

# Pristup projektovanju arhitektonskih objekata otpornih na klimatske promene

Saja Kosanović<sup>1\*</sup>, Branislav Folić<sup>2</sup> i Ana Radivojević<sup>3</sup>

\* Autor za korespondenciju

1 Fakultet tehničkih nauka – Arhitektura, Univerzitet u Prištini sa sedištem u Kosovskoj Mitrovici, e-mail: saja.kosanovic@pr.ac.rs

2 Fakultet tehničkih nauka – Arhitektura, Univerzitet u Prištini sa sedištem u Kosovskoj Mitrovici, e-mail: branislav.folic@pr.ac.rs

3 Arhitektonski fakultet, Univerzitet u Beogradu, e-mail: ana@arh.bg.ac.rs

## APSTRAKT

Česte promene vremenskih uslova i ekstremni vremenski i klimatski događaji uzrokuju brojne direktne i indirektno posledice u građenoj sredini, povećavaju mogućnost pojave katastrofa i, shodno tome, stvaraju nove izazove savremenoj arhitekturi. Okvir projektantskog usmerenja na ublažavanje klimatskih promena, odnosno na održive, na prvom mestu energetske efikasne zgrade, tako treba proširiti da bi se ojačao njihov kapacitet da podnose manifestacije promene klime dok istovremeno zadržavaju svoju upotrebljivost. Radi oblikovanja zgrada sa optimalnim performansama u odnosu na karakteristike sadašnje i buduće klime potreban je scenario otpornosti. Ovaj rad analizira složenost i dinamiku klimatskih promena kao ključne faktore u oblikovanju strategije za projektovanje zgrada otpornih na delovanje klime. Na osnovu značaja sagledanih rizika, varijabilnosti i neizvesnosti u vezi sa klimatskim promenama, u radu se izvodi opšti projektantski okvir, obrazlaže značenje termina *transponovani regionalizam* i diskutuje odnos između otpornosti i adaptacije zgrada u (ne)izvesnoj klimatskoj budućnosti.

## KLJUČNE REČI

uticaj, rizik, opasnost, ranjivost i izloženost klimatskim promenama; scenario otpornosti i adaptacije; projektantski odgovor

## 1 Uvod: Projektantski odgovori na klimu naspram promene klime

Iako su se namene i tipološke karakteristike arhitektonskih objekata usložnjavale tokom istorije, projektantski odgovor na potrebu da se obezbedi sklonište od (promenljivih) spoljašnjih uticaja opstao je kao jedna od osnovnih karakteristika izgrađenog prostora. Primeri vernakularnih struktura, projektantskih strategija i tradicionalnog načina života iz različitih krajeva sveta omogućavaju da se istraže metode iz prošlosti pomoću kojih je klima uspešno tretirana u oblikovanju i korišćenju prostora. Tako su u klimatskim zonama sa značajnim promenama temperature tradicionalno praktikovane promene mesta boravka korisnika u okviru istog objekta na dnevnom nivou, sezonske selidbe između različitih objekata sagrađenih u različitim klimatskim regionima, odnosno migracije uz pomoć pokretnih struktura. Drenažni sistemi, strmi krovovi, izdignuti objekti i sezonske selidbe između susednih, ali na različite načine oblikovanih objekata, u okviru istog domaćinstva, predstavljali su tradicionalne odgovore na padavine i varijacije u padavinama. Da bi se obezbedila zaštita od neželjene toplote, u tradicionalnoj arhitekturi su korišćene sledeće mere: optimizacija gustine izgrađenosti naselja; optimizacija orijentacije i organizacije prostora, te odnosa između površine i zapremine, i drugih karakteristika omotača objekata; izbor materijala sa odgovarajućim toplotnim svojstvima; balansiranje toplotne mase objekata; korišćenje elemenata za solarnu kontrolu; uvođenje pasivnog rashlađivanja unutrašnjeg prostora putem prirodnog ventilisanja; različite tehnike oblikovanja otvorenog prostora oko objekata; i dr. Kišnica je sakupljana i skladištena radi obezbeđivanja snabdevanja vodom tokom sušnih perioda. U svrhu zaštite unutrašnjeg prostora od hladnoće, tradicionalni graditelji su optimizovali orijentaciju objekata i karakteristike omotača, birali adekvatne (i dostupne) materijale, organizovali unutrašnji prostor na odgovarajući način i primenjivali tehnike akumulacije toplote i izolovanje, uključujući i pokrivanje zemljom (Kosanović, 2007; Radivojević, Roter-Blagojević, & Rajčić, 2012).

Moderno oblikovanje i nove tehnologije omogućili su nezavisnost od spoljašnjih uslova, postavili jaku barijeru između zgrade i spoljnog prostora (Levin, 2003) i promenili način na koji je klima tretirana pri projektovanju. Nakon pojave mnoštva arhitektonskih pravaca, specifičnih projektantskih eksperimenata i teorijskog istraživanja, pri čemu je ponegde bio prisutan i klimatski pristup (npr., Olgyay, 1963), poslednjih decenija 20. veka je, paralelno sa prepoznavanjem obrazaca neželjenih promena u okruženju, ustanovljena generalna tendencija da se tradicionalne tehnike i savremene tehnologije ujedine u zajednički skup projektantskih mera koje predstavljaju odgovor na spoljne klimatske uslove. Od ovog perioda su, međutim, registrovane promene klimatskih obrazaca postale u toj meri značajne i učestale da se definicija klime kao prosečnog vremena za određeno područje i period, određenog obično tokom 30-godišnjeg intervala (NASA, 2005), može dovesti u pitanje. U novim uslovima, tradicionalno shvatanje klime kao stabilnog polaznog parametra pri projektovanju gubi kredibilitet, pa se shodno tome i značenje pojma *klimatsko projektovanje* menja.

Istovremeno se može zaključiti da razmatranje karakteristika klime pri projektovanju više nije samo pitanje postizanja energetske efikasnosti i pripadajuće održivosti, već osnovni preduslov za obezbeđivanje operabilnosti zgrada tokom dužeg vremenskog perioda.

Pri formulisanju odgovora na promenu klime, pred projektantima su sledeći izazovi:

- nepredvidljivost kao osnovno svojstvo fenomena promene klime,
- veća verovatnoća pojave ekstremnih vremenskih i klimatskih događaja u regijama u kojima se oni nisu ranije javljali, što menja opseg mogućih direktnih uticaja na zgrade,
- veća verovatnoća pojave oštećenja strukture zgrada i poremećaja u njihovom funkcionisanju, usled dejstva promene klime,
- uvećana potražnja za energijom i izraženije potrebe da se odezbedi komfor u zgradama i da se spreče moguće negativne posledice po zdravlje korisnika, kao i potreba da se revidiraju i reintegrišu metode oblikovanja i održavanja unutrašnjeg komfora usled zahteva da se da doprinos održivosti i ublažavanju promene klime, i
- brojne prateće, otežavajuće ekološke, socijalne i ekonomske okolnosti koje nastaju usled manifestacija promene klime, a koje indirektno utiču na formulisanje arhitektonskog projekta.

Aktuelna literatura i istraživački rad koji se bavi adaptacijom na promenu klime uvode mnoštvo termina, definicija, koncepata i pristupa, pretežno sa uskog naučnog stanovišta. Opšte je prihvaćeno, međutim, da uspeh u pružanju odgovora na promenu klime prvenstveno zavisi od uspeha u prepoznavanju i delovanju u skladu sa složenošću i dinamikom promene klime. Tako ovaj rad ima za cilj da istraži fundamentalne naučne činjenice u vezi sa rizicima, varijabilnošću i neizvesnošću u pogledu promene klime, da kroz diskusiju odredi njihov značaj u projektovanju arhitektonskih objekata, te da razvije integrativni pristup pružanju odgovora na klimatske promene mapiranjem scenarija i predlaganjem okvira generičke otpornosti zgrada na promenu klime.

## 2 **Određivanje značaja složenosti i dinamike promene klime**

Peti Izveštaj procene, koji je izradio Međuvladin panel za klimatske promene (IPCC, 2014), ukazuje na široko rasprostranjene uticaje promene klime na prirodne i ljudske sisteme na svim kontinentima. Tokom poslednjih decenija, atmosfera i okeani su postali topliji, ledeni pokrivač i glečeri su izgubili deo svoje mase, nivoi mora su porasli, količine leda i snega su smanjene, poremećeno je globalno kruženje vode u prirodi i registrovani su različiti ekstremni vremenski i klimatski događaji (IPCC, 2014). U budućnosti će klima nastaviti da se menja i da utiče na sisteme planete, a manifestacije promene će biti specifične za svaku regiju (Champagne & Aktas, 2016).

Promena klime menja način na koji ljudi organizuju svoje svakodnevne aktivnosti i koriste materijalizovane prostore. Očekivani nastavak promene klime i buduće promene u intenzitetu i učestalosti njenih manifestacija će uticati na to da se vreme provedeno u zatvorenom prostoru produži (na primer, tokom toplih ili hladnih talasa) i da se u skladu sa tim postave novi projektantski zahtevi. Imajući u vidu upotrebnost zgrada, izvesno je da će zgrade koje se grade danas u budućnosti biti izložene znatnim manifestacijama promene klime (de Wilde & Coley, 2012). Projekti novih zgrada treba da odgovore kako na sadašnje tako i na buduće varijabilnosti i uticaje, uključujući tople i hladne talase, olujne vetrove, suše, požare, poplave, povećanje nivoa mora, pa čak i klizišta (Pacheco-Torgal, 2012).

Pri projektovanju, složenost promene klime treba tretirati kroz mere koje se podjednako odnose i na ublažavanje negativnih promena i na adaptaciju. Uspeh u smanjenju uticaja na ekološke, socijalne i tehničke sisteme tokom različitih vremenskih perioda može se osigurati samo istovremenim intervencijama u okviru dva komplementarna pristupa – ublažavanja i adaptacije – kojima su obuhvaćeni smanjenje emisija gasova staklene bašte, sposobnost prilagođavanja na štetne uticaje promene klime i klimatska otpornost (IPCC, 2014; United Nations, 2015). U cilju izrade projekata zgrada koje se uspešno adaptiraju i koje su otporne, sada i u budućnosti, potrebno je analizirati rizike, neizvesnost i varijabilnost promene klime.

## 2.1 Razmatranje rizika klimatskih promena

Specifičnosti i intenzitet uticaja promene klime i njenih manifestacija zasnivaju se na riziku koji zavisi od povezanih opasnosti, izloženosti i ranjivosti (Crichton, 1999; IPCC, 2014). Stoga, procena rizika predstavlja korisno polazište za konceptualizovanje projektantskog odgovora na promenu klime (Gupta & Gregg, 2012). Roaf, Crichton, i Nicol (2009) su predstavili sledeću formulu za izračunavanje rizika koji potiču od uticaja promene klime:

(moguća) opasnost x ranjivost x izloženost = (mogući) uticaj.

Izloženost podrazumeva postojanje objekata na lokacijama, odnosno „mestima koja bi mogla biti pod uticajem fizičkih događaja i koja su, samim tim, izložena potencijalnim budućim štetama, gubicima ili oštećenjima“ (Lavell et al., 2012, str. 32), kao što su plavna područja ili zone klizišta. Ranjivost se odnosi na predispozicije zgrade da bude negativno pogođena uticajima koji potiču od manifestacija promene klime, odnosno na podložnost zgrade štetama i lošem funkcionisanju, kao i na ranjivost njenih korisnika. „Ranjivost je funkcija karaktera, magnitude i stope klimatskih promena, varijacija kojima je sistem izložen, njegove osetljivosti i adaptivnog kapaciteta“ (Wilson & Piper, 2010). Jasno je, dakle, da je smanjenje ranjivosti i izloženosti u sprezi sa projektantskim naporima da se dostigne otpornost zgrade na klimatske promene.

Za razliku od ranjivosti i izloženosti koje se odnose na ekološke, socijalne i tehničke sisteme pod uticajem promene klime, kao i na zgrade, opasnosti (vremenski i klimatski događaji) potiču iz prirode. U interakciji sa (ranjivim i izloženim) ekološkim, socijalnim i tehničkim sistemima, opasnosti deluju kao okidači uticaja koji se potencijalno pretvaraju u katastrofe (Kosanović, Hildebrand, Stević, & Fikfak, 2014). Ovi uticaji nastaju kao direktne ili indirektne posledice jedne ili više opasnosti koje se mogu javiti i u isto vreme i tako izazvati konjugaciju efekata. Na primer, suše su posledice odsustva padavina; poplave su posledice rasta nivoa mora, ekstremnih padavina ili brzog topljenja snega; klizišta i odroni su uzrokovani ekstremnim padavinama; kombinacija jakog vetra i padavina dovodi do pojave oluje; pojava požara je izglednija kada su jaki vetrovi udruženi sa ekstremno visokim temperaturama, a uz odsustvo padavina; itd. Tako opasnosti koje su u sprezi sa klimatskim promenama, njihove posledice, magnituda posledica i verovatnoća pojave posledica zajedno određuju značaj rizika (Gupta & Gregg, 2012) i projektantske strategije i mere.

U projektovanju zgrada, gde se prostorne granice delovanja obično preklapaju sa granicama parcele, samo neke opasnosti (kao što su, primera radi, ekstremno visoke ili niske temperature) mogu biti opsežnije adresirane, dok polja urbanističkog planiranja i projektovanja mogu pružiti značajniji doprinos redukciji rizika od drugih opasnosti povezanih sa manifestacijama promene klime (npr. od poplava). Prostorna uslovljenost, ograničenja i međuzavisnost odnosa ukazuju na potrebu da se redukovanje rizika klimatskih promena, smanjenjem ranjivosti i izloženosti, vrši istovremeno na različitim nivoima građene (socijalne) sredine. Čak i kada opasnost nije ekstremna, visok stepen ranjivosti i izloženosti povećava verovatnoću pojave katastrofalnih efekata (Lavell et al., 2012). Indirektno se na smanjenje opasnosti može delovati primenom nekih mera za postizanje održivosti. Na primer, smanjivanjem emisija gasova sa efektom staklene bašte u sadašnjem vremenu daje se doprinos ublažavanju budućih klimatskih promena.

## 2.2 Razmatranje neizvesnosti i varijabilnosti

Međuvladin panel za klimatske promene (IPCC, 2014) ukazuje da se korist od mera adaptacije može ostvariti i smanjenjem već postojećih rizika, tj. upravljanjem ranjivošću i izloženošću u odnosu na sadašnju varijabilnost klime. Na primer, najčešće katastrofe nastale usled klimatskih i vremenskih uslova na području Evrope u periodu od 1998-2008. godine bile su poplave, oluje, ekstremne temperature, požari i suše (Escarameia & Stone, 2013). Glavne pretnje koje zahtevaju kratkoročne akcije su ekstremne padavine, ekstremni letnji toplotni talasi, izloženost jakim padavinama i porast nivoa mora (European Commission, 2013a). Za razliku od sadašnje varijabilnosti klime, koja se može utvrditi i u skladu sa kojom se, samim tim, može delovati, izazov predstavlja težnja da se kroz sadašnje akcije smanje budućí rizici, posebno u pogledu pojave ekstremnih događaja koji će u značajnoj meri uticati na oblikovanje arhitektonskih objekata (Steenbergen, Koster, & Geurts, 2012).

Vremenski i klimatski događaji, koji su već ispoljeni na nekoj lokaciji, u budućnosti se možda neće javljati u istom obliku, sa istim intenzitetom ili istom učestalošću, a možda se tokom celog upotrebnog veka zgrade smeštene na toj lokaciji uopšte i neće pojaviti (Guan, 2009; Lavell et al., 2012). Sa druge strane, ranjivost je posebno naglašena u područjima koja prethodno nisu bila pogođena određenim klimatskim ili vremenskim događajima, ili njihovim posledičnim manifestacijama (Champagne & Aktas, 2016). Neizvesnost pri predviđanju budućih opasnosti otežava uključivanje principa otpornosti na klimatske promene u arhitektonsko projektovanje i otvara pitanje da li će karakteristike dodeljene nekoj zgradi biti adekvatne da se odupru budućoj promeni klime i njenim manifestacijama, što dovodi do zaključka da u proces projektovanja treba uključiti čak i rizik od ponašanja zgrade u budućnosti. Kratkoročno upravljanje rizicima može neplanirano uticati na buduće rizike i izmeniti njihovo sagledavanje (Lavell et al., 2012). Uticaj sadašnjih klimatskih promena na socijalne, ekološke i tehničke sisteme stvara dodatni rizik za budućnost. Čak i opis budućnosti, zajedno sa neizvesnošću koja je prati, stvara nove rizike (Eiser et al., 2012). Stanje „duboke neizvesnosti“, okarakterisano nedostatkom znanja ili nedostatkom konsenzusa u pogledu „(1) modela koji povezuju ključne sile koje oblikuju budućnost, (2) verovatnoće raspodele ključnih varijabla i parametara u ovim modelima, i/ili (3) obima alternativnih ishoda“ (Hallegatte, Shah, Lempert, Brown, & Gill, 2012, str. 2) tako predstavlja osnovni problem pri formulisanju projektantskog odgovora na klimatske promene. Pa, ipak, rezultati procene rizika, kao i predviđanja, projekcije i scenarija, tj. modeli i simulacije klimatskih promena predstavljaju osnovnu pomoć pri projektovanju. U tom smislu, korišćenje ‘robustnih’ metoda, koje su prikladne za uslove neizvesnosti, se može smatrati jednom od projektantskih vodilja za smanjenje ranjivosti. Specifičnosti zgrada i različito trajanje upotrebe građevinskih materijala i komponenata zahtevaju paralelno razmatranje više projekcija promene klime, kako u pogledu kraćih, tako i dužih klimatskih perioda (Gupta & Gregg, 2012). Istraživači dodatno prepoznaju, naglašavaju važnost i ulažu napore da razviju modele koji će, osim rizika od budućih događaja, obuhvatiti i antropogenu promenu klime, odnosno aktivnosti i trendove u socijalnoj i ekonomskoj sferi (Roaf et al., 2009), kao i prirodnu i prostornu varijabilnost. Kako je izgledno da će se način uzajamne interakcije zgrada i njihovih korisnika menjati zajedno sa promenom klimatskim uslova, ljudski faktor treba smatrati veoma važnim projektantskim parametrom (de Dear, 2006; de Wilde & Coley, 2012).

### 2.3 Razmatranje teritorijalne varijabilnosti klimatskih promena

Varijabilnost klimatskih promena je dvostruka i odnosi se kako na dugoročne i srednjoročne trendove promena (kao što su kontinualno povećanje prosečne temperature, izmene u obrascima padavina ili povećanje nivoa mora), tako i na ‘iznenađenja’, tj. na ekstremne događaje (poput oluja ili poplava) koji nisu unapred predviđeni. Za obe vrste manifestovane varijabilnosti, uticaje treba podjednako i istovremeno razmatrati na regionalnom, lokalnom i mikro prostornom nivou, zbog

širokog spektra uticajnih geografskih, razvojnih, ekoloških, socijalnih i ekonomskih faktora. Primera radi, globalno zagrevanje se u Evropi događa brže nego u drugim krajevima sveta (European Commission, 2013b). Prema projekcijama iz nekoliko različitih klimatskih modela, prosečna godišnja temperatura u Evropi će se tokom ovog veka povećati za 1-5.5°C. Iako projektovano povećanje temperature u Srbiji za isti vremenski period iznosi 2.6°C (Popović, Đurđević, Živković, Jović, & Jovanović, 2009), grad Beograd bi, uz projektovano povećanje prosečne temperature od 1.8°C do čak 7.5°C prema najgorem scenariju (Agencija za zaštitu životne sredine, 2009), do kraja 21. veka mogao postati znatno topliji od proseka, kako na nivou Evrope, tako i na nivou Srbije. Projektovano povećanje temperature u Beogradu ne proističe samo iz geografskog položaja, nego i od već izmenjenih klimatskih uslova (Kosanović & Fikfak, 2016). Na mikro prostornom nivou, stopa povećanja temperature će, kao u svakoj građenoj sredini, varirati u delovima grada, zbog morfoloških različitosti, vrste pokrivača tla, postojanja fenomena toplog gradskog ostrva (Emmanuel & Krüger, 2012; van der Hoeven & Wandl, 2015), faktora ozelenjenosti, karakteristika saobraćaja (Fikfak, Kosanović, Konjar, Grom, & Zbašnik-Senegačnik, 2017) i drugih specifičnosti. Stoga je, radi pružanja adekvatnog projektantskog odgovora na klimu koja se menja, neophodno uzeti u obzir klimatske modele i rezultate analiza rizika, primeniti principe regionalne arhitekture, obaviti opsežne analize trendova mogućih promena na lokalnom i mikro nivou, te utvrditi obrasce mogućih uticaja i interakcija opasnosti i ranjivosti na lokaciji na kojoj se planira zgrada (European Commission, 2013a; Lavell et al., 2012). Ovaj složeni proces se može elaborirati primenom različitih metoda (npr. Gupta & Gregg, 2012). U svakom slučaju, promene klime na regionalnom nivou zahtevaju modifikovanje pristupa regionalnoj arhitekturi. Za uspešno umanjeње ranjivosti arhitektonskih objekata, posebno dragocenim se smatra delovanje u skladu sa tradicijom i iskustvom, ne samo predmetnog, već i drugih regiona za koje su karakteristični oni klimatski trendovi, obrasci i događaji koji se javljaju ili su predviđeni da se pojave na predmetnom području.

### 3 Mapiranje okvira otpornosti arhitektonskih objekata na klimatske promene

Pružanje projektantskog odgovora na dinamiku klimatskih promena i profesionalno delovanje u skladu sa rizicima, neizvesnošću u varijabilnošću, kako bi se umanjili (sadašnji u buduću) uticaji, zajedno predstavljaju veoma složen izazov. Na osnovu činjenica prezentovanih u prethodnim poglavljima ovog rada, kojima se utire put mapiranju scenarija otpornosti, moguće je odrediti kritične stavke u metodologiji i procesu arhitektonskog projektovanja, a zatim i uspostaviti opšti okvir otpornosti, koji čine sledeće projektantske komponente i aktivnosti:

- celovito razumevanje karaktera mesta izloženog klimatskim promenama;
- primena principa regionalnog i 'transponovanog regionalnog' pristupa arhitektonskom projektovanju;

- istovremena primena dva komplementarna koncepta, a to su otpornost i adaptacija;
- razmatranje sadašnjih i budućih rizika klimatskih promena kroz primenu 'robustnog' pristupa;
- optimizacija i integrisanje projektantskih mera otpornosti i adaptacije arhitektonskih objekata sa merama koje se odnose na postizanje održivosti;
- optimizacija i integrisanje mera za postizanje otpornosti zgrada na klimatske promene sa merama otpornog i održivog urbanističkog planiranja i projektovanja; i
- integrisanje tehničko-tehnološke sa ekološkom, socijalnom i ekonomskom otpornošću.

Karakter mesta se menja usled uticaja klimatskih promena i mogućnosti pojave ekstremnih klimatskih i vremenskih događaja i njihovih posledica. Zbog toga je, osim analize niza polaznih podataka dobijenih iz studija procene rizika i modela klimatskih promena, pre projektovanja potrebno sprovesti i istraživanje lokalnih i mikro trendova, obrazaca uticaja i mogućih interakcija opasnosti, izloženosti i ranjivosti na lokaciji na kojoj se zgrada planira. Studije sadašnjih i prošlih arhitektonskih odgovora koji predstavljaju polazne osnove za projektovanje na predmetnoj lokaciji, na kojoj je pojava određenih efekata klimatskih promena u budućnosti izgledna, treba proširiti tako da se obuhvate i oni odgovori koji su dati na mestima na kojima su se te očekivane promene već manifestovale. Ovakav *transponovani regionalni pristup projektovanju* je naročito koristan pri davanju arhitektonskog odgovora na dugoročne i srednjeročne uticaje klimatskih promena.

Za definisanje konceptata – pristupa u opštem kontekstu prilagođavanja klimatskim promenama često se u literaturi koriste termini *otpornost* i *adaptacija*. Osnovna razlika između *koncepta otpornosti* i *koncepta adaptacije* je što se prvi odnosi na sposobnost sistema i njegovih komponentata da „predvidi, apsorbuje, prihvati ili da se oporavi od efekata potencijalno opasnog događaja na blagovremen i efikasan način, a uz očuvanje, obnavljanje ili poboljšanje ključnih, osnovnih struktura i funkcija” (Lavell et al., 2012, str. 34), dok drugi podrazumeva „proces prilagođavanja stvarnoj ili očekivanoj klimi i njenim efektima, kako bi se ublažila šteta i iskoristile pozitivne mogućnosti” (Lavell et al., 2012, str. 36). Priroda konceptata otpornosti i adaptacije je dakle komplementarna; oba se bave rizicima i neizvesnošću i oba teže održavanju stabilnosti ljudskih društava i njihovog fizičkog okruženja (Nelson, 2011). Pri projektovanju novih objekata, međutim, izvesno je da će otpornost preovladati nad adaptacijom, upravo zbog neizvesnosti u vezi manifestacija promene klime.

Kako bi se umanjio efekat neizvesnosti u pogledu budućih promena klime, ekstremnih događaja i njihovih manifestacija i posledica razvijen je 'robustan' pristup. Iako ne poseduje optimalno ponašanje u bilo kojem pojedinačnom scenariju (Bakker, 2015), robustno rešenje ima za cilj da ponudi dobre performanse u odnosu na više različitih prognoza budućih klimatskih promena (Dittrich, Wreford, & Moran, 2016), uključujući i najgori, tj. najviše pestimističan scenario koji razmatra ekstremne



klimatske promene. Ovakvo postavljanje prioriteta definiše cilj oblikovanja takvih arhitektonskih objekata, otpornih na promenu klime, koji u većoj meri odslikavaju robustna, a u manjoj optimalna rešenja (Bakker, 2015; Lavell et al., 2012). Osim ove strategije sa bezbednim marginama, robustni pristup obuhvata i primenu tzv. 'strategija bez kajanja' koje predupređuju netačne prognoze i omogućavaju očuvanje performansi nezavisno od klimatskih manifestacija, zatim strategija koje su fleksibilne i prilagodljive, kao i strategija sa skraćenim vremenskim horizontima odlučivanja, tj. strategija koje nude kratkoročna rešenja, što se na nivou zgrade odnosi na skraćeni vek upotrebe, naročito u područjima sa visokim stepenom izloženosti (Dittrich et al., 2016; Hallegatte et al., 2012). U tom smislu, postavlja se pitanje da li bi adaptivni kapacitet arhitektonskih objekata na klimatske promene trebalo nadgrađivati periodično, npr. svakih 50 godina? (Gupta & Gregg, 2012, str. 23) U okviru šireg shvatanja pojma otpornosti, koje obuhvata ne samo tehničko-tehnološki odgovor na promenu klime već i opsežne socijalne zahteve adaptivnog društva, uvodi se termin 'super otporne zgrade' i delovanje u skladu sa tvrdnjom da je 'bilo šta moguće u bilo kojem trenutku', kako bi se objasnilo da zgrade moraju da prihvate niz promena tokom svog upotrebnoeg veka, a ne samo one promene koje direktno potiču od manifestacija promene klime (Glass, Dainty, & Gibb, 2008).

U zavisnosti od pretnji koje su se već ostvarile ili su moguće (predviđene), direktan projektantski odgovor na klimatske promene se ugrađuje u funkcionalni, konstruktivni i estetski koncept zgrade, organizaciju i uređenje parcele, oblikovanje omotača, obezbeđivanje komfora, izbor građevinskih materijala i komponenata i dr. i, optimalno, u odluke koje se tiču postizanja održivosti. S druge strane, ovakav sistemski pristup omogućava da se odrede suprotstavljanja između različitih prostornih nivoa (Lavell et al., 2012) i da se na taj način adresiraju i one opasnosti i uticaji koji su van granica parcele. Naime, lokacija zgrade, kao i sama zgrada, lako mogu potpasti pod uticaj šireg spektra spoljnih ugrožavajućih okolnosti, zbog: širenja poplava; intenziviranja (rasprostiranja) efekta toplog gradskog ostrva; oštećenja na infrastrukturnim mrežama javnog snabdevanja resursima i upravljanja otpadom; sprečavanja pristupa kritičnoj infrastrukturi i prekida u snabdevanju hranom; ugrožavanja sanitetsko-zdravstvenih i higijenskih uslova; povećanja zagađenosti vazduha; erozije i aktiviranja velikih klizišta i odrona; negativnih promena na pokrivaču tla; migracija živih vrsta; pojave invazivnih vrsta; smanjenja biodiverziteta; itd. Sveobuhvatna otporna arhitektura, dakle, ima za cilj da uspešno odgovori kako na opasnosti koje direktno ugrožavaju samu lokaciju, tako i na opasnosti koje potiču van granica parcele. Iz ovog razloga, neophodno je prepoznati međuzavisnost projekata (da Silva, n.d.) između različitih prostornih nivoa, te mere za otpornost na klimatske promene na nivou zgrade optimizovati i uskladiti sa merama za postizanje održivosti i otpornosti u okvirima urbanističkog planiranja i projektovanja.

## 4 Diskusija i zaključak

Nakon održivosti, traganje za otpornošću dodaje još jednu, novu, dimenziju arhitektonskim objektima, stvara novi izazov arhitektama i redefiniše složenost procesa i metodologije projektovanja, zahtevajući transdisciplinarni i sistemski pristup, kao i uključivanje različitih, međusobno povezanih činilaca koji određuju buduće ponašanje zgrade izložene klimatskim promenama. Glavni cilj projektantskog odgovora na promenu klime je da se smanji rizik koji ovaj fenomen sa sobom nosi, odnosno da se uspešno prevaziđe problem višestruke neizvesnosti promene klime. Da bi se ovaj zacrtani cilj ostvario, neophodno je korišćenje novih podataka pri projektovanju, koji do sada nisu bili tipični u svakodnevnoj arhitektonskoj praksi.

Iako izgleda da je upravo neizvesnost ta koja upravlja, tj. otežava upravljanje oblikovanjem arhitektonskih objekata otpornih na promenu klime, ovakva situacija se može olakšati korišćenjem klimatskih modela i alata. Ipak, kako je projektovanju zgrada otpornih na promenu klime neophodno pristupiti tek nakon svobuhvatne analize lokalnog i mikro prostornog nivoa, može se zaključiti da je pružanje sveobuhvatnog arhitektonskog odgovora trenutno moguće samo na ograničenom broju lokacija. Jasno je da dalji razvoj klimatskih modela i alata koji će biti od koristi projektantima, posebno u zemljama u razvoju, predstavlja tehničku neophodnost sa socijalnom opravdanošću, imajući u vidu da zgrade predstavljaju socio-tehničke sisteme, tj. da tehnička otpornost naposljetku pripada socijalnoj otpornosti.

Neizvesne manifestacije klimatskih promena, naročito ekstremnih događaja koji sa sobom nose najveće rizike po zgrade, te nedovoljna dostupnost klimatskih modela i neslaganja u vezi tačnosti budućih projekcija, u projektovanju se mogu nadomestiti usvajanjem robustnog pristupa, određivanjem vremenskog okvira upotrebnog veka i zgrade u celini i njenih komponenata, kao i oživljavanjem principa regionalne klimatske arhitekture koji se u kontekstu promene klime mogu preimenovati u *transponovani pristup regionalnoj arhitekturi*. Znanje koje se tiče savladavanja klime, stečeno iskustvom na udaljenim mestima, može se uspešno primeniti na mestu na kojem se slične klimatske manifestacije događaju u sadašnjosti ili se očekuju u budućnosti, posebno kada se radi o davanju arhitektonskog odgovora na dugoročne i srednjoročne trendove klimatskih promena.

Pored toga, pružanje uspešnog arhitektonskog odgovora na klimatske promene, kako je to prepoznato u literaturi, uslovljeno je učenjem i saradnjom. Ako se obrazovanje shvati kao stub oslonac adaptacije na klimatske promene, onda će se robustnost sistema vremenom povećavati (Lavell et al., 2012). Osim potrebnog znanja i holističkog razumevanja rizika od katastrofa, važni su i saradnja i partnerstvo sa drugim stručnjacima, kreatorima politika i donosiocima odluka (Da Silva, n.d.), kao i sveobuhvatna izgradnja kapaciteta, između ostalog kroz uspostavljanje lokalnih ekspertskih centara (Hallegate et al., 2012). U svakom slučaju, promena klime menja standardnu projektantsku praksu i, kao i održivost, istraživanje približava projektovanju.

## Literatura

- Agencija za zaštitu životne sredine. (2009). *Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2008. godinu*. Beograd: Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja RS.
- Bakker, A. M. R. (2015). *The robustness of the climate modelling paradigm*. Vrije Universiteit. Preuzeto sa <https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/1333903>
- Champagne, L.C. & Aktas, B.C. (2016). Assessing the resilience of LEED certified green buildings. *Procedia Engineering*, 145, 380-387. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.095>
- Crichton, D. (1999). The risk triangle. In: J. Ingleton (Ed.), *Natural Disaster Management* (str. 102-103). London: Tudor Rose.
- da Silva, J. (n.d.). *Shifting agendas: response to resilience – The role of engineer in disaster risk reduction*. The Institution of Civil Engineers 9th Brunel International Lecture Series. Preuzeto sa [http://publications.arup.com/publications/s/shifting\\_agendas\\_response\\_to\\_resilience](http://publications.arup.com/publications/s/shifting_agendas_response_to_resilience)
- de Dear, R. (2006). Adapting buildings to a changing climate: but what about the occupants? *Building Research & Information*, 34, 78-81. <http://dx.doi.org/10.1080/09613210500336594>
- de Wilde, P. & Coley, D. (2012). The implications of a changing climate for buildings. *Building and Environment*, 55, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.014>
- Dittrich, R., Wreford, A., & Moran, D. (2016). A survey of decision-making approaches for climate change adaptation: Are robust methods the way forward? *Ecological Economics*, 122, 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.006>
- Eiser, R.J., Bostrom, A., Burton, I., Johnston, M.D., McClure, J., Paton, D., van der Plight, J., & White, P.M. (2012). Risk interpretation and action: A conceptual framework for responses to natural hazards. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1(2012), 5-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2012.05.002>
- Emmanuel, R. & Krüger, E. (2012). Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment*, 53, 137-149. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.020>
- Escarameia, M. & Stone, K. (2013). *Technologies for flood protection of the built environment – Guidance based on findings from the EU-funded project FloodProBE*. Preuzeto sa [http://www.floodprobe.eu/partner/assets/documents/Floodprobe-Guidance\\_10\\_12\\_2013.pdf](http://www.floodprobe.eu/partner/assets/documents/Floodprobe-Guidance_10_12_2013.pdf)
- Hallegatte, S., Shah, A., Lempert, R., Brown, C., & Gill, S. (2012). *Investment decision making under deep uncertainty – Application to climate change*. Policy Research Working Paper 6193. The World Bank. Preuzeto sa <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/12028/wps6193.pdf?sequence=1>
- European Commission. (2013a). *Adapting infrastructure to climate change*. Commission Staff Working Document SWD 137 final. Preuzeto sa [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/adaptation/what/docs/swd\\_2013\\_137\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/adaptation/what/docs/swd_2013_137_en.pdf)
- European Commission. (2013b). *The EU Strategy on adaptation to climate change*. Preuzeto sa [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/eu\\_strategy\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/eu_strategy_en.pdf)
- Fikfak, A., Kosanović, S., Konjar, M., Grom, P. J., & Zbašnik-Senegačnik, M. (2017). The impact of morphological features on summer temperature variations on the example of two residential neighbourhoods in Ljubljana, Slovenia. *Sustainability*, 9(2017), 122. DOI: 10.3390/su9010122
- Glass, J., Dainty, J.R.A., & Gibb, F.G.A. (2008). New build: Materials, techniques, skills and innovation. *Energy Policy*, 36, 4534-4538. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.016>
- Guan L. (2009). Preparation of future weather data to study the impact of climate change on buildings. *Building and Environment*, 44, 793-800. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.021>
- Gupta, R. & Gregg, M. (2012). Using UK climate change projections to adapt existing English homes for a warming climate. *Building and Environment*, 55, 20-42. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.014>
- IPCC. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report*. Contribution of working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC. Preuzeto sa <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Kosanović, S. (2007). *Istraživanje mogućnosti za promenu ekoloških uticaja zgrada na okruženje*. [Magistarski rad]. Beograd: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Kosanović, S. & Fikfak, A. (2016). Development of criteria for ecological evaluation of private residential lots in urban areas. *Energy and Buildings*, 115, 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.037>
- Kosanović, S., Hildebrand, L., Stević, G. & Fikfak, A. (2014). Resilience of inland urban areas to disasters occurred due to extreme precipitations. *Open Urban Studies and Demography Journal*, 1(2014) [Suppl 1-M5], 41-51. DOI: 10.2174/2352631901401010041
- Lavell, A., Oppenheimer, M., Diop, C., Hess, J., Lempert, R., Li, J., Muir-Wood, R. & Myeong, S. (2012). Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. U: Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, & P.M. Midgley (Eds.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. (str. 25-64). Cambridge: Cambridge University Press.

- Levin, H. (2003). Designing for people: What do building occupants really want? Submitted for presentation as a Keynote Lecture at 'Healthy Buildings 2003' -- Singapore, December 7-11, 2003. Preuzeto sa <http://www.seedengr.com/What%20do%20building%20occupants%20really%20want.pdf>
- NASA. (2005). *What's the difference between weather and climate*. Preuzeto sa [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/noaa-n/climate/climate\\_weather.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html)
- Nelson, R.D. (2011). Adaptation and resilience: responding to a changing climate. *Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1), 113-120. DOI: 10.1002/wcc.91
- Olgay, V. (1963). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism* (4<sup>th</sup> ed.). Princeton University Press.
- Pacheco-Torgal, F. (2012). Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020. *Construction and Building Materials*, 51, 151-162. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.058>
- Popović, T., Đurđević, V., Živković, M., Jović, B., & Jovanović, M. (2009). Promena klime u Srbiji i očekivani uticaji. *Peta regionalna konferencija „EnE09 – Životna sredina ka Evropi“ Beograd, 4-5 jun 2009*. Preuzeto sa [http://www.sepa.gov.rs/download/EnE09\\_T\\_%20Popovic\\_%20V\\_DJurdjevic%20i%20dr\\_Pr%20kl%20u%20Srbija%20i%20uticaji.pdf](http://www.sepa.gov.rs/download/EnE09_T_%20Popovic_%20V_DJurdjevic%20i%20dr_Pr%20kl%20u%20Srbija%20i%20uticaji.pdf)
- Radivojević, A., Roter-Blagojević, M., & Rajčić, A. (2012). Preservation of vernacular architecture in Serbia – authenticity versus thermal comfort issues. U: J. Jasieńko [Ed.] *Structural analysis of historical construction: Proceedings of the International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, SAHC 2012, 15-17 October 2012, Wrocław, Poland* (str. 2750-2759). Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne.
- Roaf, S., Crichton, D., & Nicol, F. (2009). *Adapting buildings and cities for climate change: A 21st century survival guide* (2<sup>nd</sup> ed.). Architectural Press.
- Steenbergen R.D.J.M, Koster, T. & Geurts, P.W. (2012). The effects of climate change and natural variability on wind loading values for buildings. *Building and Environment*, 55, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.010>
- United Nations. (2015). *Paris Agreement*. Preuzeto sa [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf)
- Van der Hoeven, F. & Wandl, A. (2015). *Hotterdam - How space is making Rotterdam warmer, how this affects the health of its inhabitants, and what can be done about it*. Delft: TU Delft, Faculty of Architecture and the Built Environment.
- Wilson, E. & Piper, J. (2010). *Spatial planning and climate change*. Abingdon: Routledge.