja ovisnosti Unije o uvoznim resursima te pružanja novih gospodarskih prilika pri-donošenja dugoročnoj konkurentnosti. Kako bi gospodarstvo bilo zaista kružno, potrebno je poduzeti dodatne mjere u pogledu održive proizvodnje i potrošnje usredotočenošću na cijeli životni vijek proizvodâ tako da se očuvaju resursi i zatvori krug kružnog gospodarstva. Učinkovitim korištenjem resursa došlo bi do značajnih neto ušteda za poduzeća, javna tijela i potrošače u Uniji te bi se istodobno smanjile ukupne godišnje emisije stakleničkih plinova". Navedenim se Direktivama također utvrđuju dugoročni ciljevi EU za gospodarenje otpadom te se gospodarskim subjektima i državama članicama daju jasne smjernice za ulaganja potrebna za postizanje tih ciljeva. U Direktivi se također navodi: "Države članice bi pri izradi nacionalnih planova gospodarenja otpadom i planiranja ulaganja u infrastrukturu za gospodarenje otpadom trebale ocijeniti i uzeti u obzir potrebna ulaganja i druga finansijska sredstva, uključujući za lokalna tijela. Ta bi ocjena trebala biti uključena u plan gospodarenja otpadom ili druge strateške dokumente. U tom kontekstu države članice bi se trebale razborito koristiti ulaganjima, uključujući putem fondova Unije promicanjem sprečavanja nastanka otpada, uključujući njegovu ponovnu uporabu, pripremu za ponovnu uporabu i

*recikliranje, u skladu s hijerarhijom otpada. Komisija bi za ispunjenje zahtjeva ove Direktive u skladu s hijerarhijom otpada i za poticanje tehnoloških inovacija i gospodarenje otpadom trebala pomagati nadležnim tijelima u razvijanju učinkovitog finansijskog okvira, uključujući, prema potrebi, korištenjem fondova Unije”.*

Primjereno gospodarenje muljem izazov je za sve jedinice lokalne samouprave i isporučitelje vodnih usluga, kao i ostale dionike koji se bave pročišćavanjem otpadnih voda. Odlaganje mulja s UPOV-a skup je i ekološki osjetljiv postupak s kojim se suočavaju i bore gotovo sve razvijene zemlje. Dosadašnja svjetska praksa nudi više mogućih rješenja o postupanju s muljem, kao kombinacija različitih postupaka obrade i njegovog konačnog odlaganja i/ili korištenja. Među osnovnim postupcima odlaganja i korištenja mulja koji se danas primjenjuju u okviru svjetske prakse ističu se:

- odlaganje obrađenog mulja na odlagališta ili u prošlosti korišteno odlaganje u more koje je danas zabranjeno
- korištenje na poljoprivrednim površinama
- korištenje na nepoljoprivrednim površinama
- poboljšanje lošeg temeljnog tla i zapunjavanje rovova
- odlaganje (odlaganje i/ili korištenje) pepela (dobivenog u postupku spaljivanja mulja u monospalionicama, pirolize ili uplinjavanja) na posebno uređena odlagališta neopasnog otpada
- korištenje/recikliranje mulja i/ili pepela (dobivenog u postupku spaljivanja mulja u monospalionicama, pirolize ili uplinjavanja) u građevinarstvu
- korištenje/recikliranje osušenog mulja (dobivenog u postupku solarnog ili termalnog/ strojnog sušenja) kao biogorivo
- korištenje/recikliranje osušenog mulja (dobivenog u postupku solarnog ili termalnog/ strojnog sušenja) u proizvodnji umjetnih goriva
- suspaljivanje mulja s gradskim komunalnim otpadom
- suspaljivanje mulja u cementarama ili termoelektranama
- odvoz mulja i/ili pepela izvan državnih granica

Tradicionalni postupci odlaganja mulja s UPOV-a rasprostiranjem na prostranim zemljиштимa ili u površinskim vodnim tijelima (mora i dr.) zabranjeni su ili se sve više ograničavaju s implementacijom novih propisa koji idu u smjeru zaštite okoliša i održivog razvoja.

Uz prethodno opisanu problematiku, u radu su prikazane različite mogućnosti konačnog postupanja s muljem, koje se manje ili više uspješno primjenjuju u okviru svjetske prakse. Pritom je poseban naglasak dan na praksi u pojedinim zemljama EU. Zasebno su istaknuti i primjeri pozitivne prakse u RH. U radu su obrađeni i svjetski trendovi u obradi i korištenju mulja s UPOV-a, s naglaskom na recikliranje fosfora, ograničavanje/zabranu transporta mulja između pojedinih zemalja, regionalizaciju obrade i postupanja s muljem, razvoj novih tehnologija, povođenje za praksom ostalih zemalja (EU i svijet), budućnost kvalitete muljeva i njihove primjene.

Važno je istaknuti da se ovim radom ne favorizira niti jedno tehnološko rješenje obrade mulja, kao niti način njegovog korištenja ili odlaganja. U radu se iznosi pregled sadašnje svjetske prakse postupanja s muljem s UPOV-a pri čemu se svaka praksa koja se nalazi u okvirima zakonske regulative ocjenjuje dobrom jer se tako odlaže mulj na legalan način. Pitanje je samo postoji li za svaki od razmatranih konkretnih primjera povoljnije rješenje?

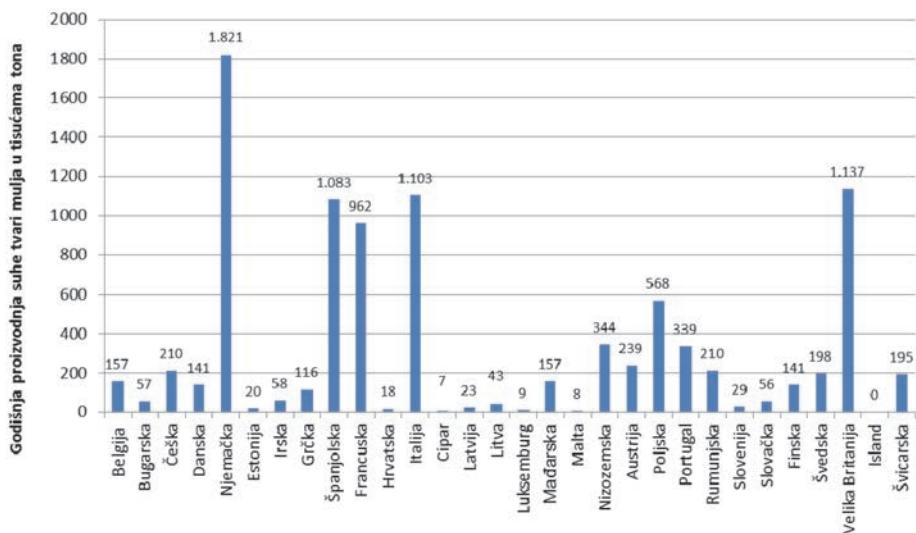
## 2 Svjetska praksa o postupanju s muljem

### 2.1 Općenito

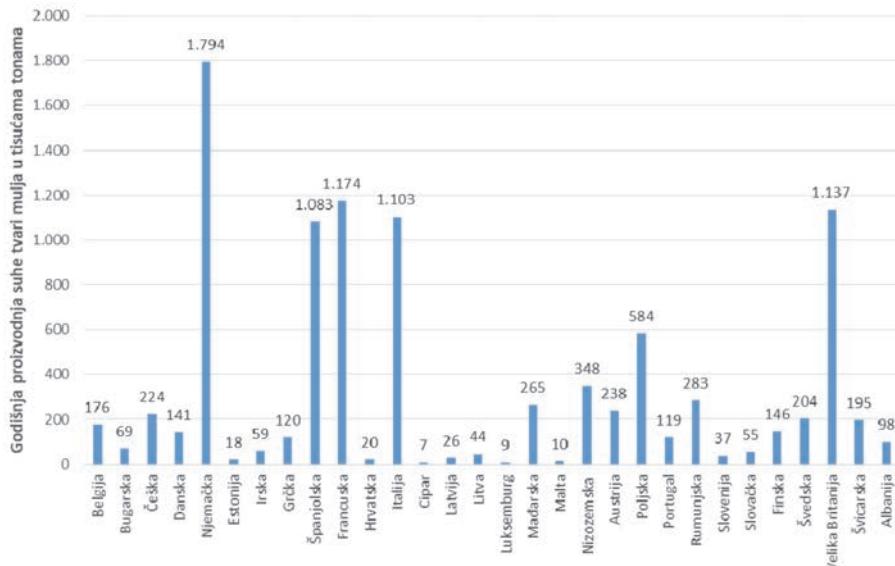
Na svjetskoj razini generiraju se značajne količine otpada u obliku mulja s UPOV-a. Primjerice, samo u 30 europskih zemalja prikazanih na slici 3., u 2015. godini generirano je mulja u iznosu oko 9.500.000 tST/godina, a u 2017. godini generirano je oko 9.800.000 tST/godina (slika 4.), čije rješavanje predstavlja značajan pritisak na okoliš.

Postupanje s muljem, u okviru svjetske prakse, provodi se na različite načine. Ne postoji jedinstvena strategija, niti jedinstvene smjernice u tome. Svaka zemlja rješava problem zbrinjavanja mulja na vlastiti način. Čak su i na razini EU prisutne značajne razlike u načinu postupanja s muljem među pojedinim zemljama (slika 5. do slika 7.). Analizom podataka za period 2013. do 2017. godine mogu se također uočiti određene promjene u načinu zbrinjavanja mulja kod pojedinih zemalja, s povećanjem udjela termičke obrade (spaljivanja i suspaljivanja) i rezultirajućim smanjenjem korištenja na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim zemljistima. Međutim, isto se tako uočava kod pojedinih zemalja stagnacija ili čak i povećanje udjela odloženog mulja na poljoprivredne površine.

Prema službenim podatcima EUROSTAT-a za 2017. godinu, uporaba mulja u poljoprivredi najraširenija je u Irskoj, Velikoj Britaniji, Španjolskoj, Danskoj, Litvi i Češkoj s udjelom oko 50 %, pa i više [8]. Odlaganje mulja na nepoljoprivredne površine najčešći je način zbrinjavanja u Estoniji, Slovačkoj, Mađarskoj i Luksemburgu [8].



Slika 3. Proizvodnja mulja u europskim zemljama u 2015. godini [8]



Slika 4. Proizvodnja mulja u evropskim zemljama u 2017. godini [8]

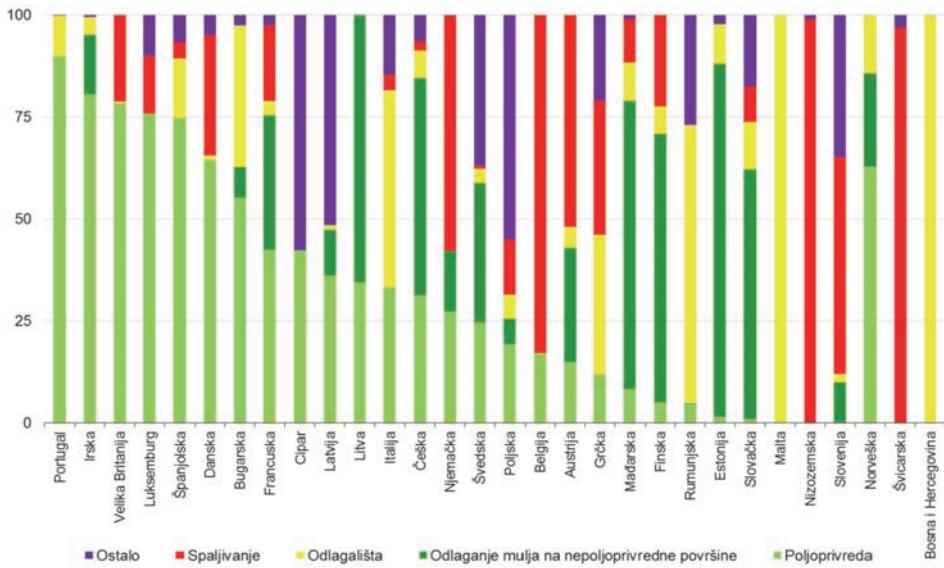
Zakonska regulativa vezana uz postupanje s muljem u poljoprivredi razlikuje se među pojedinim zemljama. Primjerice u Švedskoj se mulj može upotrijebiti u poljoprivredi samo četiri mjeseca u godini (3 mjeseca u jeseni i 1 mjesec u proljeće), dok primjerice u brojnim drugim zemljama primjena mulja nije vremenski ograničena. U Švicarskoj je upotreba mulja direktno u poljoprivredi zabranjena od 2008. godine [9, 10].

Spaljivanje mulja najčešći je način u Nizozemskoj, Švicarskoj, Belgiji, Njemačkoj i Austriji [8, 11].

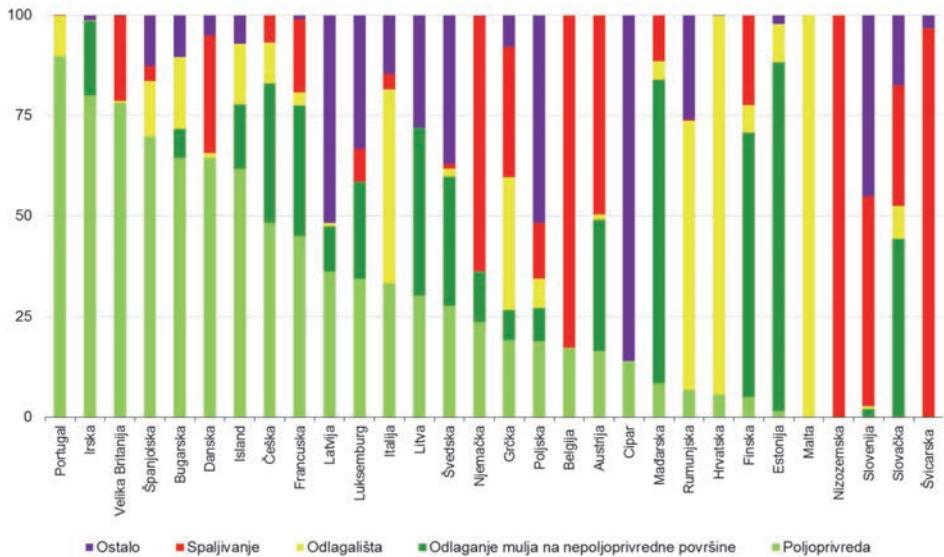
Odlaganje mulja na odlagališta, premda je ograničeno i napušta se sukladno EU direktivama, još uvijek je dominantno u Rumunjskoj i Italiji, a na Malti predstavlja gotovo i jedini način postupanja s muljem [8].

U pojedinim zemljama čak postoje različite strategije i smjernice o postupanju s muljem između pojedinih regionalnih područja, odnosno pokrajina. Primjerice, u Austriji gdje se u poljoprivredi koristi oko 20 % od ukupno generiranog mulja, najveći dio se odlaže u sjevernom, jugoistočnom i krajnjem istočnom dijelu Austrije [12, 13]. U Njemačkoj se oko 25 % mulja upotrebljava u poljoprivredi, a od toga najveći dio na području istočne Njemačke [14].

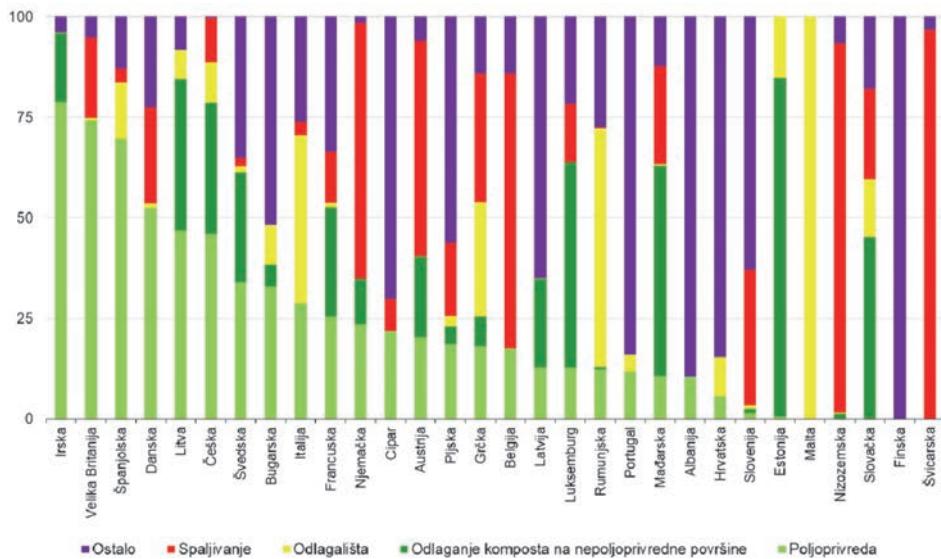
**Postupanje s muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda - primjeri dobre prakse**



**Slika 5. Postupanje s muljem u evropskim zemljama u 2013. godini [8]**



**Slika 6. Postupanje s muljem u evropskim zemljama u 2015. godini [8]**

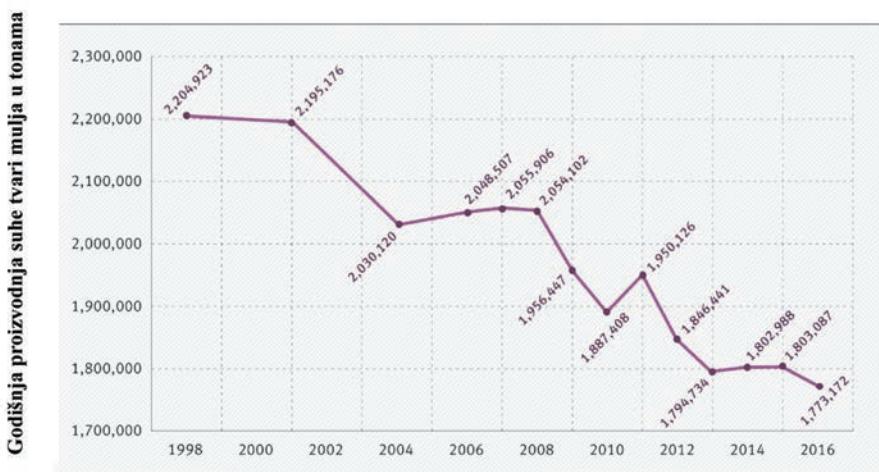


Slika 7. Postupanje s muljem u europskim zemljama u 2017. godini [8]

## 2.2 Praksa u pojedinim zemljama

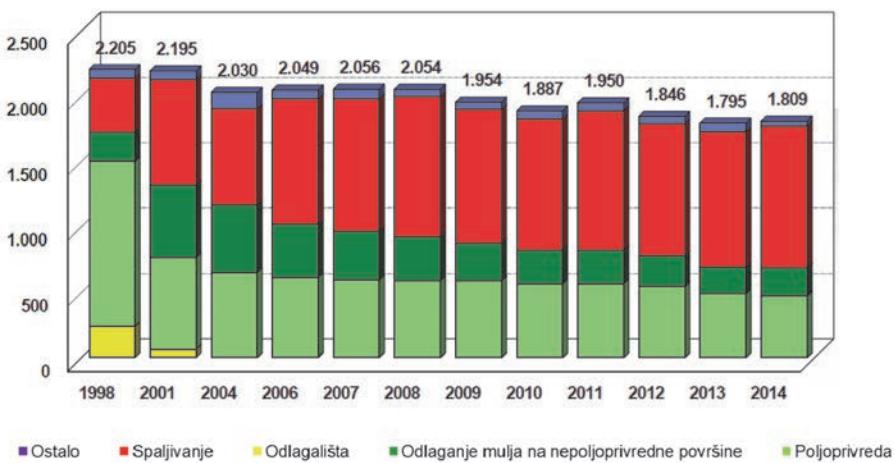
### 2.2.1 Praksa u Njemačkoj

U Njemačkoj se proizvede mulja u iznosu oko 1.800.000 tST/godina. Na slici 8. se tijekom posljednjih dvadesetak godina uočava kontinuirani trend smanjenja godišnjih količina proizведенog mulja (suhe tvari), što se prije svega pripisuje poboljšanjima postupaka anaerobne stabilizacije mulja pri čemu se organska tvar učinkovitije razgrađuje, uz veću proizvodnju bioplina.

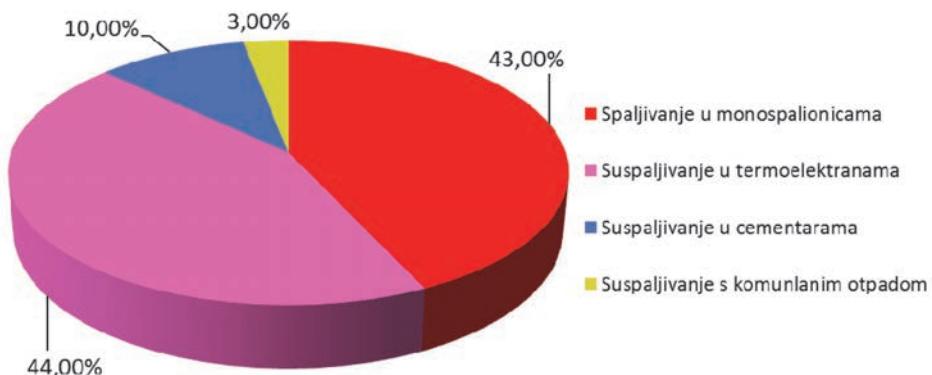


Slika 8. Postupanje s muljem u Njemačkoj u periodu 1998. – 2016. [10]

Od ukupnih količina proizvedenog mulja, u 2014. godini se oko 60 % spaljivalo i suspaljivalo, 26 % se koristilo direktno na poljoprivrednim površinama, oko 12 % se odlagalo na nepoljoprivredne površine (hortikultura i krajobrazje), a s oko 2 % se postupalo na ostale načine (privremeno skladištenje, korištenje u građevinskoj i drugoj industriji i dr.), dok odlaganje mulja na odlagališta komunalnog otpada nije bilo prisutno [14, 15], ali je udio spaljivanja i suspaljivanja narastao na oko 65 % (slika 9.). U odnosu na najveći udio mulja koji se danas termički obrađuje (spaljivanje i suspaljivanje) 43 % se spaljuje u monospalionicama, 44 % se suspaljuje u termoelektranama, 10 % se suspaljuje u cementarama, a 3 % se suspaljuje s komunalnim otpadom (slika 10.).



Slika 9. Postupanje s muljem u Njemačkoj u periodu 1998.-2014. [14]



Slika 10. Termička obrada mulja u Njemačkoj u 2012. godini [16]

Trenutačno se najveći dio pepela generiranog u postupku termičke obrade muljeva koristi za zapunjavanje rovova i bušotina nastalih rudarenjem (37 %), a oko 29 % odlaže se na posebno uređena odlagališta. Sličan udio (gotovo 29 %) iskorištava se za sanaciju zemljišta

i u građevinarstvu za namjene kao što je izgradnja prometnica, a najmanji se udio (oko 5 %) koristi direktno u poljoprivredi [15]. Prema neslužbenim informacijama, u Njemačkoj primjerice preuzimanje pepela dobivenog spaljivanjem mulja naplaćuju građevinske tvrtke koje ga ugrađuju u prometnice unutar raspona 40-50 €/tona. Njemačka kao ekonomski jedna od najsnažnijih država EU često služi kao primjer dobrog rješavanja problema u svim područjima i na svim razinama u velikom broju zemalja centralne i istočne Europe. Ocjenjuje se, međutim, neracionalno doslovno kopirati Njemačku praksu, jer su ključni parametri za odlučivanje ipak znatno drugačiji nego u pojedinim ostalim zemljama.

Prema studiji [17] samo 3 % od svih troškova na rješavanje otpadnih voda u Njemačkoj odnosi se na mulj, uz ostatak koji se odnosi na opremu UPOV-a, kamate i amortizaciju. Ukupni troškovi vezani uz otpadne vode iznose oko 2,2 €/m<sup>3</sup> i, prema studiji povećat će se 3 eurocenta po kubnom metru vode kad se prijeđe isključivo na termičku obradu mulja. Za četveročlanu obitelj to će predstavljati porast sa 484 na 491 €/godina, odnosno porast za 7 eura godišnje. Ova kalkulacija slična je onoj koja vrijedi u Austriji (poglavlje 2.2.2), a služi kao dobar dokaz ili izgovor o "relativnoj nevažnosti" odabira tehnologije obrade i rješavanje mulja u finansijskom smislu, koji je i istaknut u studiji [17]. Kada se radi o korištenju mulja u poljoprivredi, ispravan mulj se može primjenjivati sa 5 tST/ha·3 godine. U tom periodu nije dopuštena upotreba drugih vrsta gnojiva koje sadrže organsku tvar. Cijeli postupak je potpuno kontroliran i dokumentiran.

Novim Pravilnikom o postupanju s muljem u Njemačkoj koji je na snazi od 3. listopada 2017. [18] zabranjeno je upotrebljavati mulj u poljoprivredi s uređaja većih od 100.000 ES nakon 2029. godine, te s uređaja većih od 50.000 ES nakon 2032. godine. Do godine 2029., odnosno 2032. dan je prijelazni rok tijekom kojeg se očekuje značajnije povećanje kapaciteta uređaja za termičku obradu mulja (spaljivanje, piroliza, uplinjavanje, suspaljivanje), te izričito očekivanje recikliranja fosfora iz dobivenog pepela, čime bi se na godišnjoj razini proizvodilo oko 50.000 tona fosfora, što predstavlja 25-30 % ukupnih godišnjih potreba za fosforom u Njemačkoj.

## 2.2.2 Praksa u Austriji

U svom radu H. Kroiss s bečkog Sveučilišta tehnologije konstatira da su godišnji troškovi pogona, obrade i odlaganja mulja oko 45 % od ukupnih troškova pogona UPOV-a [19]. To iznosi oko 5 €/ES·godina za uređaje veće od 50.000 ES i oko 10€/ES·godina za uređaje manje od 10.000 ES. Ukupni godišnji troškovi obrade i odlaganja mulja procjenjuju se s 8-15€/ES·godina što je približno 20 % od ukupnih troškova. U istom se radu navodi da ako bi se sve potrebe poljoprivrednika za fosforom podmirile iz mulja, to bi bio dobitak od približno 70 €/ha·godina. S obzirom na subvencije od poljoprivrednog budžeta EU-a i vrijednost uroda od približno 1500 €/ha godina, novčana vrijednost mulja kao N+P gnojiva je vrlo mala pa autor zaključuje da poljoprivreda nije zainteresirana za mulj. Pritom nisu u obzir uzete naknade koje bi se poljoprivrednicima plaćale za preuzimanje mulja, a koje mogu bitii značajan motivacijski faktor za preuzimanje znatnih količina mulja od strane poljoprivrednika.

U Austriji se oko 50 % mulja spaljuje s odlaganjem pepela (Beč), oko 20 % se prerađuje u industriji otpada (kompost, odlaganje u i na tlo i obnova tla), a manje od 20 % koristi se u poljoprivredi prema zakonima saveznih država [8].

**Tablica 1. Ekonomска važnost uporabe mulja u austrijskoj poljoprivredi (Kroiss, 2016)**

Parametar	Iznos
Poljoprivredni budžet EU (poticaji)	~100 €/stanovnik·godina
Novčana vrijednost mulja kao N+P gnojiva	<1% EU budžeta
Vrijednost poljoprivredne proizvodnje u Austriji	~1.500 €/ha·godina
Vrijednost gnojiva u ukupnoj proizvodnji mulja	0,2%
Lokalna potpuna zamjena fosfora muljem na farmama	~30 kgP/ha·godina
Novčana vrijednost za farmere (profit)	~70 €/ha·godina

Strategijski se srednjoročnim planom predviđa recikliranje većeg dijela fosfora iz otpadne vode, u ukupnoj količini oko 40 % od uvoza. Za UPOV-e iznad 100.000 ES postojeća praksa u Austriji pokazuje da se favorizira termička obrada mulja, a za one manje, korištenje mulja u poljoprivredi.

### 2.2.3 Praksa u Poljskoj

Poljska danas ima 10 spalionica mulja, 24 pogona za termalno sušenje mulja i 16 postrojenja za solarno sušenje mulja. Praksa i ograničenja u korištenju muljeva u poljoprivredi u Poljskoj mogu se ukratko sažeti u sljedećem:

- sanacija industrijskih deponija i divljih odlagališta - nedostaje legalna podloga,
- gnojenje biljaka koje nisu namijenjene direktnoj ljudskoj prehrani,
- gnojenje biljaka za proizvodnju komposta,
- pH tla > 5,6,
- korištenje mulja dopušteno je samo uz uvjet da se ne pogorša kvaliteta tla i kvaliteta površinskih i podzemnih voda,
- polja se mogu tretirati muljem izvan sezone rasta biljaka,
- doza ne smije prelaziti 3 tST/ha·godina ili 9 tST/ha·3 godine za jestive kulture,
- doza ne smije prelaziti 15 tST/ha·godina ili 45 tST/ha·3 godine u slučaju reklamacije ili kultivacije bilja za kompostiranje,
- mulj se može koristiti samo u regiji u kojoj je nastao,
- odgovornost za ispravno korištenje muljeva i eventualne štete snosi onaj koji ga je proizveo, iz čega proizlazi da se vlasništvo nad muljem ne može prenijeti na drugog,
- pisana obavijest o korištenju mulja dostavlja se inspektoratu Agencije za zaštitu okoliša najmanje sedam dana prije primjene, uz dokaz o kvaliteti mulja, tla na koje se aplicira i proračun doze koja će se aplicirati.

Prosječne cijene uporabe mulja u Poljskoj su sljedeće:

- direktno u poljoprivredi 10-20 €/t vlažne mase mulja,
- kompostiranje 20-40 €/t vlažne mase mulja,
- sušenje 30 €/t vlažne mase mulja (ovisi o udjelu vode, 5-16 % troška može se pokriti od prodaje peleta),
- spaljivanje 40-50 €/t vlažne mase mulja,
- odlaganje na odlagališta 50 €/t vlažne mase mulja.

## 2.2.4 Praksa u Mađarskoj

U Mađarskoj je udio naselja manjih od 2.000 stanovnika oko 75 %, a u njima živi oko 17 % stanovništva. Do kraja 2015. godine Mađarska je u skladu s obvezama prema EU trebala osigurati biološko pročišćavanja za sve aglomeracije veće od 2000 ES.

Čak i nakon izgradnje UPOV-a grada Budimpešte i porasta proizvodnje mulja za 30 %, nisu pronađena rješenja za adekvatno korištenje cjelokupnih količina, jer su primjerice manje količine mulja i 2017. godine odlagane na odlagališta otpada (slika 7.). Prijevoz mulja na duge relacije znatno povećava troškove odlaganja i ukupnu cijenu vodne usluge. Novi UPOV-i u gradovima imaju anaerobnu stabilizaciju mulja, proizvode plin i električnu energiju. Na velikom broju UPOV-a mulj se kompostira. Kompost bi se trebao prodavati na otvorenom tržištu, ali se zbog slabe prodaje privremeno skladišti na mnogim mjestima. Isporučitelji vodnih usluga ne raspolažu podatcima koliko je komposta prodano.

Korištenje mulja za proizvodnju energije nije krenulo dalje od proizvodnje bioplina. Proizvodi se oko 100.000 Nm<sup>3</sup>/d bioplina i 9,2 MW električne energije. Službeni podatci o spaljivanju mulja u Mađarskoj nisu dostupni autorima ovog rada, iako se prema neslužbenim informacijama doznaće da se određene količine spaljuju u spalionici u Budimpešti. U poljoprivredi se koriste značajne količine stabiliziranog i dehidriranog mulja s prisutnim trendom smanjenja. Godišnje količine mulja korištenog u poljoprivredi iznosile su od 43.000 t u 2008. godine, 24.000 t u 2010. godini i 29.000 t u 2011. godini (bez proizvedenog komposta) uz istovremeno povećanje broja UPOV-a i količina proizvedenog mulja. Količina mulja u poljoprivredi smanjila se zbog pooštrenih dopuštenih koncentracija teških metala u mulju, a očekuju se i pooštreni uvjeti za organske spojeve. U radu [20] se tvrdi kako su troškovi postupanja s muljem, bez uračunane energetske dobiti, slični troškovima monospaljivanja u Njemačkoj koji u maksimumu dosežu iznos 400 €/tST, dok primjerice troškovi rekultivacije u Mađarskoj iznose oko 550 €/tST.

## 2.2.4 Praksa u Bugarskoj

U Bugarskoj prevladava stajalište da je deponiranje i privremeno skladištenje mulja najniža razina postupanja s njime, a korištenje u poljoprivredi, za obnovu tla i kompostiranje ocjenjuje se održivom tehnologijom obrade i uporabe, pa su s tim u svezi i postavljeni nacionalni ciljevi u postupanju s muljevima [21]. Nacionalni ciljevi Bugarske vezani za muljeve mogu se sažeti u sljedećem:

- Recikliranje i oporaba muljeva s UPOV-a do 2020. godine:
  - 55 % do kraja 2016. godine
  - 60 % do kraja 2018. godine
  - 65 % do kraja 2020. godine
- Energetsko iskorištenje mulja iz UPOV-a:
  - 10 % do kraja 2016. godine
  - 20 % do kraja 2018. godine
  - 35 % do kraja 2020. godine.

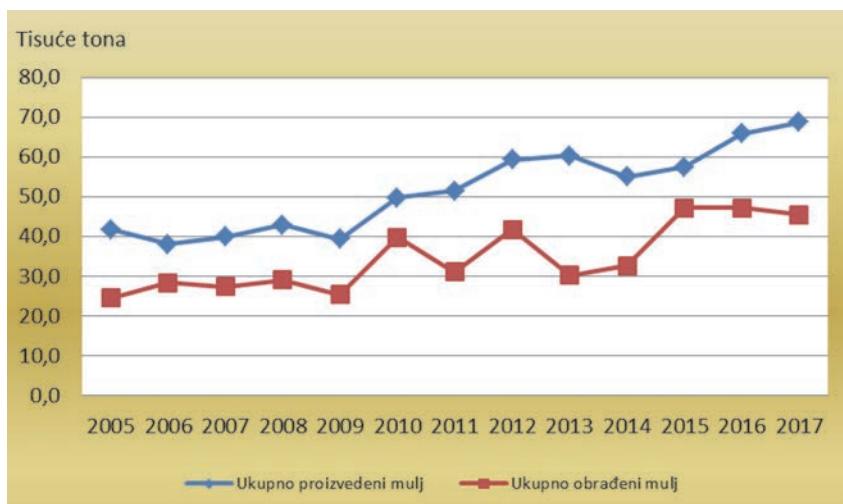
Prema istom Izvještaju, u Bugarskoj nije poznato da se mulj spaljuje ili suspaljuje. Proizvodnja "ispravnog mulja" (onog koji se može koristiti) bila je 2017. godine 68.717 tST. Od toga je na nacionalnoj razini na razne načine riješena količina prikazana u tablici 2.

Na slici 11. prikazano je kretanje količina ukupno proizvedenog, kao i ukupnog obrađenog mulja (koji se koristi u poljoprivredi, za obnavljanje tla, za proizvodnju komposta).

**Tablica 2. Postupanje s muljem u Bugarskoj u 2017. godini [21]**

Način postupanja	Količina mulja [t /ST]	[%]
Odlaganje	6.908	10
Privremeno skladištenje	23.242	34
Korištenje u poljoprivredi	22.521	33
Korištenje za obnovu tla*	12.235	18
Usmjereni na proizvodnju komposta i bioplina	3.811	5

\*Odnosi se na: rudnike, kamenolome i druga zemljišta s narušenim profilom tla; ribnjake, odlagališta, stara riječna korita, dionice napuštenih kanala, ceste, pruge i gradilišta, napuštene i rastavljene inženjerske konstrukcije, obloge i gornje slojeve tla, terene iznad podzemnih rudnika koji su oštećeni djelovanjem mina.



**Slika 11. Dinamika proizvodnje mulja u Bugarskoj [21]**

## 2.2.5 Praksa u Rumunjskoj

Preuzimanjem EU direktiva Rumunjska je doživjela nagli razvoj infrastrukture za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. Od godišnje proizvodnje mulja u 2010. godini u iznosu 97.000 t mokrog mulja, proizvodnja je u 2015. godini iznosila 210.000 tST/godina, a u 2017. godini 283.000 tST/godina.

Kad se u obzir uzme dopušteni pad tla manji od 10 % i alkalno tlo kao uvjet za primjenu u poljoprivredi, u Rumunjskoj je petina poljoprivrednog zemljišta pogodna za korištenje mulja. Uz to se moraju uzgajati biljne vrste koje su kompatibilne sa svojstvima mulja, a površine ne bi zbog troškova prijevoza trebale biti udaljene. Uz strategiju upravljanja muljevima razvijen

je plan komunikacije s farmerima i širom javnosti o korištenju mulja u poljoprivredi. Sve je popraćeno radionicama i nastojanjima da se pokažu prednosti takvog pristupa. Kompanije iz vodnog sektora spremno dijele svima tehničku podršku i iskustva širom zemlje. Od samo 1 % mulja koji se je koristio 2012. godine, cilj je dosegnuti 50 % do 2020. godine. Ulaskom u novu dekadu bit će izgrađeni kapaciteti za energetsku uporabu mulja i preuzimanja ostalih 50 % koji se sada odlažu na odlagališta (Sustainable sludge strategy, Romania; Moot MacDonald, međunarodna konzultantska kompanija koja je izradila strategiju za Rumunjsku). Grad Bukurešt u fazi je proširenja kapaciteta svog UPOV-a i uvođenja energetske oporabe mulja. Do 2020. godine UPOV bi trebao dosegnuti kapacitet od 2,4 mil.ES i proizvodnju mulja od 173 tST dnevno.

## 2.2.6 Praksa u Češkoj

Češka je usvojila 2017. godine Uredbu o mulju u kojoj se do 2020. godine traži higijenizacija mulja do razine kada se može koristiti na tlu. Opcije podrazumijevaju sušenje pri nižim temperaturama ili pirolizu za manje UPOV-e, a sušenje i spaljivanje ili uplinjavanje za veće UPOV-e. U pripremi je novi Zakon o otpadu koji će biti usmjerjen prema iskorištenju sastavnica mulja. Ministarstvo okoliša spominje oporabu fosfora kao inovaciju za razvoj s ciljem smanjenja količina deponiranog mulja, te prihvatanje projekata izgradnje i modernizacije postrojenja za toplinsku obradu mulja uključujući i izdvajanje fosfora [22]. Ukupna proizvodnja mulja u Češkoj u 2017. godini iznosila je oko 210.000 tST/godina, od čega se na nepoljoprivrednim tlima koristilo 22,07 %, a u poljoprivredi se koristilo oko 50 % [23].

U popisu metoda za rukovanje otpadom navedena je za muljeve mogućnost odlaganja u površinske akumulacije kao što su jame, bare, lagune itd. U [23] se ističe poticanje izgradnje građevina i uređaja za anaerobnu razgradnju, energetske oporabe i priprema za iskorištenje energije za biorazgradivi otpad. Predlaže se izgradnja mreže takvih objekata u regijama da bi se odvojeno tretirao biološki razgradiv otpad iz gradova i drugih izvora, uključivo i muljeva s UPOV-a. U posebnom poglavljju [23] za poboljšanje gospodarenja muljem se podržavaju tehnologije za korištenje muljeva kroz različite mjere kao što su:

- kontrola i procjena količina i kakvoće muljeva s UPOV-a pogodnih za korištenje na tlu (kompostiranje i direktna primjena na poljoprivrednom zemljištu),
- stroga mikrobiološka i kemijska kontrola kakvoće muljeva prema zakonskoj regulativi,
- potiče se financiranje iz javnih fondova projekata oporabe energije iz muljeva,
- potiču se istraživanja kretanja onečišćenja ostataka farmaceutskih proizvoda i sredstava osobne higijene kroz otpadne vode i mulj. Na temelju rezultata istraživanja treba kontinuirano osmišljavati i primjenjivati mjere za zaštitu ljudskog zdravlja i okoliša,
- u suradnji s Ministarstvom zdravlja treba poticati kampanje o svijesti gospodarenja muljem fokusom na građane, kako bi se uspostavile smjernice za odlaganje lijekova i kemiikalija u skladu sa zakonskim rješenjima, odnosno izvan sustava odvodnje.

## 2.2.7 Praksa u Slovačkoj

Slovačka ima oko 5,44 mil. stanovnika (2011.), i 2.891 naselje. Samo 400 naselja ima više od 2.000 stanovnika, a u njima živi oko 3,78 mil. stanovnika ili oko 70 % od ukupnog stanovništva. Do 2011. godine izgrađeno je 616 UPOV-a, od čega 95 % s biološkim pročišćavanjem. 15 najvećih UPOV-a ima izgrađeni kapacitet oko 6,9 mil.ES, dok stvarno opterećenje iznosi tek oko 2,8 mil.ES. Najveći UPOV je onaj grada Bratislave s 1,06 mil. ES [24].

Na sustave javne vodoopskrbe priključeno je 86 % slovačke populacije, a 61,6 % na sustave javne odvodnje. U 2017. godini ukupna proizvodnja mulja bila je 58.718 tST. Više od 75 % je stabilizirano anaerobnom digestijom, a oko 85 % se koristi u poljoprivredi. Dnevna proizvodnja bioplina je 60.000 Nm<sup>3</sup>. Kogeneracijska postrojenja (CHP) instalirana su na 21 UPOV-u s ukupnom proizvodnjom oko 67.000 kWh<sub>e</sub>/d [24].

Mulj je u Slovačkoj otpad, a njegovo gospodarenje određuju uglavnom dva pravna akta, jedan o direktnom korištenju na tlu i drugi o korištenju kao gnojivu (kao kompost ili tlo-medij za rast). U potonjem slučaju proizvod mora biti certificiran.

U tablici 3. je prikazano gospodarenje muljem u Slovačkoj od 2002. do 2011. godine. Uočava se da nema izgrađenog kapaciteta za spaljivanje, količine koje se direktno apliciraju na tlo su se smanjivale prema nuli, dok je najveći dio pretvoren u kompost. Interesantno je da je zadržano i odlaganje na deponije koje će se u budućnosti smanjivati. Korištenje mulja u poljoprivredi i šumarstvu mora odobriti nadležno ministarstvo [24].

**Tablica 3. Proizvodnja mulja u Slovačkoj i načini njegovog korištenja [24]**

Godina	Ukupno	Količine mulja u tonama suhe tvari				
		Direktno u tlo	Kompostiranje	Odlaganje	Spaljivanje	Drugi načini
2002.	52.419	42.836	0	4.443	0	4.870
2004.	53.085	12.067	30.437	4.723	0	5.858
2006.	54.780	0	39.405	9.245	0	9.400
2008.	57.810	0	38.386	8.676	0	10.766
2009.	58.582	0	47.056	2.696	0	8.830
2010.	54.760	923	47.140	16	0	6.681
2011	58.718	358	50.111	2.306	0	5.943

## 2.2.8 Praksa u Nizozemskoj

U Nizozemskoj se proizvodi mulja u iznosu oko 350.000 t/godina, od čega se gotovo cijelokupna količina termički obrađuje (spaljivanje i suspaljivanje).

U Nizozemskoj je na snazi zakonska regulativa prema kojoj se mulj čak i u slučaju odvoza izvan granica Nizozemske mora termički obrađivati.

U nizozemskoj praksi definirani su jedinstveni kriteriji prilikom korištenja otpadnih materijala u proizvodnji inovativnih građevnih proizvoda – “Building Material Decree – BMD”, kojima je obuhvaćen i pepeo dobiven termičkom obradom mulja.

U pogledu obrade mulja u Nizozemskoj su se tijekom posljednja dva desetljeća prepoznale prednosti novog pristupa koji uključuje regionalizaciju. Pritom se u velikom broju slučajeva mulj s većeg broja UPOV-a doprema do regionalnog centra koji najčešće predstavlja najveći UPOV na određenom regionalnom području. Na taj način jedan UPOV u regiji ima kapacitet linije vode jednak mjerodavnom opterećenju tog uređaja, a kapacitet linije mulja višestruko veći jer se, osim količina mulja koji se generira na tom uređaju, na istom dodatno obrađuju i količne mulja koje se generiraju na ostalim uređajima u regiji. Nizozemska je time postala primjer dobre prakse u sklopu koje se na regionalnom centru ne moraju nužno povećavati kapaciteti postojećih objekata, jer se uvođenjem naprednih oblika stabilizacije mulja (npr. procesa termalne hidrolize – THP-a) ispred postojećih anaerobnih digestora, višestruko povećava kapacitet anaerobnih digestora čime je omogućeno prihvaćanje znatno većih količina mulja, bez potrebe za rekonstrukcijama i izgradnjom dodatnih kapaciteta anaerobnih digestora.



Slika 12. Dodatni elektrostrojarski dio s THP procesom na UPOV Hengelo (kapacitet linije mulja 800.000 ES) [25]



Slika 13. Dodatni elektrostrojarski dio s THP procesom na UPOV Tilburg (kapacitet linije mulja 1.500.000 ES) [26]

Primjer uspješne regionalizacije pri obradi i korištenju mulja u Nizozemskoj jest UPOV Hengelo s kapacitetom linije vode oko 250.000 ES i od 2016. godine povećanim kapacitetom linije mulja na 800.000 ES, što je omogućilo uvođenje THP procesa između zgušnjavanja i anaerobne digestije mulja (slika 12.). Dodatak THP procesa na liniju mulja omogućio je prihvatanje dodatnih količina mulja s okolnih UPOV-a ukupnog kapaciteta 500.000 ES, bez potrebe za povećanjem kapaciteta anaerobne digestije. Time se na UPOV-u Hengelo proizvode znatno veće količine bioplina tako da nisu samo pokrivene cijelokupne energetske potrebe UPOV-a, već se višak proizvedene električne energije prodaje lokalnom isporučitelju električne energije, što se pozitivno odražava na cijelokupnu finansijsku bilancu UPOV-a. Primjer uspješne regionalizacije pri obradi i postupanju s muljem u Nizozemskoj je UPOV Tilburg s kapacitetom linije vode oko 375.000 ES i od 2016. godine povećanim kapacitetom linije mulja na 1.500.000 ES, što je omogućilo uvođenje THP procesa između zgušnjavanja i anaerobne digestije mulja (slika 13.). Dodatak THP procesa na liniju mulja omogućio je prihvatanje dodatnih količina mulja s okolnih UPOV-a ukupnog kapaciteta 1.125.000 ES, bez potrebe za povećanjem kapaciteta anaerobne digestije. Time se na UPOV-u Tilburg također proizvode znatno veće količine bioplina uz pokrivanje cijelokupne energetske potrebe UPOV-a, i omogućena je prodaja višaka proizvedene električne energije lokalnom isporučitelju električne energije, što se pozitivno odražava na cijelokupnu finansijsku bilancu UPOV-a.

## 2.2.9 Praksa u SAD-u

U SAD-u je korištenje i odlaganje mulja proizведенog tretmanom komunalnih otpadnih voda i septičkih muljeva, regulirano federalnim zakonikom [27] uz mogućnost svake savezne države da doneše svoje pravilnike, strože od federalnih.

Američka agencija za zaštitu okoliša (USEPA) definira dva pojma: mulj (engl. *sewage sludge*) i biološke krutine (engl. *biosolids*). Mulj predstavlja krutine izdvojene iz postupka pro-

čišćavanja otpadne vode, uključujući i septički mulj iz kućanstava, dok su biološke krutine tretirani muljevi koji zadovoljavaju EPA-ine kriterije vezane uz onečišćenja i patogene za aplikaciju na tlo i u njega. Karakteristike bioloških krutina postižu se nekom od tehnologija stabilizacije.

Aplikacija mulja na tlo obuhvaća sve oblike rastresitog ili uvrećenog mulja u količinama koje zadovoljavaju potrebe biljaka uz minimalni prođor hraničiva ispod zone korijena biljke. To obuhvaća primjenu na poljoprivredna zemljišta kao što su polja za proizvodnju hrane, hrane za životinje i vlaknastih usjeva, pašnjaci i zemljišta pod prirodnom vegetacijom, nepoljoprivredna zemljišta poput mjesta s javnim pristupom kao što su parkovi i golfski tereni, otvorena tla kao što su rudnički iskopi, gradilišta i šljunčare, i kućne travnjake i vrtove.

Propisi razlikuju dvije razine kvalitete mulja s obzirom na koncentracije teških metala: maksimalnu ili *krovnu koncentraciju i koncentraciju onečišćenja*, dvije razine kakvoće s obzirom na patogene; klasu A i klasu B, dva tehnološka pristupa za zadovoljenje privlačenja-redukcije vektora, ili korištenje fizičkih barijera. Da bi se mulj kvalificirao za odlaganje na tlo, mora zadovoljiti barem *krovnu koncentraciju* teških metala, klasu B glede patogena i kriterije za privlačenje-redukciju vektora. Kumulativne doze onečišćenja primjenjuju se na muljeve koji dosežu *krovne koncentracije*, ali ne za one koji zadovoljavaju *koncentracije onečišćenja*. Na mulj koji se odlaže na tlo postavljeni su brojni zahtjevi i postupci manipulacije, sve dok nema izuzetnu kakvoću odnosno oznaku EQ (engl. *Exceptional Quality*), pri čemu ne postoje ograničenja u primjeni. Mulj EQ klase zadovoljava kriterij A klase mulja, granice *koncentracije onečišćenja* i tehnologiju privlačenja-redukcije vektora. Za sve kvalitetne vrste muljeva propisana je minimalna učestalost monitoringa, evidencije i izvještavanja.

Da bi se aplicirao na tlo, rastresiti mulj mora zadovoljiti *krovnu koncentraciju* i granice *koncentracija onečišćenja*, prema tablici 4. Rastresiti mulj koji se odlaže na travnjake i kućne vrtove mora zadovoljiti granice *koncentracija onečišćenja*, prema tablici 4. Mulj koji se prodaje ili otpreavlja u vrećama ili drugim spremnicima mora zadovoljiti granice *koncentracija onečišćenja* ili zadovoljiti *krovnu koncentraciju onečišćenja* i aplicirati se u godišnjim dozama koje se temelje na *godišnjim dozama tereta onečišćenja*, prema tablici 4. Rastresiti mulj koji se aplicira na poljoprivredne i nepoljoprivredne površine mora zadovoljiti kriterije kakvoće B klase mulja, a onaj koji se koristi za travnjake i kućne vrtove, kao i mulj u vrećama i drugim spremnicima, mora zadovoljiti kriterije klase A mulja kao i jednu od deset tehnoloških opcija privlačenja-redukcije vektora.

Pravilnikom [27] propisano je niz pravila i ograničenja u upotrebi mulja na tlo, monitoringa, vođenja evidencije i izvještavanja. Propisane su također kazne za slučajeve nepridržavanja zakonskih odredbi koje, osim novčanih, uključuju i kazne zatvora. Dio Pravilnika [27] dopušta skladištenje mulja od najviše dvije godine bez restrikcija ili kontrole. Ako se taj period poveća, USEPA to može okvalificirati kao površinsko odlaganje. Period privremenog skladištenja može biti duži od dvije godine, ako je vlasnik u stanju objasniti tu potrebu. Česti primjer su lagune za stabilizaciju koje se prazne u ciklusima od 4 do 5 godina. U tom slučaju se iste tretiraju kao postupak, a ne odlaganje. Pravilnikom [27] regulirano je monospaljivanje mulja. Obuhvaćeno je dodavanje mulja, sama peć za spaljivanje, rad peći i plinovi izgaranja iz dimnjaka. Ne primjenjuje se na spaljivanje opasnih krutina iz mulja ili krutina koje sadrže koncentracije PCB-a veće od 50 ppm, a također niti na suspaljivanje ako je dodanog materijala za suspaljivanje više od 30 %, niti na proizvedeni pepeo.

**Tablica 4. Uvjeti korištenja mulja na tlu u SAD-u - granične koncentracije teških metala u mg/kg suhe tvari mulja**

Tablica u [27]	Tablica br.1	Tablica br.2	Tablica br.3	Tablica br.4
Onečišćivač	Granica krovne koncentracije <sup>1</sup> [mg/kg]	Kumulativni jedinični teret onečišćivača [kg/ha]	Granica koncentracija onečišćivača visoke kakvoće (HQ) <sup>2</sup> [mg/kg]	Godišnja jedinična opterećenja onečišćenjem [kg/ha/godina]
Arsen (As)	75	41	41	2,0
Kadmij (Cd)	85	39	39	1,9
Bakar (Cu)	4300	1500	1500	75
Olovo (Pb)	840	300	300	15
Živa (Hg)	57	17	17	0,85
Molibden (Mo)	75	C	C	C
Nikal (Ni)	420	420	420	21
Selen (Se)	100	100	100	5,0
Cink (Zn)	7500	2800	2800	140

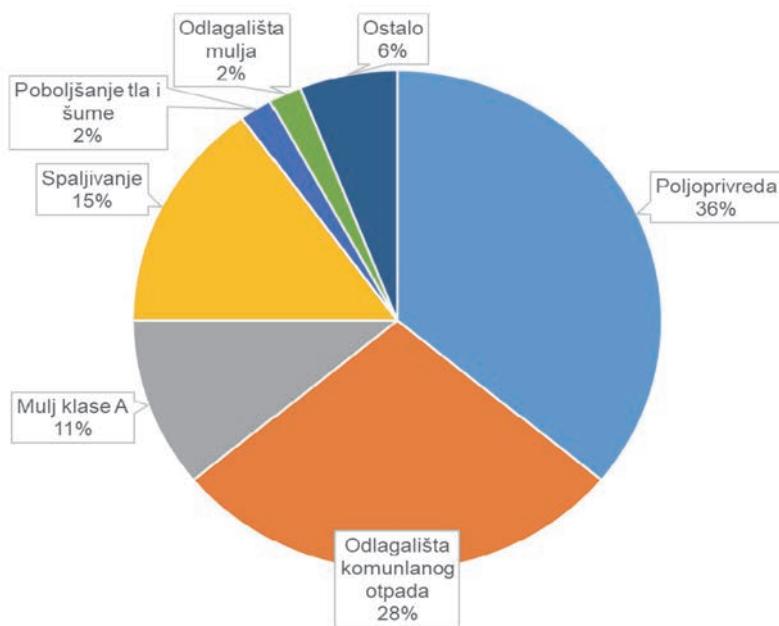
<sup>1</sup>apsolutne vrijednosti, <sup>2</sup>mjesečni srednjaci

Pravilnik [27] indirektno ograničava emisije teških metala, a direktno ukupne emisije ugljikovodika iz dimnjaka, monitoring, evidenciju i izvještavanje. Pravila sadrže jednadžbe iz kojih se izračunava dopuštena koncentracija metala u mulju koji se spaljuje i određuju limiti za ukupne ugljikovodike u emisiji dimova iz dimnjaka.

Posebno su Pravilnikom [27] obuhvaćeni septički muljevi iz kućanstava. Američki propisi jasno definiraju određene kvalitetne klase mulja i mogućnost aplikacije na poljoprivredne i nepoljoprivredne površine. Velika pozornost daje se bakteriološkoj ispravnosti mulja, odnosno smanjenju zdravstvenih rizika i redukciji tvari koje privlače vektore. Za mulj klase A dopušteni patogeni su ispod 1.000 MPN u 1g suhe tvari mulja i za salmonelu 3 MPN/4gST mulja. Osim toga, mulj se treba, ovisno o udjelu suhe tvari, toplinski tretirati ( $T \geq 50^{\circ}\text{C}$ ) određeno vrijeme (od 20-30 min) ili pH korigirati na vrijednost veću od 12, tijekom 72 sata. Kroz to vrijeme temperatura mulja mora biti barem 12 sati veća od  $52^{\circ}\text{C}$ . Iza toga se mulj treba prosušiti zrakom na udio suhe tvari od najmanje 50 %. Klasa mulja može se odrediti i postići preko kontrole PFU enteričkih virusa, broja jaja od glista ili nekim drugim postupkom za daljnju redukciju patogena.

U primjeni svih tehnologija neminovna je prisutnost nadležnog federalnog/državnog tijela, a vrlo su strogi propisi za provođenje monitoringa, vođenje evidencije izvještavanja. Specifično je i to što se doza aplikacije mulja na poljoprivredno tlo određuje na osnovi potrebe biljaka za hranjivim tvarima. Jasno je definirano pod kojim uvjetima se mulj može aplicirati na nepoljoprivredne površine (uz posebne dozvole od slučaja do slučaja) u količinama koje prelaze limite korištenja u poljoprivredi, kao i niz rubnih uvjeta i iznimaka kod apliciranja.

Od vremena objave Pravilnika [27], prošlo je mnogo godina i obavljeno je niz istraživanja koja su pokazala da se uz potrebna ograničenja i kontrolu, muljevi s komunalnih UPOV-a mogu uspješno koristiti kao izvor hranjivih tvari za biljke i poboljšavači fizikalnih karakteristika tla. Za široku praktičnu primjenu mulja u poljoprivredi potrebno je pozitivno mišljenje javnosti i vlasnika zemljišta ponajprije, a preduvjet je i jasna i znastveno utemeljena regulativa, preduvjeti koje ispunjava praksa u SAD-u. Dokaz konzistentne politike i pravilnog pristupa potvrđuje i slika 14. koja pokazuje da se i danas oko 31 % mulja u SAD-u koristi u poljoprivredi, da čak 11 % muljeva spada u grupu proizvoda klase A koji se koriste u hortikulturi, a da se u šumarstvu i obnovi terena koristi 2 % mulja [28]. U Kaliforniji se primjerice godišnje proizvede oko 680.000 tona suhe tvari mulja. Od toga se u poljoprivredi koristi 70 %, 12 % za dnevni pokrov odlagališta otpada, 6 % se odlaže na odlagališta za mulj, 5 % se spaljuje, a ostatak se privremeno skladišti na UPOV-e i odlaže na teren [29].



Slika 14. Postupanje s muljem u SAD-u [28]

## 2.2.10 Obrada i odlaganje mulja u nekim gradovima Europske unije

U tablici 5. prikazani su osnovni podatci vezani za obradu i odlaganje mulja u nekim gradovima u EU.

**Tablica 5. Obrada i odlaganje mulja u nekim gradovima u EU**

<b>UPOV</b>	<b>Kapacitet (ES)</b>	<b>Proizvodnja mulja</b>	<b>Obrada mulja</b>
GDANSK, Poljska	781.000	18.400 tST/godina	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + dehidracija + monospaljivanje + odlaganje pepela na odlagalište
HELSINKI, Finska	1.100.000	90.000 t/godina	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + dehidracija + kompostiranje (dodavanje treseta) + prodaja za odlaganje na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama
SZCZECIN, Poljska	418.000	6.300 tST/godina	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + dehidracija + monospaljivanje + odlaganje pepela na odlagalište
RIGA, Latvija	1.000.000	6.900 tST/godina	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + dehidracija + poljoprivreda
HAMBURG, Njemačka	3.000.000	78.400 tST/godina	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + dehidracija + monospaljivanje + odlaganje pepela na odlagalište
BERLIN, Njemačka		88.000 tST/godina	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + dehidracija + termalno sušenje + monospaljivanje – 57 % / suspaljivanje (termoelektrane – 27 % i cementare – 16 %)
MUNCHEN, Njemačka	3.000.000		Zgušnjavanje + THP + anaerobna digestija + dehidracija + monospaljivanje
MADRID, Španjolska	4.000.000	90.000 tST/godina	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + dehidracija + termalno sušenje + poljoprivredne i nepoljoprivredne površine i kompostiranje
BRATISLAVA (3 UPOV-a), Slovačka	1.515.000	56.000 tST	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + CHP + dehidracija + kompostiranje + poljoprivreda + odlaganje
BUDIMPEŠTA, Mađarska	1.900.000	41.000 tST/god	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + CHP + dehidracija + kompostiranje + poljoprivreda
SOFIJA, Bugarska	1.800.000	39.000 tST/god	Zgušnjavanje + anaerobna digestija + CHP + dehidracija + korištenje u poljoprivredi
PRAG. Češka	2.400.000	75.000 tST/godina	Mehaničko zgušnjavanje s dezintegracijom+ anaerobna digestija + CHP + dehidracija+ primarno kompostiranje
BUKUREŠT, Rumunjska	2.400.000	63.000 tDS/godina	Zgušnjavanje + THP + anaerobna digestija + CHP + sušenje + spaljivanje + odlaganje pepela na odlagalište.

### 3 Dobra praksa u Hrvatskoj

Na sustave javne odvodnje u Hrvatskoj priključeno je oko 2.000.000 stanovnika, odnosno oko 53 % ukupnog stanovništva. Pročišćavanjem otpadnih voda obuhvaćeno je oko 1.800.000 stanovnika, odnosno 44 % ukupnog stanovništva, priključenih na više od 100 uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) različitoga stupnja pročišćavanja. Ukupno opterećenje na izgrađene UPOV-e u Hrvatskoj danas iznosi oko 2.000.000 ekvivalent stanovnika (ES), s proizvodnjom oko 40.000 t suhe tvari (ST) mulja godišnje, a oko 43 % toga opterećenja odnosi se na UPOV Zagreb [31, 32].

U pogledu obrade mulja na postojećim UPOV-ima u Hrvatskoj, uspješno se koriste sva tri osnovna postupka obrade mulja – zgušnjavanje, stabilizacija i dehidracija. Zgušnjavanje mulja se uglavnom provodi mehanički i u gravitacijskim zgušnjivačima. Stabilizacija mulja se provodi i aerobno i anaerobno. Kod anaerobne stabilizacije na pojedinim se UPOV-ima iskorištava metan za proizvodnju električne energije kojom se prvenstveno pokriva dio vlastitih potreba UPOV-a (npr. UPOV Zagreb), a na pojedinim UPOV-ima se dobiveni plin ne iskorištava i spaljuje se na samom UPOV-u (npr. UPOV Karlovac, UPOV Slavonski Brod). Dehidracija mulja na gotovo svim UPOV-ima provodi se mehanički (centrifugama i trakastim filter-prešama). Na manjem broju UPOV-a koriste se polja za sušenje mulja (UPOV Velika Gorica i dr.). Na jednom UPOV-u (Koprivnica) dugi niz godina primjenjivao se postupak solidifikacije mulja uz dobivanje mulja (solidifikata) s oko 90 % ST, iako je prema podatcima što ih je ustupio javni isporučitelj vodnih usluga (JIVU) Koprivničke vode d.o.o., postupak solidifikacije stavljen izvan funkcije te se mulj kompostira na obližnjoj kompostani. Sušenje mulja (strojno ili solarno) i viši stupnjevi termičke obrade (spaljivanje mulja u monospalionicama, piroliza i uplinjavanje) do danas nisu primjenjeni u Hrvatskoj, iako je nekoliko postrojenja za solarno sušenje mulja u fazi projektiranja i izgradnji, a u sklopu dvije studije izvodljivosti većih urbanih centara (Split i Rijeka) predviđeno je termalno (strojno) sušenje mulja. Tek zanemarivo male količine mulja suspaljivane su u cementarama (NEXE – Našice). Relativno male količine mulja u Hrvatskoj se kompostiraju (UPOV Varaždin i UPOV Koprivnica), a do danas je pušteno u pogon i jedno polje za ozemljavanje mulja (UPOV Čakovec) [7].

Pristup kako postupati s muljem u Hrvatskoj do danas se može ocijeniti individualnim, pri čemu JIVU-i na svakom UPOV-u razmatraju vlastite potrebe i mogućnosti u skladu sa zakonskom regulativom. Na UPOV-ima koji su do danas izgrađeni u Hrvatskoj, mulj se odlaže na odlagalištima krutog otpada, značajne količine se privremeno (uz zakonski nedopustiv vremenski period) odlažu uz same UPOV-e (zakonski je dopušteno mulj privremeno odlagati do maksimalno 12 mjeseci), a znatan dio (s UPOV-a Zagreb) odvozi izvan granica Hrvatske (u Mađarsku). Vrlo se mali dio koristi u poljoprivredi, što je nedopustivo u odnosu na zakonsku regulativu [33] (s obzirom na to da se ne vode očevidnici na kojim površinama se koristi mulj i u kojim količinama, niti mu je prethodno ukinut status otpada), a za određeni dio proizvedenog mulja se ne može sa sigurnošću utvrditi gdje i kako završava.

Primjer pozitivne prakse jest grad Varaždin. Tamo se mulj s UPOV-a (s drugim stupnjem pročišćavanja) zasad kompostira, a proizvedeni kompost puni u vreće i dijeli građanima (slika 15). Prema informacijama ustupljenim od nadležnog JIVU-a (Varkom d.d.), postoji velik interes lokalnoga stanovništva za korištenjem tog komposta.

Odlaganje mulja na nepoljoprivredne površine do danas se službeno ne provodi u Hrvatskoj. Činjenica je da do danas u Hrvatskoj na nacionalnom nivou nije cijelovito riješen problem s muljem, niti je on dređen propisima, uputama ili smjernicama. Kako gradnja UPOV-a u Hrvatskoj postaje sve intenzivnija, problem s muljem sve više opterećuje JIVU-e, ali i zakonodavca te jedinice lokalne samouprave.



Slika 15. Kompost klase III proizведен kompostiranjem mulja s UPOV-a Varaždin [30]

Gradovi Zadar i Zagreb danas na legalan način rješavaju problem s novo proizvedenim muljem s UPOV-a, predajući ga uz određenu naknadu ovlaštenoj pravnoj osobi koja posjeduje dozvolu za gospodarenje tom vrstom otpada. Mulj s UPOV-a Zadar rješava u okviru kružnog gospodarstva koristeći tehnologiju koju je u Sloveniji financirala Europska unija i kojom se u velikim spremnicima mulj kemijski tretira u jednom kamenolomu na području Benkovca, te se dobiva novi materijal sitnog zrna koji se dalje koristi kao građevni materijal ili kao prekrivka za deponije i nerazvrstane ceste [34]. Mulj s UPOV-a Zagreb izvozi se u Mađarsku [7].

## 4 Svjetski trendovi

U poglavlju 2 prikazani su postojeći načini postupanja s muljem u svijetu, s posebnim naglaskom na EU. Iz prikazanog se zbog različitih praksi, iskustava i politika različitih zemalja, ne može donijeti zaključak o općem trendu konačnog rješavanja problema s muljem. Međutim, pojedine zemlje kroz obraćanje znanstvenoj, stručnoj i široj javnosti elaboriraju vlastite strategije postupanja s muljem, a pojedine zemlje pokušavaju propisati strategije kroz zakonsku regulativu. Ovdje će se razmotriti svjetski trendovi u obradi i korištenju mulja s UPOV-a, s naglaskom na recikliranje fosfora, ograničavanje/zabranu transporta mulja između pojedinih zemalja, regionalizaciju obrade i korištenja mulja, razvoj novih tehnologija, povođenje za praksom ostalih zemalja (EU i svijet), budućnost kvalitete muljeva i njihove primjene.

## 4.1 Recikliranje fosfora

Neovisno o nedostatku opće strategije konačnog gospodarenja muljem, na svjetskoj je razini prisutan opći trend za izdvajanjem fosfora iz mulja. Naime, posljednjih godina u svijetu je značajno poraslo zanimanje za korištenjem fosfora iz mulja. Europska komisija je 2014. godine uvrstila fosfor među 20 kritičnih sirovina. Prema statističkim podacima, procjenjuje se da će se ukupne svjetske zalihe fosfora iskoristiti tijekom sljedećih 50-115 godina jer su izvori fosfora neobnovljivi i nezamjenjivi. Fosfor je bitan element za rast biljki, a posredno i za cijeli živi svijet na Zemlji. Od ukupnih količina fosfora koje se koriste u svijetu, oko 85 % se koristi za poljoprivredu.

U Australiji se na primjer uvozi 80 % fosfora kao sirovine, ali Australija istovremeno izvozi 50 % fosfora u obliku umjetnog gnojiva ili hrane, pa se ukupna balanca fosfora ocjenjuje zadovoljavajućom. U EU situacija je suprotna, gdje se više od 90 % fosfora uvozi bilo kao sirovina ili hrana ili umjetno gnojivo, a gotovo ništa se ne izvozi, već se isključivo troši. Na tragu takve "loše" (neekonomične) prakse Njemačka se okreće recikliranju fosfora iz mulja, čime namjera kroz sljedećih 10 godina na taj način pokriti oko trećinu vlastitih potreba za fosforom. Naime, značajan izvor fosfora nalazi se u mulju iz UPOV-a, a posebice tijekom primjene trećeg stupnja čišćenja s uklanjanjem fosfora iz otpadne vode. Dehidrirani mulj sadrži oko 10 g fosfora po kg mulja, a pepeo dobiven spaljivanjem mulja oko 64 g fosfora po kg pepela [35]. U Njemačkoj je 2017. godine usvojen novi Pravilnik o odlaganju otpadnog mulja [18]. Osnovni cilj novog Pravilnika je u sljedećih deset godina do 2029. zabraniti direktno odlaganje mulja generiranog na UPOV-ima većim od 100.000 ES, a do 2032. zabraniti direktno odlaganje mulja generiranog na UPOV-ima većim od 50.000 ES u poljoprivredi te uvesti obvezu izdvajanja fosfora iz mulja s UPOV-a. Pritom Pravilnik [18] ne propisuje tehnologiju izdvajanja fosfora, što omogućava izdvajanje fosfora iz mulja i iz pepela dobivenog spaljivanjem mulja. Međutim, izdvajanje fosfora iz pepela ocjenjuje se jednostavnijim i ekonomski prihvatljivijim rješenjem. Stoga se pretpostavlja da će se cjelokupni mulj generiran na UPOV-ima većim od 50.000 ES termički obrađivati (spaljivanje u monospalionicama, postrojenjima s pirolizom ili uplinjavanjem), te će se iz pepela izdvajati fosfor. Suspaljivanje mulja (cementare, termoelektrane, spalionice otpada) dopustit će se isključivo ako je udio fosfora u mulju manji od 20 g/kgST ili ako je fosfor prethodno izdvojen iz mulja. Pravilnik [18] također omogućava upotrebu pepela u poljoprivredi, pri čemu se ne zahtjeva prethodno izdvajanje fosfora, jer se nastoji iskoristiti fosfor sadržan u pepelu. Pojedini stručnjaci iz Njemačke upozoravaju na kontradiktornost takve odredbe jer ocjenjuju da je u mulju sadržano puno više korisnih sastojaka (organska tvar, dušik i dr.) koji se gube spaljivanjem, pa ako se dopušta odlaganje pepela u poljoprivredi, nema opravdanja za zabranom odlaganja mulja [14]. Pravilnik [18] dopušta privremeno odlaganje pepela dobivenog spaljivanjem mulja na posebno uređena odlagališta, uz tendenciju da se s pepelom postupi na drugi način, te da se primarno koristi/reciklira. Za UPOV-e manje od 50.000 ES Pravilnik ne zabranjuje korištenje mulja direktno u poljoprivredi, ali postrožuje kriterije vezane za dopuštene koncentracije pojedinih parametara, uvodi neke nove parametre te ograničava primjenu na pojedinim kulturama kod kojih je do danas primjena bila dopuštena (npr. uzgoj krumpira).

Analizirajući odredbe iz navedenog Pravilnika [18] postavlja se pitanje u kojoj su mjeri one održive u odnosu na mogućnosti obrade i korištenja mulja u Njemačkoj. Naime, u Njemač-

koj je danas u pogonu spalionica mulja s ukupnim kapacitetom 500.000 tona mulja/godina (ukupno 26 spalionica), i sve rade s punim kapacitetom. U pozitivnom slučaju iznalaženja povoljnijih lokacija te ishođenja svih potrebnih dozvola, u današnje vrijeme stručnjaci iz Njemačke prema neslužbenim podatcima procjenjuju da će prosječno vrijeme za izgradnju i puštanje pogon nove spalionice u Njemačkoj biti oko 10 godina [14]. Nadalje, tehnologije izdvajanja fosfora iz mulja u današnje vrijeme su ekonomski neisplativi i teško je predvidjeti trendove njihove ekonomske isplativosti.

U odnosu na raspoložive tehnologije izdvajanja fosfora iz mulja, jedinična cijena dobivanja fosfora je unutar raspona 2.000-10.000 €/t fosfora [36, 37]. S druge strane, današnja cijena fosfora dobivenog iz rude u svijetu, iznosi oko 320 €/t fosfora [38]. Iz toga se zaključuje da u današnje vrijeme nije ekonomski isplativo izdvajati fosfor iz mulja. Međutim, uz daljnji porast jedinične cijene fosfora dobivenog iz rude (kao posljedica ograničenosti fosforne rude kao resursa na Zemlji), te usavršavanja tehnologija i snižavanja cijene izdvajanja mulja iz fosfora, u budućnosti se može očekivati značajno povećanje ekonomske isplativosti izdvajanja fosfora iz mulja.

U Švedskoj su također prisutna nastojanja za izdvajanjem fosfora iz mulja i njegovo korištenje u poljoprivredi. Prema [39], do 2015. godine nacionalni cilj je bio reciklirati 60 % fosfora iz mulja. Cilj do danas nije ostvaren i Švedska agencija za zaštitu okoliša je predložila novi cilj prema kojem će se nastojati reciklirati 40 % fosfora i 10 % dušika iz mulja, ali taj cilj do danas nije usvojila švedske vlada. Primjerice, Finska i Norveška do danas nisu definirale ciljeve u pogledu recikliranja fosfora iz mulja [40].

## 4.2 Ograničavanje/zabrana prijevoza mulja između pojedinih zemalja

Iako do danas ne postoji zabrana prijevoza otpada, a time i mulja između pojedinih zemalja EU, nedavni primjer Mađarske, pokazuje da pojedine zemlje ozbiljno razmišljaju o uvođenju tih zabrana ili su ih već uvele. Stoga u bližoj ili daljnjoj budućnosti nije neracionalno pretpostaviti da će svaka zemlja zasebno rješavati problem rješavanja mulja s UPOV-a. Krajem 2018. godine u Mađarskoj je počela glasna polemika oko uvoza mulja iz Hrvatske i Slovenije, te će prema dostupnim informacijama mađarska vlada zabraniti izdavanje dozvola za uvoz mulja, a postojeće će isteći u relativno kratkom roku (Sl. 2-19 do Sl. 2-21).

Naime, ovog je ljeta u Mađarskoj izbila afra oko uvoza mulja. Naime, otkriveno je kako je vlada **Viktora Orbana** podijelila dozvole za uvoz stotina tisuća tona mulja od pročišćavanja vode, koji može sadržavati i opasne elemente, poput teških metala, žive, ali i radioaktivnog joda. Njihovi oporbeni političari snimili su kamione iz Slovenije kako muljem pune stare rudnike, zbog toga su sve tvrtke iz Slovenije ostale bez dozvola, a to će čekati i partnere Grada Zagreba.

“Vladine agencije više ne izdaju dozvole za uvoz otpadnog mulja. Gotovo sve postojeće dozvole će isteći najdalje u za šest mjeseci”, odgovorili su iz mađarske vlade zaključujući da se u njihovu zemlju više neće moći izvoziti mulj.

Slika 16. Izvod iz online novinskog članka o stanju s uvozom mulja u Mađarsku [41]

## Slovenia facing sewage sludge issue as Hungary reportedly stops imports

Ljubljana, 23 August - The Hungarian government has reportedly decided that the country will stop importing sewage sludge, a move that could spell serious trouble for Slovenia which exports around 70,000 tonnes of sludge from its municipal wastewater treatment plants to Hungary.

Slika 17. Izvod iz online novinskog članka o stanju s uvozom mulja u Mađarsku [42]

## Socialists Warn of Continued Sewage Sludge Imports

MTI-Hungary Today 2019.08.22.



Sewage sludge imports continue to arrive in Hungary despite a promise by Gergely Gulyás, head of the Prime Minister's Office, to stop them over a month ago, head of parliament's welfare committee Lajos Korózs, of the opposition Socialists (MSZP), said on Wednesday.

Korózs told a press conference in front of the Prime Minister's Office that he had filmed the arrival of Croatian and Slovenian lorries transporting sewage sludge to a disposal facility in Székesfehérvár earlier in the day.

Korózs said he would file a lawsuit in the case because the Pest County government office had failed to supply information of public interest in connection with sewage sludge imports within the legally stipulated deadline. Korózs said he had asked the office to specify whom it had granted a permit to transport sewage sludge from Croatia, Slovenia and Italy to Hungary. Who transported it, who received it and who would recycle it, he asked.

Slika 17. Izvod iz online novinskog članka o stanju s uvozom mulja u Mađarsku [43]

#### 4.3 Regionalizacija obrade mulja

Uz izdvajanje fosfora iz mulja, svjetski su trendovi usmjereni na povećanje učinkovitosti energetske oporabe u smislu poboljšanja postupaka anaerobne digestije mulja, uz smanjenje ukupnih količina mulja. Istovremeno se svjetski trendovi odnose i na prepoznavanje prednosti novog pristupa obrade i uporabe mulja s UPOV-a koji uključuje regionalizaciju. Pritom se mulj s određenog broja manjih UPOV-a (najčešće u dehidriranom obliku s 16-25 %ST, ali kod UPOV-a malog kapaciteta potencijalno isplativo i zgušnutog mulja s 3-9 %ST) doprema do regionalnog centra za obradu mulja. Regionalni centar najčešće predstavlja najveći UPOV na određenom regionalnom području. Na taj način jedan UPOV u regiji ima kapacitet linije vode jednak mjerodavnom opterećenju tog uređaja, a kapacitet linije mulja višestruko veći, jer se osim količina mulja koja se generira na tom uređaju, n dodatno obrađuje na njemu i količine mulja koje se generiraju na ostalim uređajima u regiji. Važno je napomenuti da se regionalizacija obrade mulja može postići i na postojećim UPOV-ima, bez potrebe za povećanjem kapaciteta ključnih objekata (anaerobnih digestora i dr.). Naime, uvođenjem naprednih oblika stabilizacije mulja (npr. procesa termalne hidrolize – THP-a) ispred postojećih anaerobnih digestora, višestruko se povećava kapacitet anaerobnih digestora čime je omogućeno prihvaćanje znatno većih količina mulja, bez potrebe za rekonstrukcijama i izgradnjom dodatnih kapaciteta anaerobnih digestora. Primjeri dobre prakse regionalizacije obrade i korištenja mulja su Nizozemska, Velika Britanija, Njemačka, Kina i dr. Pojedina istraživanja u Hrvatskoj, na primjerima Zagreba, Rijeke i Osijeka također upućuju na značajnu isplativost regionalizacije obrade i korištenja mulja [7, 44, 45].

#### 4.4 Razvoj novih tehnologija

Danas se u okvirima svjetske prakse uspješno primjenjuju različita tehnološka rješenja obrade mulja, od jednostavnijih postupaka (zgušnjavanje, stabilizacija, dehidracija, kompostiranje, ozemljavanje) do složenijih postupaka (sušenje, solidifikacija, termička obrada – spaljivanje, piroliza, uplinjavanje).

Svim uočenim nedostatcima pojedinih tehnoloških rješenja pridaje se sve veća pažnja, osobito u dijelu ostvarivanja pozitivnije ekonomske bilance (smanjenja ukupnih troškova obrade i korištenja/ili odlaganja) i smanjenja utjecaja na okoliš. Nastojanja su usmjerena na povećanje stupnja energetske oporabe uz istovremeno smanjenje ukupnih količina proizvedeneog mulja, i to osobito kroz usavršavanje i razvoj naprednih oblika anaerobne stabilizacije i viših stupnjeva termičke obrade. U tom kontekstu, danas najveći interes pobuđuje unaprjeđenje i razvoj postupaka termalne hidrolize te sušenja, spaljivanja, pirolize i uplinjavanja mulja. Broj proizvođača opreme za termalnu hidrolizu i sušenje mulja kontinuirano se povećava, a tehnologije kontinuirano usavršavaju. Osnovni ciljevi se vežu uz smanjenje energetskih potreba za rad takvih postrojenja, uz postizanje većeg stupnja razgradnje organske tvari u mulju te poslijedično veću produkciju bioplina i smanjenje ukupnih količina proizvedenog mulja.

Uz razvoj i unaprjeđenje postupaka napredne stabilizacije mulja, veliki interes znanosti i struke veže se uz razvoj novih tehnologija termičke obrade mulja (spaljivanje, piroliza, uplinjavanje) s uvođenjem plazma reaktora. Ciljevi uvođenja plazma reaktora vežu se uz nasto-

janja za smanjenjem ukupnih troškova prije svega kroz učinkovitije energetsko iskorištavanje, odnosno smanjenje energetskih potreba, kao i smanjenja utjecaja na okoliš, prije svega kroz smanjenje emisije štetnih plinova i ledbećih čestica (nanočestica i dr.) [7]. Sve je veći broj objavljenih znanstvenih istraživanja na temu uvođenja plazma reaktora kod termičke obrade mulja, prije svega kod pirolize i uplinjavanja [46-52].

Analizom broja i sadržaja objavljenih znanstvenih istraživanja, može se zaključiti da uvođenje plazma reaktora predstavlja budućnost u razvoju i unaprjeđenju postupaka termičke obrade mulja.

#### **4.5 Povođenje za praksom ostalih zemalja**

Analizirajući praksu u EU, ističe se prisutnost određenih promjena kod pojedinih zemalja u smislu izmjena zakonske regulative (npr. Njemačka), iako je kod većine zemalja prisutno kontinuirano zadržavanje postojeće prakse, pri čemu se brojne zemlje i dalje oslanjaju na korištenje mulja na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama. Primjerice, u Njemačkoj je 2017. godine usvojen novi Pravilnik o odlaganju otpadnog mulja [18], prema kojem je zabranjeno korištenje mulja u poljoprivredi s uređaja većih od 100.000 ES nakon 2029. godine, te s uređaja većih od 50.000 ES nakon 2032. godine, a dodatno se uvodi obveza izdvajanja fosfora iz mulja s UPOV-a, a to se prije svega nastoji postići izgradnjom objekata za termičku obradu mulja (monospalzionica i dr.). Međutim, Njemačko udruženje za vode, otpadne vode i otpad (DWA) uputilo je kritiku na taj Pravilnik naglašavajući da će rezultirati dodanim troškovima u iznosu oko 2 milijarde eura u investiranju i oko 400 milijuna eura godišnjih operativnih troškova [14].

Neovisno o praksi u Njemačkoj, brojni stručnjaci i institucionalna tijela brojnih EU zemalja (uključivo i najrazvijenije zemlje poput Danske, Švedske, Velike Britanije i dr.) preporučuju daljnje korištenje mulja visoke kakvoće direktno u poljoprivredi, vremenski neograničeno odlaganje pepela dobivenog spaljivanjem mulja iz monospalzionica na uređenim odlagalištima, definiranje obveze i ograničavanje učinkovitosti recikliranja fosfora provoditi vremenski postupno, izbjegavanje povećanja troškova komunalne usluge (postupanj s otpadnim vodama, uključivo i s muljem) za građane te provođenje pokusnih projekata u realnim veličinama.

U Danskoj primjerice nema naznaka da će se rješavanje mulja u značajnoj mjeri izmijeniti u odnosu na današnje stanje u kojem se oko 65 % od ukupno generiranog mulja koristi u poljoprivredi. Stoga se može postaviti pitanje zbog čega se u Danskoj odlaganje mulja u poljoprivredi ocjenjuje održivim, a u Njemačkoj, zemlji s gotovo istim standardom življjenja, u sličnim geografskim i klimatskim uvjetima i sa znatno većim poljoprivrednim površinama, odlaganje mulja u poljoprivredi ograničava/zabranjuje. Pitanje je tko radi bolji posao...Danci ili Nijemci? Isto se pitanje može postaviti i za ostale visokorazvijene zemlje koje i dalje namjeravaju koristiti muljeve direktno u poljoprivredi.

Pojedine visokorazvijene zemlje ulazu značajna finansijska sredstva u znanstvena istraživanja, s ciljem iznalaženja kvalitetnijih načina konačnog rješavanja mulja i nusproizvoda njegove obrade (npr. pepela dobivenog spaljivanjem mulja). Primjerice, Danska i Švedska zajednički ulazu finansijska sredstva i provode istraživanje kojim bi se trebala dokazati mogućnost i opravdanost korištenja mješavine pepela dobivenog spaljivanjem mulja i pepela iz ostalih

energana, u proizvodnji gnojiva u obliku peleta koje bi se koristilo u švedskim šumama [53]. Pojedine zemlje, a među njima i Hrvatska, ulažu određena sredstva u istraživanja mogućnosti i opravdanosti primjene pepela dobivenog spaljivanjem mulja u građevinarstvu [3]. Od aktualnosti u području termičke obrade mulja na svjetskoj razini ističe se nedavno izgrađena najveća svjetska monospalionica mulja u Hong Kongu, kapaciteta oko 750.000 t/mulja godišnje, ali i razvoj novih tehnologija koji je prikazan u poglavljvu 4.4.

Na temelju prethodno iznesenog, auori ovog rada su mišljenja da bi bilo neracionalno i neprimjerenog direktno povoditi se za praksom ostalih zemalja, o čemu se već pokrenula rasprava među užim i širim stručnim krugovima, bez detaljnijeg razmatranja specifičnosti svakog pojedinog konkretnog slučaja i to u odnosu na veći broj relevantnih kriterija. Pritom se u hrvatskoj praksi ističe Grad Zagreb kao primjer dobre prakse za koji je izrađena sveobuhvatna i detaljna studijska analiza prihvatljivih postupaka u vezi s muljem koji se generira na UPOV-u Zagreb. U sklopu te analize analizirano je 48 varijantnih rješenja kao kombinacija različitih postupaka obrade mulja i njegovog korištenja ili odlaganja, i to za oba potencijalna slučaja od kojih prvi podrazumijeva korištenje isključivo mulja generiranog na UPOV-u Zagreb, a drugi podrazumijeva regionalizaciju s UPOV-om Zagreb kao regionalnim centrom za obradu mulja.

#### 4.6 Budućnost kvalitete muljeva i njihove primjene

Cijeli problem oko primjene muljeva koncentriran je na pitanje koristiti li ga najvećim dijelom u poljoprivredi, ili se okrenuti u potpunosti termičkoj obradi. Iako na odluku djeluje niz objektivnih čimbenika, najvažnija je ipak kvaliteta mulja, odnosno koncentracije štetnih i opasnih tvari u njima. U tablici 6. se može vidjeti kako su se u Njemačkoj mijenjale koncentracije teških metala, dušika i fosfora u mulju između 1977. i 2006. godine. Najveći dio teških metala dospijeva u otpadnu vodu pa onda i u mulj, ispiranjem urbanih površina i djelovanjem industrije. Povećane su koncentracije dušika, dok su koncentracije ostalih ključnih pokazatelja kakvoće mulja, manje ili više smanjene [10].

Smanjenje koncentracija žive i kadmija može se najviše pripisati smanjenoj uporabi različitih proizvoda kao i smanjenoj uporabi živinog amalgama u zubarstvu. Posljedica je to i različitih mjera u proizvodnji proizvoda široke potrošnje, uvođenja bezolovnog benzina, smanjenja emisija motora, načina skupljanja i obrade otpada, kao i narasle svijesti građana kao posljedica edukacije i djelovanja NGO o štetnosti pojedinih tvari. Drastičnih smanjenja koncentracija teških metala, dušika i fosfora ne treba u budućnosti očekivati, ali će se vjerojatno postojeći trend nastaviti. U Hrvatskoj se može očekivati da će tomu svakako pridonijeti odvojeno skupljanje otpada i permanentna edukacija građanstva koju treba provoditi na državnoj razini. Značajno će pridonijeti i regulacija korištenja kemijskih sredstava i gnojiva u povrtarstvu i poljoprivredi općenito.

Glede složenih organskih spojeva, stanje je takvo da se njihove koncentracije povećavaju, osobito u gusto naseljenim urbanim područjima s mnoštvom gospodarskih subjekata i izvoza farmaceutskih proizvoda kojima se služe životinje i ljudi.

U znanstvenim i profesionalnim krugovima raspravlja se i o mogućnosti prijenosa EHEC-a na ljude putem korištenja mulja i drugih organskih tvari kao gnojiva u poljoprivredi. Razlog za raspravu je epidemija EHEC-a iz 2011. godine koji je prouzročio EHEC patogen O104:H4.

EHEC su posebna skupina enteropatogenih E.Coli koje uzrokuju infekciju probavnog sustava. Među njih ubraja se i vrsta koja izaziva krvave proljeve, a posebno je opasna podvrsta STEC (E.Coli koja stvara Vero toksin) u koju spada i soj O104:H4 koji je izazvao epidemiju u Njemačkoj. Taj soj može stvoriti zdravstvenu sliku u ljudi koju karakterizira anemija, smanjenje broja trombocita i zatajenje bubrega.

**Tablica 6. Koncentracije teških metala, dušika i fosfora u mulju u Njemačkoj u periodu 1977. do 2006. godine [10]**

mg/kg ST	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	N <sub>tot</sub>	P <sub>tot</sub>
1977.	220	21	630	378	131	4,8	2140	N/A	N/A
1982.	190	4,1	80	370	48	2,3	1480	N/A	N/A
1986.-1990.	113	2,5	62	322	34	2,3	1045	N/A	N/A
1998.	63	1,4	49	289	27	1	835	N/A	N/A
2001.	53	1,2	45	304	27	0,8	794	39.357	27.337
2002.	50	1,1	45	306	27	0,7	750	38.846	22.019
2003.	48	1,1	42	305	27	0,7	746	40.328	22.559
2004.	44,3	1,02	40,7	306,3	25,8	0,62	756,7	42.025	23.581
2005.	40,4	0,97	37,1	306,4	25,2	0,59	738,2	42.457	24.312
2006.	37,2	0,96	36,7	300,4	24,9	0,59	713,5	43.943	24.531
2007.	40,7	0,97	34,9	307,3	26,6	0,59	752,9	44.369	23.675
2008.	38,5	0,96	33,6	297,4	25,4	0,54	744,1	44.167	23.591
2009.	37,2	0,96	32,8	295,8	24,8	0,52	758,4	44.732	23.993
2010.	37,5	0,96	33,2	304,7	25,2	0,53	774	45.943	23.758
2011.	34,9	0,98	34	292,3	25,6	0,49	768,3	44.538	23.627
2012.	33,4	1	32,6	305,3	25,1	0,5	763,5	46.046	26.727
2013.	33,3	0,94	32,9	308,6	25,5	0,48	769,8	44.405	25.200
2014.	32	0,87	33,8	307,3	26	0,47	799,7	45.247	25.546
2015.	30,6	0,74	32,6	293,6	24,7	0,39	772,8	43.796	24.576
Odnos 1977. (100 %) prema 2015.	-86,07	-96,49	-94,83	-22,34	-81,15	-91,83	-63,89	N/A	N/A
Odnos 2001. (100 %) prema 2015.	-42,18	-38,54	-27,55	-3,43	-8,54	-50,99	-2,67	11,3	-10,1

Zbog očite polarizacije stavova oko tehnologija primjene mulja- jednog koji i dalje drži da mulj treba u najvećoj mjeri uključiti u prirodan ciklus kruženja tvari i energije i drugog da je mulj stvarni i potencijalni izvor opasnosti za ljudsko zdravlje, tlo i vode- teško je predvidjeti u kojem će smjeru ta polarizacija završiti na svjetskoj, europskoj, regionalnoj i lokalnoj razini. Mnogo će ovisiti o budućnosti kretanja kvalitete mulja i novim spoznajama o posljedicama njegove primjene u poljoprivredi.

Poklonicima termičke obrade mulja, unatoč većih troškova, u prilog ide inzistiranje na visokim zdravstvenim rizicima pri korištenju u poljoprivredi i spasonosno rješenje za vrijeme kad se kritično smanje zalihe prirodnih rudača fosfora i poremeti njegovo tržište. Oni se ne žele baviti mjerama kojima bi se eventualno smanjile koncentracije opasnih pokazatelja u nastajanju otpadnih voda, ili čak dodatne intervencije u tehnologiji na liniji otpadne vode i mulja, te time smanjili zdravstveni rizici. Istina je i to da se javnost u nekim zemljama suprotstavlja korištenju mulja u poljoprivredi što otežava pronalaženje novih vlasnika zemljišta koji su spremni prihvati mulj na svoja polja. Ako se može vjerovati rezultatima brojnih istraživanja i studija, koji pokazuju da se uz striktnu primjenu propisa mulj može bez opasnosti koristiti u poljoprivredi, ostaje bojazan i nagađanje da znanost i praksa još uvijek nisu došli do presudnih dokaza o dugotrajnom negativnom djelovanju tvari iz muljeva na zdravlje ljudi, životinja, vodu i tlo. Ako do toga dođe i rezultati istraživanja budu široko prihvaćeni, doći će do drastičnog obrata prakse u svim državama koje u velikom postotku muljeve koriste u poljoprivredi.

Ovakav "pesimističan" način razmišljanja je razumljiv za države velikog ekonomskog potencijala koje mogu podnijeti povećane troškove i istodobno strateški planirati veću ekološku sigurnost i samostalnost u osiguranju potrebnih količina fosfora u budućnosti. U ovom trenutku se može zaključiti da je njihovo opredjeljenje još uvijek temeljeno velikim dijelom na očekivanjima, a ne na stvarnim spoznajama [7].

## 5 Zaključak

U svijetu, a i u Hrvatskoj kruže brojne i neistinite, neprovjerene ili pogrešno interpretirane informacije o mulju i postupcima obrade mulja, kao i o nusproizvodima koje pojedini postupci obrade mulja generiraju. One su naše pravo građanstva u nekim NGO-ima, novinarstvu i ostalim medijima. O pojedinim UPOV-ima do danas napisano je više napisa koji nemaju veze sa stvarnošću i strukom, sve do slučajeva kad se iz tekstova iščitava očita zlona-mjernost. Ovakve pojave mogu pokrenuti lavinu nezadovoljstva i u određenim situacijama blokirati vrijedne zamisli i projekte. Lošu percepciju je iz šire javnosti teško ukloniti ili promjeniti način razmišljanja većine. Povjerenje u struku teško se stječe, a mora se neprestano njegovati, jer se može vrlo brzo i nepovratno izgubiti. U tom smislu navedeni čimbenik može imati vrlo značajnu ulogu i utjecaj na konačno rješenje.

U procjeni ekološke vrijednosti pojedine tehnologije obrade i upotrebe mulja važno je raspolagati znanstveno utemeljenim činjenicama o kakvoći mulja, tehnološkim procesima obrade, te svim vrstama utjecaja koji nastaju u tom procesu trenutačno, kratkoročno i dugoročno. Neizvjesnost i povиšeni ekološki rizik često su razlogom da se pribjegava tehnologijama gdje je rizik manji i predvidivo upravljiv kroz primjenu dodatnih tehnoloških mjera (tehnološka rješenja obrade mulja s manjom emisijom štetnih plinova, pročišćavanje plinova iz procesa obrade mulja i dr.).

Bilo bi najprirodnije i najlogičnije da se proizvedeni otpad od pročišćavanja otpadnih voda unese u ciklus kruženja tvari i energije, po mogućnosti onako kako se to događa u prirodi, ali i na bilo koji drugi održiv način. Iz te premise i proizlazi odrednica iz Direktive Vijeća Europe o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ): "*Mulj nastao pročišćavanjem otpadnih voda ponovno će se koristiti kad god je moguće*". Ovaj principijelan stav je nedvosmisleno ekološki najispravniji, jer jednostavno poštuje temeljno načelo kruženja tvari i energije.

Paradoksalno je da je ta odrednica danas najupitnija i da u vezi s njom postoji najviše ne-suglasja među državama EU i svijeta općenito. Nesuglasja se temelje više na negativnim očekivanjima negoli na iskustvenim činjenicama. Očito je da najrazvijenije države u EU teže tehnologijama materijalne uporabe mulja kroz njegovu totalnu dezintegraciju (uz maksimalno energetsko iskorištenje) te s korištenjem (recikliranjem) uporabljenog mulja (poljoprivredna i nepoljoprivredna tla, građevinarstvo i dr.) čime je zatvoren cjelokupni proces bez emisija onečišćenja u okoliš i po mogućnosti male količine inertnog ili bezopasnog otpada. Rezultati dosadašnje prakse pojedinih zemalja, regija, jedinica lokalne samouprave u svijetu, kao i pojedinih analiza provedenih u Hrvatskoj, nedvojbeno su pokazali ekonomsku isplativost usvajanja koncepcije regionalnog rješavanja mulja, s većim UPOV-ima kao regionalnim centrima za obradu mulja i njegovo daljnje korištenje ili odlaganje. Objektivno su pred donositeljima odluke dvije temeljne dileme: opredijeliti se za rješenje u kojem će se muljevi prethodno obraditi u proizvode koji su pogodni za korištenje na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama, ili za različite varijante termičke obrade. Mišljenja za i protiv svakog pojedinog rješenja su brojna.

Upotreba mulja na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama u brojnim se zemljama diljem svijeta i EU ocjenjuje najisplativijim rješenjem. Isto tako, takva se praksa s današnjeg gledišta ocjenjuje dugoročno vrlo neizvjesnom, neovisno o činjenici da se većina mulja generiranog u EU rješava na taj način. Zakonska regulativa u pogledu propisivanja maksimalno dopuštenih koncentracija onečišćujućih tvari u mulju i tlu kontinuirano se pooštjava, pritisci javnosti na politiku također su u brojnim zemljama sve veći, a to djelomično rezultira činjenicom da pojedine zemlje napuštaju (npr. Njemačka) ili nastoje napuštati takvu praksu. Osim toga, sve je veća svijest građana i struke vezana uz potencijalne rizike za ljudsko zdravlje i okoliš (sadržaj onečišćujućih tvari u mulju koji se danas ne ispituje i nije propisan zakonskom regulativom – antibiotici, droge, kontracepcija, složeni organski spojevi i dr.). Može se očekivati da bi se održivost takvih rješenja s upotrebom mulja na poljoprivrednim i nepoljoprivrednim površinama povećala uz kvalitetne izmjene i dopune zakonske regulative (direktiva koje propisuju način korištenja mulja, njegovu klasifikaciju i dr.) te prisutnost na tržištu pouzdanih tvrtki koje imaju stabilne cijene usluga i velike ugovorene poljoprivredne i nepoljoprivredne površine za korištenje mulja. Zbunjuje međutim činjenica kako neke države (čak i visokorazvijene zemlje EU i svijeta) imaju dugu tradiciju u takvom načinu postupanja s muljevima, a druge tu praksu napuštaju (npr. Njemačka) ili su je već u potpunosti napustile (npr. Nizozemska i Švicarska).

Postupci termičke obrade mulja (spaljivanje, piroliza, uplinjavanje) su postupci s primarnim ciljem materijalne uporabe mulja i sprječavanja nastanka većih količina te vrste otpada. Termičkom obradom mulja višestruko se smanjuje ukupna količina otpada, što nije moguće

postići niti jednim drugim načinom obrade, jer od mulja preostaje samo fiksni anorgan-ski dio. Za dobiveni proizvod u procesu termičke obrade mulja, pepeo, postojeća praksa i iskustva pokazuju da postoji tržište koje ga je spremno prihvati kao sirovину (prije svega građevinarstvo u proizvodnji betona i betonskih elemenata, ciglane za proizvodnju opeke, građevinske tvrtke za izgradnju prometnica, nasipa i dr.). Uz navedeno, postupci termičke obrade mulja nalaze se visoko u hijerarhiji otpada, prema EU direktivi. Pritom se ističe velika zabluda u javnosti da se postupcima termičke obrade mulja obavlja energetska uporaba mulja, koja se nalazi pri dnu hijerarhije otpada. Pretvorba energije iz mulja unutar samih procesa termičke obrade samo je dodatna korist koja ta tehnološka rješenja čini energetski i ekonomski prihvatljivijima.

Odabir konkretnih tehnoloških rješenja obrade mulja i načina njegovog korištenja ili odlaganja u svim je pojedinačnim slučajevima pod lupom javnosti i zasigurno niti jedno rješenje neće biti prihvaćeno od strane svih dionika. Ovim se radom ne favorizira niti jedno tehnološko rješenje obrade mulja, kao niti bilo koji način njegovog korištenja ili odlaganja. Cilj rada je iznijeti pregled sadašnje svjetske prakse gospodarenja muljem s UPOV-a s posebnim naglaskom na zemlje EU, pri čemu autori ističu da se svaka praksa koja se nalazi u okvirima zakonske regulative ocjenjuje dobrom, jer se njome rješava mulj na legalan način. Pitanje je samo u tome, postoji li za svaki od razmatranih konkretnih primjera ekonomski, ekološki i socijalno povoljnije rješenje? Stoga je preporuka u budućnosti ne povoditi se direktno za postojećom praksom pojedinih zemalja, regija ili jedinica lokalne samouprave, već studio-zno pristupiti iznalaženju optimalnog rješenja za svaki pojedinačni slučaj, vodeći računa o brojnim utjecajnim čimbenicima.

## Zahvala

Ovaj je rad financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom "Zbrinjavanje pročišćenih za- uljenih otpadnih voda i mulja s UPOV-a u opekarskoj industriji – proizvodnja novog opekar-skog proizvoda u okviru kružne ekonomije - (IP-2019-04-1169)".

## Literatura

- [1] Jamshidi, A., Mehrdadi, N., Jamshidi, M.: Application of sewage dry sludge as fine aggregate in concrete. J. Envir. Stud. Vol. 37, No. 59, 2011.
- [2] Vouk, D., Malus, D., Tedeschi, S.: Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Građevinar, 63 (2011) 4, pp. 341-349.
- [3] Nakić, D., Vouk, D., Štirmer, N., Serdar, M.: Gospodarenje muljem s UPOV-a - novi uvid u mogućnosti njegove uporabe kao zamjenskog cementnog materijala, Građevinar, 70 (2018) 4, pp. 277-286.
- [4] Milieu Ltd: Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land, Final Re- port, Part III: Project Interim Reports, Brussels, 2010.
- [5] Nowak, O., Kuehn, V., Zessner, M.: Sludge management of small water and wastewater treatment plants, Water Science and Technology, 48 (2003), pp. 11-12...33-41.
- [6] Vouk, D., Malus, D., Nakić, D.: Zbrinjavanje mulja s UPOV-a: Pregled svjetske prakse i smjernice za učinkovitija rješenja u Hrvatskoj, Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji, HGVIK, pp. 1-35, 2016.

- [7] Vouk, D.: Novelacija studijske analize prihvatljivih postupaka zbrinjavanja mulja iz Centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, 2019.
- [8] Eurostat: Sewage sludge production and disposal, [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?lang=en&dataset=env\\_ww\\_spd](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?lang=en&dataset=env_ww_spd) (06.08.2019.).
- [9] Umweltbundesamt: Sewage sludge management in Germany, Dipl.-Ing. Benjamin Wiechmann, Dipl.-Ing. Claudia Dienemann, Dr. Christian Kabbe, M. Sc. Simone Brandt, Dr. Ines Vogel, Dr. Andrea Roskosch. Germany, 2013.
- [10] Umweltbundesamt: Sewage Sludge Disposal in the Federal Republic of Germany, Andrea Roskosch, Patrick Heidecke, German Environmental Agency, Germany, 2019.
- [11] Europaeische Wirtschaftsdienst GmbH: Report Klaerschlamm, pp. 7-8, 2010.
- [12] Müller, H.: Wastewater sludge management under Austria's federal framework, IWA: Water 21, pp. 32-33, 2009.
- [13] Statistisches Bundesamt: Pressemitteilung Nr. 490/2010, Njemačka, 2010.
- [14] Schmelz, K.G.: Sludge Management in Germany with focus on the legal framework, Holistic Sludge Management 2016. Malmo, Švedska, 2016. <http://h24-files.s3.amazonaws.com/195497/838480-hCm9M.pdf>
- [15] Krüger, O., Adam, C.: Monitoring von Klärschlammverbrennungsaschen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zur Ermittlung ihrer Rohstoffrückgewinnungspotentiale und zur Erstellung von Referenzmaterial für die Überwachungsanalytik, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Umweltforschungsplan, Herausgeber Umweltbundesamt, Berlin, 2014.
- [16] Mecklenburg-Vorpommern: Zukunftsähige behandlung unt entsorgung von klaerschlamm in mecklenburg-vorpommern, Ministerium fur Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz MV, pp. 67, 2013.
- [17] Fels, T.: Ermittlung der Kosten, die mit einem Ausstieg/Teilausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung verbunden wären; Studie für das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein; witra-kiel GbR; Universität Kiel, 2005.
- [18] Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung (Klärschlammverordnung – AbfKlärV), BGBl. I S. 3465, Bonn, 27.09.2017.
- [19] Kroiss, H.: Sewage sludge processing and management perspectives in Europe; Institute for Water Quality Resource an Waste Management-Wiena University of technology, Problems and Solutions in WWTP Sludge, Sofia, 2016.
- [20] Ligetvari, F., Zsabokorszky, F., Kovács, K., Zsirai, I.: Wastewater Treatment and Sludge Utilisation in Hungary, Journal of Environmental Science and Engineering B4, pp. 141-171, 2015.
- [21] Izvještaj Agencije za okoliš o članku 16, paragraf 2 Uredbe o načinima obnove otpada iz pročišćavanja otpadnih voda kroz korištenje u poljoprivredi, Sofija 2018. godina.
- [22] ESPP eNews br. 14. - kolovoz 2017. godine, <https://phosphorusplatform.eu/scope-in-print/news/75-enews/1511-enews14>.
- [23] Waste Management Plan of the Czech Republic for the period 2015 – 2024, Ministry of the Environment Prague, November 2014.
- [24] Bodík, I., Kubaská, M.: Municipal Sewage Sludge Management in the Slovak Republic— Actual Status and Perspectives; DEStech Publications, Inc, Journal of residuals science & technology, 10 (2013) 4, pp. 153-159.
- [25] URL1: <https://www.linkedin.com/company/cambithp/?originalSubdomain=lu>
- [26] URL2: <http://cambi.staging01.reaktorutv.no/our-references/plants/europe/netherland/tilburg/>

- [27] 40 CFR Part 503 - Standards for the use or disposal of sewage sludge, Environmental Protection Agency, USA, 1993.
- [28] URL3: <http://css.umich.edu/factsheets/us-wastewater-treatment-factsheet>
- [29] URL4: <http://www.calrecycle.ca.gov> (State of California, Department of Resources Recycling and Recovery CALRecycle, Organic Materials Management)
- [30] URL5: <https://varazdinske-vijesti.hr/aktualno/varkomovim-korisnicima-besplatne-vrece-komposta-dobivenog-od-otpadnog-mulja-35264/>
- [31] Narodne novine NN 66/16, Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.
- [32] Trbojević, V.: Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji, HGVIK, Bol na Braču, 2019.
- [33] Narodne novine NN 117/14, Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada.
- [34] URL6: <https://zadarski.slobodnadalmacija.hr/4-kantuna/clanak/id/626278/>
- [35] Tedeschi, S.: Zbrinjavanje mulja otpadnih voda, Workshop: RESCUE, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, 2015.
- [36] Schaum, C.A.: Verfahren für eine zukünftige Klärschlammbehandlung- Klärschlammkonditionierung und Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammrasche, Schriftenreihe WAR, TU Darmstadt 185, 2007.
- [37] Dockhorn, T.: Stoffstrommanagement und Ressourcenökonomie in der kommunalen, Abwasserwirtschaft, TU Braunschweig 74, ISSN 0934-9731, 2007.
- [38] IWA Publishing: Phosphorus in Environmental Technology – Principles and Applications, Valsami-Jones Eugenia, 2004.
- [39] Swedish Government. Svenska miljömål -för ett effektivare miljöarbete (Swedish environmental goals -for an efficient environmental work). Proposition 2009/10:155, Regeringen (Swedish Government), Stockholm, Sweden, 2009.
- [40] Finnson, A.: Holistic Sludge Management in a Swedish, Scandinavian and European perspective, Swedish Water&Wastewater Association, Holistic Sludge Management 2016. Malmö, Švedska, 2016.
- [41] URL7: <https://net.hr/danas/hrvatska/opasni-mulj-otpadnih-voda-ponovno-se-gomila-u-zagrebu-madariblokirali-uvoz-hoce-li-ga-ponovno-bacati-po-livadama-i-poljima/>
- [42] URL8: <https://english.sta.si/2669239/slovenia-facing-sewage-sludge-issue-as-hungary-reportedly-stops-imports>
- [43] URL9: <https://hungarytoday.hu/socialists-warn-of-continued-sewage-sludge-imports/>
- [44] Vouk, D., Nakić, D., Šiljeg, M., Petković, I.: Izvedivost THP procesa obrade mulja na postojećim i novim UPOV-ima // Book of abstracts - 8<sup>th</sup> International Conference Water for All / Habuda-Stanić, Mirna (ur.). Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, pp. 26-26, 2019.
- [45] Vouk, D., Konosić, L., Petković, I.: Primjena THP procesa na UPOV-ima – Primjer na UPOV-u Rijeku // Zbornik radova - Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode(ur. Biondić, D., Holjević, D., Vizner, M.), Rijeka : Hrvatske Vode, pp. 1057-1070, 2019.
- [46] Mountouris A., Voutsas, E., Tassios, D.P.: Plasma gasification of sewage sludge: Process development and energy optimization, Energy Conversion and Management, 49 (2008) 8, pp. 2264-2271.
- [47] Abubakar, M.A., Abu Hassan, M.A., Abdulkarim, B.I.: Thermal Plasma: A Technology for Efficient Treatment of Industrial and Wastewater Sludge; IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) e-ISSN: p 2319-2402, ISSN: 2319-2399, 10 (2016) 11, Ver. IV, pp. 63-75.

- [48] Ho, G.S., Faizal, H.M., Ani, F.N. Microwave induced plasma for solid fuels and waste processing: A review on affecting factors and performance criteria, *Waste Management*, 69 (2017), pp. 423-430.
- [49] Tic, W.J., Guzialovska-Tic, J., Kruczek, H., Woznikiowski, E.: Novel Concept of an Installation for Sustainable Thermal Utilization of Sewage Sludge, *Energies* 11 (2018) 4, pp. 748.
- [50] Verma B.K., Rajeshkannan, E., Renganathan, T., Pushpavanam, S.: A Hybrid Thermo-Kinetic Model for High Temperature Plasma Gasification, *AIChE Journal*, Volume 64, Issue 7, 2018.
- [51] Ramos A., Teixeira, C.A., Rouboa, A.: Environmental Assessment of Municipal Solid Waste by Two-Stage Plasma Gasification, *Energies*, 12 (2019) 1, Article 137, pp. 1-16.
- [52] Raheem, A., Sikarwar, V.S., He, J., Dastyar, W., Dionysiou, D.D., Wang, W., Zhao, M.: Opportunities and Challenges in Sustainable Treatment and Resource Reuse of Sewage Sludge: A Review, *Chemical Engineering Journal*, 337 (2018), pp. 616-641.
- [53] Thornberg, D., Nielsen, L.K., Jørgensen, P.: The future of sludge management in Copenhagen, *Holistic Sludge Management 2016*. Malmö, Švedska, 2016.



## **Rekonstrukcija i dogradnja putničkog terminala Zračne luke Split**

Autor:  
**Hrvoje Patekar, dipl. ing. građ.**

Kamgrad Ltd.  
Zagreb, Ul. Josipa Lončara 1h

## Rekonstrukcija i dogradnja putničkog terminala Zračne luke Split

Hrvoje Patekar

### Sažetak

Ovaj rad prikazuje jedan od dosada najvećih investicijskih projekata u Dalmaciji i veliki građevinski projekt čija je dogradnja i rekonstrukcija trajala 2,5 godine. Izgradnjom novoga putničkog terminala i rekonstrukcijom postojećega dobio je grad Split novu zračnu luku koja udovoljava njegovim potrebama i u najopterećenijim danima turističke sezone. Novi terminal suvremenim i modernim izgledom dostoјanstveno predstavlja grad Split i Republiku Hrvatsku te je najvećim dijelom financiran vlastitim sredstvima Zračne luke Split d.o.o. Konstrukcija i oblik idejnog rješenja zajedno su integrirani višedimenzionalnim pristupom. Projekt je ujedinio urbanizam, arhitekturu, konstrukciju, funkcionalnost te zračni i cestovni promet. Izgradnja novog terminala i rekonstrukcija starog putničkog terminala Zračne luke Split je inovativna i složena. Obuhvaća različite tipove građevina, a projekt konstrukcija je izrađen u skladu s pravilima struke. Ova zračna luka nesumnjivo će pridonijeti turističkoj promidžbi naše zemlje i dala je vrijedan doprinos dalnjem razvoju graditeljstva u Hrvatskoj.

**Ključne riječi:** zračna luka, grad Split, novi putnički terminal, zračni promet, konstrukcija

## Reconstruction and upgrading of the passenger terminal Split Airport

### Abstract

This paper presents one of the largest investment projects in Dalmatia so far and a major construction project whose extension and reconstruction took 2,5 years. With the construction of the new passenger terminal and the reconstruction of the existing passenger terminal, the city of Split now has a new airport that meets its needs even during the busiest days of the tourist season. The new terminal, with its modern appearance, represents the city of Split and Croatia with dignity and is mostly funded from its own sources by Split Airport Ltd. The construction and design are integrated together with a multidimensional approach. The project united urbanism, architecture, construction, functionality, air and road transport. The construction of the new terminal and the reconstruction of the old passenger terminal at Split Airport are innovative and complex. It covers different types of structures, and the design of the construction is made in accordance with the applicable rules of the profession. This airport will undoubtedly contribute to the tourist promotion of our country and has made a valuable contribution to the further development of the construction in Croatia.

**Key words:** airport, city of Split, new passenger terminal, air traffic, construction

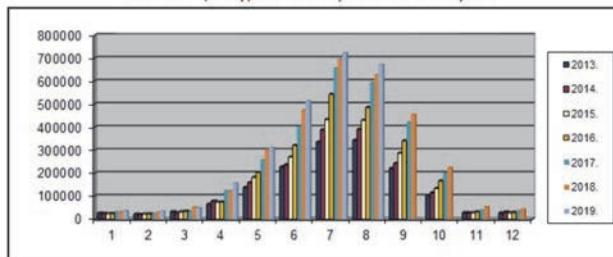
## 1 Uvod

Najveća investicija u Dalmaciji od 2017. do 2019., sve do početka gradnje Pelješkog mosta, bio je projekt proširenja Zračne luke (ZL) Split vrijednosti oko 450 milijuna kuna, što ga je svrstalo među najznačajnije investicije na državnoj razini. Izgradnja ZL Split se izdvaja po činjenici da se financira najvećim dijelom vlastitim sredstvima, dijelom izravno s osnova ostvarene dobiti, a dijelom kreditom HBOR-a. Po složenosti i strukturi u rangu je izgradnje terminala zračne luke u Zagrebu i u Dubrovniku koje su prethodile ovome projektu. Zadnji put proširenje putničkog terminala ZL Split bilo je 2005., ali je izgrađen još u vrijeme Mediteranskih igara u Splitu 1979. godine Zračna luka Split unatrag nekoliko godina imala je sve veći porast broja putnika i zračnog prometa. Upravo je zato bilo nužno graditi novi terminal uz rekonstrukciju već postojeće zgrade. Za 2015. godišnji promet ZL Split iznosio je 1 955 000 putnika, a vršno opterećenje svake godine javljalo se tijekom turističke sezone kada je kapacitet postojeće zgrade bio nedostatan za osiguranje kvalitetne usluge. Tijekom 2018. kroz splitsku je zračnu luku prošlo 3.124.000 putnika, što je rekordni promet, ali nakon završetka novog terminala predviđanja su kako će u 2019. biti ostvaren rekordni promet oko 3.300.000 putnika.

Ukupni broj putnika u razdoblju 2013. - 2019.

	sij	velj	ožu	tra	svi	lip	srp	kol	ruj	lis	stu	pro	total
2013	27188	22522	33135	66279	139710	228657	335931	344492	222368	103609	29213	28329	1581734
2014	26044	21530	27580	79284	159485	236923	389368	392077	243761	116013	28485	32107	1752657
2015	24561	23335	33091	74950	182627	271006	433927	430777	268036	135163	29273	26652	1955400
2016	25958	23830	35131	75525	204595	321545	544263	486581	341405	167632	32829	30693	2289987
2017	30423	23932	33828	123230	257445	403586	657059	593709	421122	198150	39552	36143	2818176
2018	33699	30631	53165	124352	304135	474646	695509	628024	455585	225383	54856	44072	3124067
2019	36360	34825	50037	156381	310809	513706	723048	672261					2497427

Grafikon 1. Ukupni broj putnika u razdoblju od 2013. - 2019. - mjesечно



Slika 1. Statistički podaci o broju putnika u Zračnoj luci Split u periodu 2013. - 2019. godine [3]

Razvojni plan ZL Split izradila je tvrtka NACO (Netherlands Airport Consultants B.V., broj 071229, od 18.07.2005.). Predviđeno je da se u skladu s porastom prometa izvrši dogradnja zgrade putničkog terminala u etapama. Zračna luka Split u postojećem stanju je u cijelosti locirana neposredno sjeverno iznad državne ceste D409 (stara cesta Split - Trogir), na površini od približno 95 ha. Novim projektom je predviđeno širenje kompleksa zračne luke neposredno južno od D409, tako da bi ukupna površina zračne luke iznosila oko 105 ha. Cjelokupno zemljište na kojem je planirana realizacija ovog zahvata u vlasništvu je Zračne luke Split d.o.o.

Rekonstrukcija i dogradnja ZL Split usklađena je s predviđenim porastom zračnog prometa i broja putnika uz usklađivanje s visokom razinom sigurnosti i kvaliteti usluga te osiguranje uvjeta za realizaciju standarda Europske unije (EU), tj. osiguranje uvjeta prema **Šengenskom sporazumu** za međunarodni granični prijelaz. Realiziran je i sigurnosni pregled prtljage u skladu sa Standardom 3 EDS koji propisuje EU. [1]

Gradnja je započela u siječnju 2017., a uporabna dozvola za prvi dio građevine, koji obuhvaća novu zgradu za prijam i otpremu putnika – A2 (nova građevina), dio stajanke za zrakoplove – D (rekonstrukcija), prometne površine ispred putničke zgrade i priključke na državnu cestu D409 (rekonstrukcija), autobusni terminal – B1 (nova građevina), pješački most – B2 (nova građevina), parkiralište za osobna vozila s južne strane D409 (nova građevina), pravnicu i brzi servis osobnih vozila – C (nova građevina), dobivena je 11. srpnja 2019. Planirana prva etapa je dakle završena u srpnju 2019. kada je dovršeno preseljenje u novi terminal, a za drugu etapu rekonstrukcije postojeće zgrade planiran je dovršetak do kraja 2019. Cjelokupni zahvat obuhvatio je površinu otprilike 125.000 m<sup>2</sup>. Projekt je uključio u prvoj fazi izgradnju novog putničkog terminala, izgradnju parkirališta za osobne automobile s ukupno 900 parkirališnih mjesta, autobusnog terminala s 50 parkirališnih mjesta i pješačkog mosta preko državne ceste D409, a druga faza uključuje rekonstrukciju postojeće putničke zgrade i dogradnju postojećeg trijema ispred zgrade terminala.

Novi terminal sastoji se od pet etaža (podrum, suteren, prizemlje, prvi kat, galerija), sada s ukupno novih 35.000 m<sup>2</sup> te uz već postojeću zgradu može primiti i do 2500 putnika u najopterećenijim satima turističke sezone. tj. oko 30. 000 putnika dnevno.

#### **Sudionici u gradnji:**

- investitor: Zračna luka Split d.o.o. – predstavnik investitora Joško Tadin, dipl.ing.el.
- glavni projektant: Ivan Vulić, dipl.ing.arh.
- projektant arhitektonskog projekta: Ivan Vulić, dipl.ing.arh., suradnik – Ivan Radeljak, dipl.ing.arh.
- projektant građevinskog projekta: prof.dr.sc. Jure Radnić, dipl.ing.građ.
- projektant vodovoda i kanalizacije: Ivo Žuvela, dipl.ing.stroj.
- projektant strojarskih instalacija: Vlado Nigojević, dipl.ing.stroj.
- projektant elektrotehničkog projekta: Vlatko Šokota, dipl.ing.el.
- nadzor: Interkonzalting d.o.o.
- izvođači: Kamgrad d.o.o. (glavni izvođač) te KFK d.o.o. i Viadukt d.d.



**Slika 2. Vizualizacija situacije – dogradnja i rekonstrukcija ZL Split**

**Legenda:**

- |   |  |
|---|--|
| 1 - nova zgrada terminala – A2                                | 7- autobusni terminal – B1;  |
| 2 - rekonstrukcija postojeće zgrade putničkog terminala – A1; | 8 - pješački most za vezu glavne zgrade i autobusnog terminala – B2; |
| 3 - vanjska stubišta;   | 9 - trijem na parkingu uz autobusni terminal;                        |
| 4 - most za vezu stajanke i zgrade terminala;                 | 10 - praonica i brzi servis osobnih vozila – C;                      |
| 5 - kula;   | 11 - parkiralište za osobna vozila s južne strane D409;              |
| 6 - dogradnja postojećeg trijema ispred zgrade terminala;     | 12 - parkiralište i prometne površine sjeverno od D409               |

## 2 Prometni položaj građevine

Lokacija građevine nalazi se u Kaštelima, KO Kaštel Štafilić te manjim dijelom KO Trogir uz državnu cestu D409. Postojeći objekti putničkog terminala su smješteni sjeverno od navedene državne ceste, a rekonstrukcijom i dogradnjom proširit će se i na južnu stranu te ceste. Namjena građevine je prihvat putnika u domaćem i međunarodnom zračnom prometu s pratećim uslužnim sadržajima ZL Split.

Priključak građevne čestice na javnu cestu Kaštela – Trogir osiguran je internom prometnicom na jugoistoku. Glavni pristup putnika i vozila je s jugoistočne strane nove zgrade terminala, a na sjeverozapadnoj i sjevernoj strani je stajanka za zrakoplove te uzletno-sletna staza. Kolni i pješački pristup na veliko parkiralište Zračne luke je s jugoistočne strane, preko odvojka koji se spaja na prometnicu Kaštela – Trogir. Prometni položaj je unaprijeđen tijekom rekonstrukcije povećanjem prometnih kapaciteta zračne luke (izgradnja putničkog terminala), povećanjem kapaciteta parkirališta za prihvat osobnih vozila i putnika (izgradnja parkirališta i autobusnog terminala južno od državne ceste). [1]

## 3 Ugovor i izvođači radova

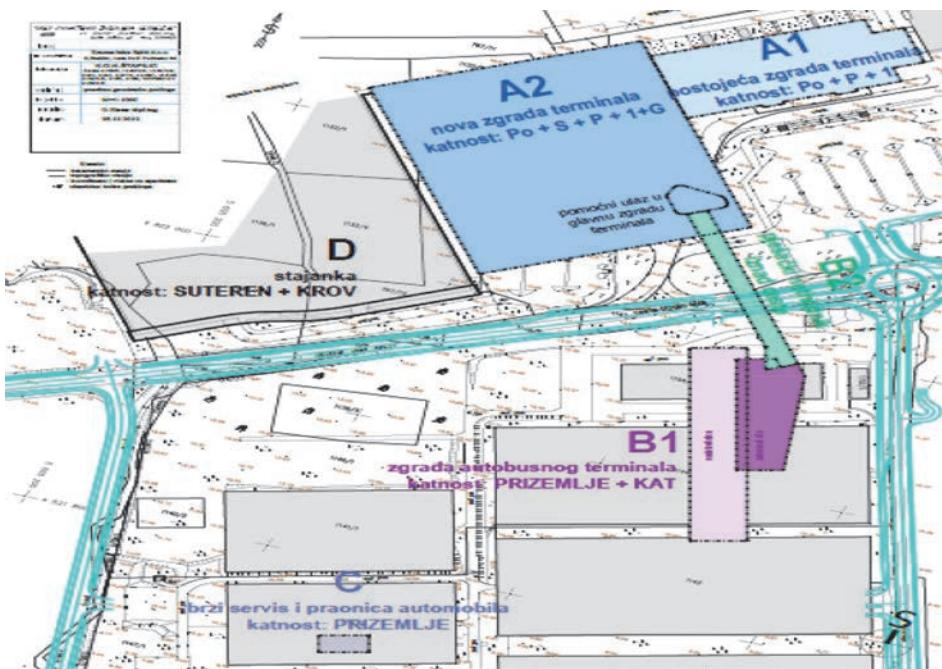
Nakon provedenog postupka javne nabave, u prosincu 2016. potpisana je Ugovor o izvođenju radova između Zračne luke Split d.o.o. i zajednice ponuditelja koju čine tvrtke Kamgrad d.o.o., KFK d.o.o. i Viadukt d.d. Voditelj zajednice ponuditelja je tvrtka Kamgrad d.o.o. iz Zagreba.

Članovi zajednice međusobno su sklopili ugovor o poslovnoj suradnji i zajedničkom nastupu kojim su definirali međusobna prava i obveze te udjele u radovima (Kamgrad – 94,15 %, Viadukt – 3,76 %, KFK – 2,09 %). Nakon 3 mjeseca od početka izvođenja radova tvrtka Viadukt se povukla s gradilišta i ubrzo završila u stečaju. Radove koje je trebao izvoditi Viadukt preuzeo je Kamgrad te je gradilište cijelo vrijeme funkcionalo i nije došlo do zastoja radova.

## 4 Izgradnja ZL Split po fazama

Rekonstruirani i dograđeni putnički terminal složena je građevina i predstavlja sklop više međusobno funkcionalno i/ili tehnološki povezanih građevina, a to su:

- postojeća zgrada za prijam i otpremu putnika, A1 – rekonstrukcija
- nova zgrada za prijam i otpremu putnika, A2 – nova građevina
- dio stajanke za zrakoplove, D – rekonstrukcija
- dogradnja postojećeg trijema ispred zgrade terminala
- prometne površine ispred putničke zgrade i priključci na državnu cestu D409 – rekonstrukcija
- autobusni terminal, B1 – nova građevina
- pješački most – spoj putničkog i autobusnog terminala preko državne ceste D409, B2 – nova građevina
- parkiralište za osobna vozila s južne strane D409 – nova građevina
- praonica i brzi servis osobnih vozila, C – nova građevina



Slika 3. ZL Split rekonstrukcija i dogradnja putničkog terminala – pregledna situacija [1]

Građevinska dozvola nije predviđala izvođenje radova u fazama, što bi značilo da je potrebno završiti sve radove i na izgradnji novog terminala i rekonstrukciji postojećega te nakon toga provesti tehnički pregled i ishoditi uporabnu dozvolu. Navedeno bi značilo da je nužno u određenom periodu zatvoriti zračnu luku i prestati s radom (u vrijeme rekonstrukcije postojećeg terminala), a istodobno se ne bi mogao koristiti novi terminal. Zbog toga je ishode na izmjena i dopuna građevinske dozvole kojom se predviđa izdavanje zasebnih uporabnih dozvola:

- prve uporabne dozvole: nakon izgradnje zgrada A2, B1, B2 i C te izgradnja prometnih površina zahvat sjever i zahvat jug
- druge uporabne dozvole: nakon rekonstrukcije zgrade A1 (postojeći putnički terminal) i dogradnja trijema ispred zgrada terminala

Izmjena i dopuna građevinske dozvole također uključuje prilagodbu na sadašnji režim korištenja putničkog terminala – tranzicijsko razdoblje (dok Republika Hrvatska ne uđe u "šengenski prostor"). Nova zgrada terminala projektirana je za funkcioniranje u "šengenskom" režimu. Kako je izgradnja dovršena, a Hrvatska još nije postala članica "šengenskog prostora", bilo je također nužno napraviti određene izmjene u projektu, ali istodobno omogućiti prelazak na novi način rada praktički u 24 sata.

Time je omogućeno da se nakon izgradnje prvoga dijela građevine (sve građevine i radovi osim rekonstrukcije postojeće zgrade terminala – A1) provede tehnički pregled građevine i ishodi uporabna dozvola. Nakon dobivanja uporabne dozvole za prvi dio građevine, ti objekti se počinju koristiti i postupno se omogućuje izvođaču ulazak u sve prostore postojećeg terminala kako bi se mogla dovršiti i njegova rekonstrukcija te pristupiti drugom tehničkom pregledu te nakon dobivanja uporabne dozvole omogućiti korištenje svih građevina.

## 5 Prikaz dijelova građevine

Tijekom rekonstrukcije i dogradnje putničkog terminala ZL Split učinjeni su sljedeći zahvati:

1. Sa sjeverne strane državne ceste D409:
  - dogradnja nove putničke zgrade – A2
  - rekonstrukcija postojeće putničke zgrade – A1
  - rekonstrukcija dijela stajanke – D
  - dogradnja postojećeg trijema ispred zgrade terminala
  - rekonstrukcije na prometnim površinama postojećeg parkirališta
  - ukidanje postojećeg zapadnog kolnog ulaza u zračnu luku
  - izvedba novog kolnog ulaza u zračnu luku s planiranog rotora na državnoj cesti D409
  - izvedba servisnog ulaza sa zapadne strane stajanke
  - povezivanje sadržaja sjeverno i južno od državne ceste pješačkim nathodnikom – B2.
  -
2. S južne strane državne ceste D409:
  - izgradnja autobusnog terminala – B1
  - izgradnja parkirališta za osobne automobile
  - izgradnja pronaice i brzog servisa – C.

## 5.1 Postojeća zgrada putničkog terminala: A1 – rekonstrukcija

Namjena građevine ostaje nepromijenjena, tj. prihvat i otprema putnika u domaćem i međunarodnom zračnom prometu s pratećim uslužnim sadržajima i putničkim terminalom ZL Split. Postojeća zgrada ostat će nepromijenjenog gabarita, ali će se dijelom izmijeniti sadržaji:

- U prizemlju zgrade prihvat i otprema putnika («check in»), kao i dolazak putnika i preuzimanje prtljage bit će ukinut
- Navedeni prostori bit će dijelom prenamijenjeni za prihvat i otpremu osoblja zrakoplova i VIP putnika, zatim u trgovine, prostor za osoblje, prvu pomoć, sanitarni čvor, garderobru. U dijelu uz glavno predvorje bit će smješteno nekoliko šaltera za provjeru prtljage («check in»), pregled i otprema krupne prtljage, osobni pregled sumnjive prtljage
- Kat zgrade ostat će zapravo u istoj funkciji (međunarodni odlasci "non-schengen"), orijentiran pristupom iz nove zgrade preko punkta za kontrolu putovnica. Veza eskalatorom i stubama između kata i prizemlja bit će ukinuta.
- Podrumski dio: sortirnica za prtljagu bit će ukinuta i prenamijenjena dijelom u skladišta, dijelom u komunikaciju prema novoj sortirnici u dograđenoj zgradbi, a južni dio podruma ostat će nepromijenjen
- Visina zgrade: Po + P + 1K
- Visine vijenca 10,30 m od kote ulaza (a.k. 18,20 m), odnosno -3,67 m do poda podruma
- Zgrada ima ravni krov
- Osnovna vertikalna i horizontalna konstrukcija zgrade je čelična, osim podruma koji je armiranobetonски
- Svi prostori bit će prekriveni sprinklerskim uređajima [1].

## 5.2 Nova zgrada putničkog terminala: A2 – dogradnja uz postojeći putnički terminal

Nova zgrada, koja je smještena između postojeće putničke zgrade na istoku i nove stajanke na zapadu, preuzela je većinu funkcija postojeće zgrade. Zgrada je kompaktni ostakljeni kubus i čini "L" oblik sa postojećom zgradom. Na spoju krila je glavna dvorana s pratećim sadržajima, *check-in*, infopunkt, turistička ponuda, trgovine i sl. Hol visinom seže do krova te je natkriven dijelom svjetlarnikom izgrađenim od drvenih lameliranih nosača prekrivenih ETFE (etilen tetrafluoroetilen) jastucima punjenih zrakom. Hol predstavlja križanje svih komunikacija u zgradbi i mjesto susreta.

- Visina novoprojektirane zgrade: Po + S + P + 1K + G
- Visine vijenca 14,75 m od kote ulaza (a.k. 18,20 m), odnosno -6,60 m do poda podruma (-2)
- Zgrada ima ravni krov
- Osnovna vertikalna i horizontalna konstrukcija je armiranobetonska skeletna monolitna: stupovi, grede i ploče. Nosiva konstrukcija dogradnje je dilatirana od postojeće zgrade jer je takvo rješenje konstrukcijski opravdano i racionalno. Naime, kako je postojeći objekt izrazito dug u smjeru istok-zapad, eventualna dogradnja bez dilatacije značajno bi mu povećala temperaturne utjecaje

- Krovna konstrukcija je čelična rešetkasta
- Svi prostori prekriveni su sprinklerskim uređajima [1].

Osnovna namjena etaža:

- podrum: razvrstavanje i manipulacija putnim torbama u odlasku, osoblje
- suteren: razvrstavanje i manipulacija putnim torbama u dolasku, zaštitni pregled, sklađišta, tehnički blok
- prizemlje: prihvat putnika u odlasku te prihvat putnika u dolasku, mjesto kontrole putovnica s pripadajućim sadržajima graničnog prijelaza, prostorije za rad drugih državnih tijela (prostorije za carinsku kontrolu), prostor za preuzimanje dolazne prtljage, ured za izgubljenu prtljagu, sanitarni čvorovi, uredi, banka
- prvi kat: zaštitni pregled putnika, čekaonice i otprema putnika u odlasku, trgovine, uredi i ugostiteljstvo
- galerija: ugostiteljstvo, terasa za putnike, odjeljak za posebne usluge putnicima (*business salon*), tehnički blok.

Putnici mogu pristupiti putničkoj zgradi preko sadašnjeg parkirališta smještenog između postojeće zgrade i ceste D409 te preko pješačkog mosta koji povezuje parkiralište za osobna vozila i autobuse južno od ceste D409. [1]

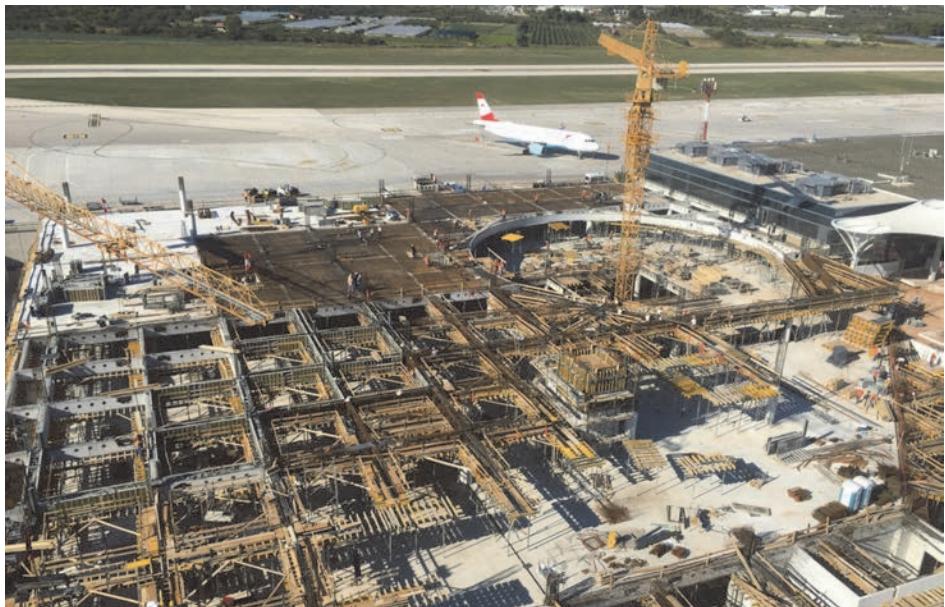
#### **5.2.1. Osnovni podaci o nosivoj konstrukciji – novi putnički terminal A2**

Glavna nosiva konstrukcija petoetažne nove zgrade terminala je armiranobetonska. Horizontalnu konstrukciju tvore betonske ploče i grede. Vertikalnu konstrukciju tvore betonski stupovi koji s gredama formiraju prostorni okvirni sustav za prijenos vertikalnih i horizontalnih opterećenja. Krovnu konstrukciju tvori prostorna čelična rešetka, formirana od kružnih čeličnih cijevi, koja je zglobno oslonjena na betonske stupove.



Slika 4. Temelji novog terminala

U dijelu krova nalazi se drvena kupola, koja je po obodu oslonjena na prostornu čeličnu rešetku. Zakrivljeni nosači drvene kupole, položeni u dva međusobno okomita smjera, izvedeni su iz lijepljenog lameliranog drva. Na jugoistočnom dijelu zgrade, neposredno iza pješačkog nathodnika, lociran je samostalni (dilatirani) volumen tzv. kula s laganom čeličnom rešetkastom konstrukcijom. Stubišta uz sjeverno i zapadno pročelje nove zgrade terminala također su izvedena iz lagane čelične rešetkaste konstrukcije (obodne stijenke) i čeličnih limova (stubišni kraci i podesti) [2].



Slika 5. Armiranobetonska konstrukcija novog terminala



Slika 6. Montaža čelične krovne konstrukcije



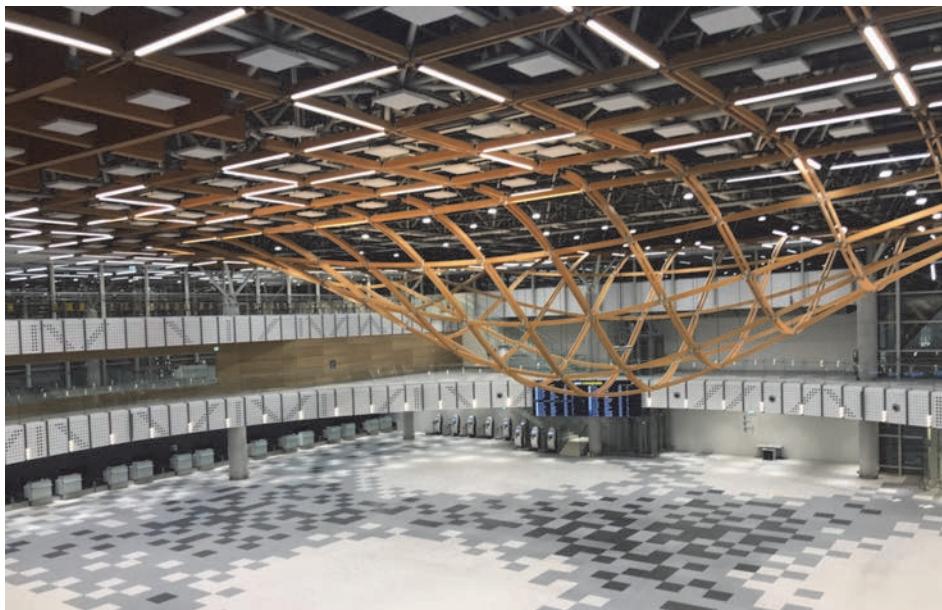
Slika 7. Montaža drvene krovne kupole

### 5.2.2. Odlazak putnika

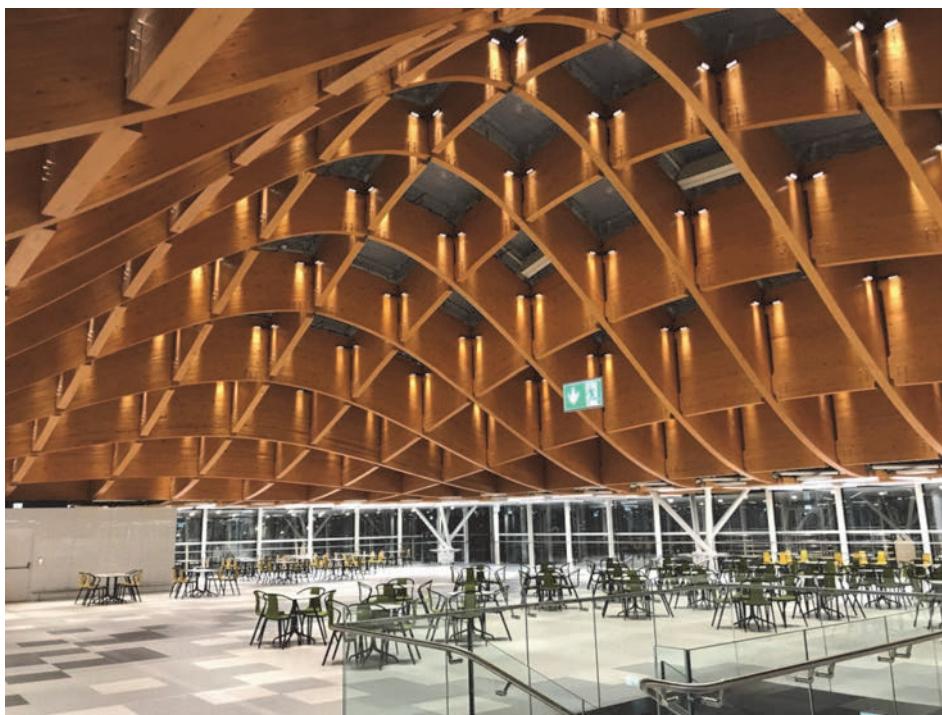
Prihvata putnika u odlasku obavlja se u glavnoj dvorani. Putnici se na "check in" mjestima prihvaćaju, preuzima se njihova predana prtljaga te se potom usmjeravaju na zaštitni pregled na katu u dograđenom dijelu zgrade. Pristup katu omogućen je stubama, pokretnim stubama i dizalima. Zaštitni pregled putnika i ručne prtljage obavlja se na katu zajedno za sve putnike. Nakon zaštitnog pregleda, svi putnici ulaze u prostor odlazaka gdje mogu koristiti ugostiteljske usluge, kupovati u trgovinama i koristiti se uslugama u "business" salonu koji se nalazi na galeriji i kojem se pristupa stubištem.

Domaći putnici iz prostora čekaonice nakon kontrole ukrcajnog kupona i identifikacije izlaze na jednom od dva izlaza te se stubištem spuštaju ispred putničke zgrade odakle pješice ili autobusom budu ispraćeni do zrakoplova parkiranih na stajanci.

Međunarodni putnici pristupaju pregledu putovnica prije ulaska u čekaonicu odlazaka. Iza mjesta za kontrolu putovnica postavljeno je i mjesto za carinski nadzor putnika. Međunarodni putnici mogu se također unutar čekaonice koristiti ugostiteljskim uslugama i kupovati u trgovini. Iz prostora čekaonice putnici nakon kontrole ukrcajnog kupona i identifikacije izlaze na jednom od devet izlaza te se stubištem spuštaju ispred putničke zgrade odakle pješice ili autobusom budu ispraćeni do zrakoplova parkiranih na stajanci.

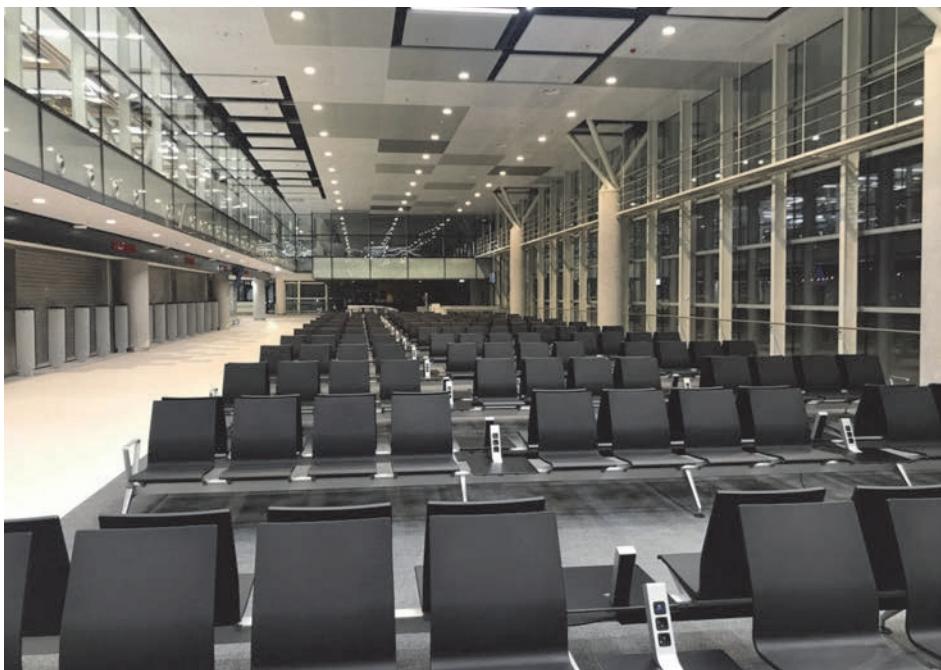


Slika 8. Ulazni hol s "check-in" zonom



Slika 9. Ugostiteljski sadržaji ispod drvene kupole

Postoji i izlaz za osobe s invaliditetom koje se kontrolirano uvodi do dizala kojim se spuštaju ispred putničke zgrade gdje se ukravaju u "ambu-lift" vozilo pomoću kojeg se odvode i ukravaju u zrakoplov. Nakon ulaska Republike Hrvatske u šengenski prostor promijenit će se pozicije graničnog prijelaza i organizirati novi tokovi putnika, a svi preduvjeti za brz prelazak na novi režim izvedeni su u sklopu ovog projekta. Predana prtljaga se transportnim trakama proslijeđuje u podrum gdje se zaštitno pregledava, sortira i otprema vozilima (u kontejnerima ili pojedinačno) u zrakoplove. [1]



Slika 10. Čekaonica odlaznog terminala

### 5.2.3. Dolazak putnika

Putnici u dolasku se razvrstavaju, ovisno o vrsti leta:

- domaći (kasnije "šengen")
- međunarodni (kasnije "nonšengen")

Međunarodni putnici prolaze pregled putovnica, a zatim ulaze u prostor za preuzimanje predane prtljage. Domaći putnici direktno ulaze u prostor za preuzimanje predane prtljage, odnosno putnici u transferu mogu ući na kat u zonu odlazaka kako ne bi morali ponovno prolaziti zaštitni pregled. Uz zgradu, ispod trijema iz suterena, putne torbe se dopremaju transportnim trakama u prizemlje u prostor za dolazeće putnike gdje ih putnici preuzimaju s kružnih traka. Za izvengabaritnu prtljagu predviđeno je teretno dizalo, koje tu prtljagu doprema u prizemlje u prostor za preuzimanje. [1]



Slika 11. Prostor za preuzimanje dolazne prtljage

#### 5.2.4. Granični prijelaz

Granični prijelaz u dolasku smješten je na ulazu u putničku zgradu sa strane stajanke za zrakoplove. Granični prijelaz ima:

- prostorije za službene potrebe
- čekaonicu
- prostorije za zadržavanje sa sanitarnim čvorom
- prostor za pregled osoba i stvari
- prostoriju za tražitelje azila
- skladište za oduzete predmete
- skladište opreme
- prostorije za rad policijskih službenika
- prostor za komunikacijsku opremu
- prostorije za rad drugih državnih tijela.

Granični prijelaz pri odlasku smješten je na katu i nalazi se na ulazu u čekaonicu za međunarodne (kasnije "nonšengen") putnike. Kad Hrvatska postane dio šengenskog prostora pozicija graničnog prijelaza preselit će se na drugu poziciju na istom katu. Granični prijelaz za posadu zrakoplova i VIP goste smješten je u prizemlju u istočnom dijelu postojeće zgrade [1].



Slika 12. Granični prijelaz

### 5.3 Dogradnja postojećeg trijema ispred zgrade terminala

Dogradnja trijema ispred postojeće zgrade terminala ima potpuno istovjetnu konstrukciju kao i postojeći trijem, čelična stabla između kojih je razapeta napeta membrana. Svi temelji su od armiranog betona. Oslonjeni su većim dijelom na čvrste lapore te manjim dijelom na dobro zbijeni šljunak [2].

### 5.4 Dio stajanke za zrakoplove: D – rekonstrukcija

- Visina građevine: S + stajanka za zrakoplove (ravna krovna terasa)
- Visina vijenca 5,50 m (a.k. 19,90 m) od kote ulaza (a.k. 14,40 m)
- Zgrada ima ravni krov
- Osnovna vertikalna i horizontalna konstrukcija zgrade je armiranobetonska skeletna
- Gabariti i konstrukcija građevine ostala je nepromijenjena
- Ugrađeni agregati za zgradu terminala A2 [1].

### 5.5 Prometne površine ispred putničke zgrade i priključci na državnu cestu D409

Dio postojećih parkirališta u zapadnom dijelu preuređen je za autobusna stajališta. Zapadni izlaz na državnu cestu je ukinut, a formiran je novi ulaz preko planiranog rotora na državnoj cesti D409. Na zapadnom rubu stajanke napravljen je novi servisni ulaz [1].

## 5.6 Zgrada autobusnog terminala: B1 - nova građevina

Ispod državne ceste D409 smješten je autobusni terminal, za prihvat i otpremu putnika te parkiralište za autobuse. Stajanke za autobuse su natkrivene. Nadstrešnica je spojena sa zgradom koja je zatvorenim mostom preko državne ceste D409 spojena s glavnom zgradom terminala. Visinska razlika je sviđana stubama i eskalatorima, a za invalide su ugrađena osobna dizala. U sklopu zgrade su uredi za iznajmljivanje vozil (rent-a-car) i uredi putničkih agencija, kafe-bar te sanitarni čvor.

- Visina zgrade: P + 1K
- Visine vijenca iznosi 12,0 m (a.k. 23,80 m) od kote ulaza u zgradu (a.k prizemlja 11,80 m)
- Krov zgrade je kombinacija ravnih i kosih ploha [1].



Slika 13. Zgrada autobusnog terminala

### 5.6.1. Konstrukcija zgrade autobusnog terminala – B1

Glavna nosiva konstrukcija jednoetažne zgrade autobusnog terminala većim je dijelom armiranobetonska i manjim dijelom čelična. Horizontalne konstrukcije tvore betonske ploče i grede, a vertikalne stupovi i zidovi. Stupovi i grede tvore prostorni nosivi okvir. Čelična konstrukcija je locirana na dijelu spoja zgrade i pješačkog nathodnika. Trijem ispred zgrade autobusnog terminala ima složenu nosivu konstrukciju. Donji dio stupova izrađen je od betona. Gornji dio stupova i grede, koje sa stupovima tvore prostorni okvir, izrađeni su od čelika. Pokrov trijema je membrana od tvrdog PTFE (politetrafluoretilen) platna, napeta između rubnih čeličnih zatega i vrhova stupova. Između tjemena membrane i čeličnih zatega nalazi se čelični jarbol. Čelične grede su međusobno zglobno povezane po sredini razmaka stupova [2].



Slika 14. Nadstrešnica ispred autobusnog terminala

### 5.8 Pješački most – spoj putničkog i autobusnog terminala preko državne ceste D409: B2 – nova građevina

Da bi se osigurala topla veza sadržaja južno od D409 s glavnom zgradom terminala napravljen je zatvoreni nathodnik, pješački most s pokretnim mehaničkim pješačkim stazama, preko državne ceste D409 dužine 120 m. Most povezuje kat autobusnog terminala s prizmlijem putničke zgrade. Osnovna konstrukcija mosta je čelična rešetka. Temelji i potpornji su armiranobetonski. Nosiva konstrukcija pješačkog nathodnika za vezu nove zgrade terminala i zgrade autobusnog terminala je čelična. Stupovi nathodnika djelomice su od čelika, a dijelom od betona [1].



Slika 15. Montaža čelične konstrukcije pješačkog nathodnika preko državne ceste D409



Slika 16. Pješački nathodnik

## 5.9 Parkiralište za osobna vozila južno od D409

Na površini od otprilike 3 ha uređeno je parkiralište za osobna vozila, uključivo i za osobe smanjene pokretljivosti.



Slika 17. Parkiralište za osobna vozila južno od D409

## 5.10 Praonica i brzi servis osobnih vozila: C – nova građevina

U sklopu parkirališta s južne strane D409 napravljena je ručna praonica osobnih vozila te brzi servis za manje popravke, zamjenu ulja, tekućina i sl.

- Visina zgrade: P
- Visine vijenca iznosi 5,50 m (a.k. 14,50 m) od kote ulaza u zgradu (a.k prizemlja 10,00 m)
- Krov zgrade je ravna ploha

Osnovna vertikalna i horizontalna konstrukcija zgrade je armiranobetonska skeletna. Vertikalnu konstrukciju čine stupovi, a horizontalnu grede u dva smjera te križno armirane ploče [1].

## 6 Konstrukcijske karakteristike građevine i korišteni materijali

Tijekom izgradnje novog terminala i rekonstrukcije postojećega izgrađene su zgrade, mostovi i nadstrešnice, primijenjeni su različiti nosivi sustavi: štapni, plošni, membrane, kupole i kabeli te različite vrste konstrukcija: armiranobetonske, čelične, drvene, spregnute, napete membrane i užad te kombinirane [2]. Korištena osnovna gradiva:

- beton: C30/37, C40/50, C50/60; zaštitni slojevi 2,5-5 cm
- betonski čelik: B500B
- konstrukcijski čelik: S355 J2+N, S235; toplo-valjani profili, zavarena izvedba, antikorozivna zaštita (EN 12 944); klasa izvedbe EXC3 i EXC4 (EN 1090-2), zaštita od požara vatrootpornim premazom (60, 90 min)
- lamelirano drvo: klasa GL 24h, trnovi INOX A4, čelični limovi S355 J2+N (pocinčano)
- napeto platno: PTFE platno.

Utrošak glavnih gradiva:

- beton: 27.000 m<sup>3</sup>
- betonski čelik: 4500 t
- konstrukcijski čelik: 2900 t
- lamelirano drvo: 350 m<sup>3</sup>
- napeto platno: 5000 m<sup>2</sup>.

## 7 Ispitivanje konstrukcija probnim opterećenjem

Prema tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN 17/2017), određene konstrukcije treba ispitati probnim opterećenjem prije uporabe građevine kako bi se utvrdilo i ocijenilo njihovo ponašanje u odnosu na projektom predviđene pretpostavke. Ispitivanja probnim opterećenjem su nužna kako bi se mogla ishoditi uporabna dozvola. Program ispitivanja probnim opterećenjem izradio je prof. dr. sc. Jure Radnić, dipl.ing.građ., koji je bio i projektant glavnog projekta konstrukcije. Probnnim opterećenjem trebalo je ispitati:

- pješački most za vezu glavne zgrade i autobusnog terminala – B2
- most za vezu stajanke i zgrade terminala
- drvenu krovnu kupolu
- trijem na parkiralištu uz autobusni terminal
- čeličnu krovnu konstrukciju glavne zgrade terminala.

Nakon provedenih ispitivanja, zaključak je da su izmjereni pomaci manji od proračunskih. Nema zaostalih pomaka (elastično ponašanje). Nema nedostataka na konstrukciji (pukotine, oštećenja i sl.). Sve konstrukcije se ponašaju u skladu s projektom konstrukcija.

## 8 Izazovi tijekom građenja

Naručitelju je, osim uspješnog dovršetka izgradnje svih građevina, iznimno važno bilo da kroz čitav period izvođenja radova Zračna luka nesmetano funkcioniра. Postojala i odredba u ugovoru da se radovi mogu bilo kad zaustaviti na zahtjev naručitelja, ali do toga nije došlo ni u vrijeme

najintenzivnije turističke sezone. Čak ni visoke ljetne temperature ili bura u hladnjim mjesecima nisu smetali izvođačima radova. Radovi nisu zaustavljeni niti na jedan dan, a tijekom gradnje poduzete su sve mjere zaštite zračnog prometa. Sve je to pridonijelo da tijekom više od dvije godine građenja nije bilo niti jedno kašnjenje zrakoplova uzrokovano situacijom na gradilištu ZL Split. Premještanje u novi terminal radi rekonstrukcije staroga izvedeno je, također bez ikakvoga utjecaja na rad Zračne luke. Trebalo je samo uskladiti izvođenje radova s funkcioniranjem postojećeg terminala (npr. izvođenje pojedinih radova noću kad nema letova). Osim toga, iznimno je bila zahtjevna organizacija predmontaže i montaže čelične konstrukcije sa stajanke u ljetnom periodu kad je promet bio najintenzivniji. Specifični su bili i zahtjevi i sama tehnologija montaže drvene krovne kupole. Zbog svoje duljine i zakrivljenosti, većina glavnih nosača nije se mogla transportirati u jednom dijelu s mesta proizvodnje, nego je izrađena iz dva dijela. Nakon dostave na gradilište, na predmontažni prostor na dijelu stajanke, trebalo je montirati limove i spojiti dva dijela nosača te ugraditi limove na krajevima preko kojih se nosač oslanja na čeličnu krovnu konstrukciju. Zbog visokih ljetnih temperatura, to se je izvodilo noću te bi se nosači preko dana štitili od Sunčevoga utjecaja kako ne bi došlo do njihove deformacije prije montaže. Sama montaža izvodila se dizalicom od 500 t s područja stajanke, što je također zahtjevalo usklađivanje sa svim službama Zračne luke kako se ne bi ugrozio zračni promet.

## **9. Zaključak**

Najveće gradilište u Dalmaciji od 2017. do 2019. godine bila je rekonstrukcija i gradnja novog putničkog terminala druge najprometnije zračne luke u Hrvatskoj – Zračne luke Split. Projekt je od strateške važnosti za cijelu Splitsko-dalmatinsku županiju kao i cijelu Republiku Hrvatsku jer je Zračna luka Split planiranom rekonstrukcijom dobila novi terminal od 35.000 m<sup>2</sup> čime je uz postojeći osigurala visoku razinu usluge za 2500 putnika u vršnome satu turističke sezone. Ukupni kapacitet i kvaliteta usluge značajno su povećani. Poznato je da u posljednje dvije godine, unatoč radovima koji su bili u tijeku, Zračna luka Split ruši svoje povijesne rekorde u broju putnika. Zračna luka Split učinjenom rekonstrukcijom i dogradnjom sada udovoljava raznim međunarodnim normama koje su propisane s ciljem uspješnog održavanja najviše moguće razine sigurnosti u zračnom prometu. Ovaj rad opisuje sve izazove gradilišta Zračne luke Split.

## **Zahvala**

Zahvaljujem svim kolegama iz Kamgrada, konzorsijskim partnerima KFK i Viaduktu, podizvođačima, investitoru, projektantima, revidentima i nadzornim inženjerima na dobroj i uspješnoj suradnji tijekom intenzivnog i uspješnog razdoblja gradnje ovog projekta.

## **Literatura**

- [1] Vulić, I.: Glavni projekt – Mapa A.1 – arhitektonski projekt, 2014.
- [2] Radnić, J.: Glavni projekt – građevinski projekt, 2014.
- [3] <http://www.split-airport.hr>