

Održivost i otpornost

(Ne)konzistentnosti dve projektanske sfere

Saja Kosanović^{1*}, Alenka Fikfak² i Branislav Folić³

* Autor za korespondenciju

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

2 Arhitektonski fakultet, Univerzitet u Ljubljani, e-mail: alenka.fikfak@fa.uni-lj.si

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

APSTRAKT

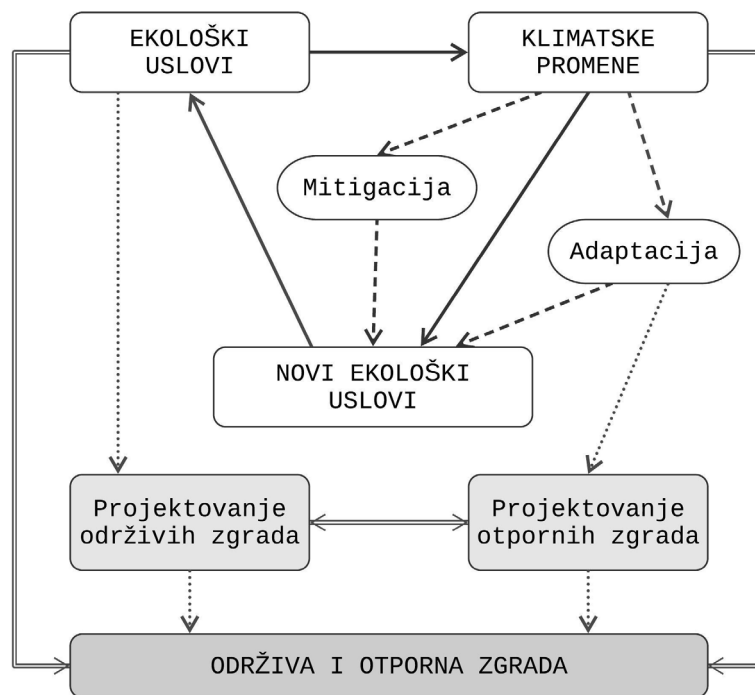
Iako je koncept održivih zgrada razvijen nezavisno od koncepta zgrada otpornih na klimatske promene, njihova prepoznata međusobna povezanost dobija sve veću pažnju. Ovaj rad se bavi izučavanjem međusobnih odnosa održive arhitekture i arhitekture otporne na promenu klime tako što upoređuje njihove osnovne postulate i analizira ključne ciljeve, kroz prizmu uzajamnih (ne)konzistentnosti. U radu su predstavljena kako opšta zapažanja tako i detaljna razmatranja specifičnosti i složenosti odnosa između održivih zgrada i zgrada otpornih na promenu klime. Rezultati pokazuju da su koncepti održivosti i otpornosti u kontekstu arhitektonskog projektovanja daleko više komplementarni nego suprotstavljeni što navodi na zaključak da je njihovo spajanje u jedinstveni, sveobuhvatni, sistemski pristup veoma moguće. Integrisanjem održivosti sa otpornošću zgrada se od socio-ekološkog, odnosno socio-tehničkog, transformiše u napredni socio-ekološko-tehnički sistem.

KLJUČNE REČI

ekološki uticaji, promena klime, projektantske mere, poređenje, integracija

1 Uvod

Održiva arhitektura već nekoliko decenija predstavlja aktuelno polje istraživačkog i obrazovnog interesa. Razumevanje složenosti, apstakne komponente i neopipljivog značenja održive arhitekture (Kosanović & Folić, 2014) se pokazalo kao posebno izazovno. Kako bi se projektovanje održivih zgrada opisalo kao konkretan pristup (Marjaba & Chidiac, 2016), izvedene su različite definicije koje se prvenstveno odnose na ekološku (tehničku) održivost, dok su socijalna i ekonomska dimenzija često izuzete iz razmatranja. Ekološki ispravna, održiva arhitektura se može razumeti egzaktno kroz objašnjenje uzročno-posledičnih veza, klasifikaciju, merenja, proračune, standardizaciju i optimizaciju. Sa ekološkog stanovišta, projektovanje održivih zgrada se svodi na primenu niza jasno definisanih inženjerskih mera i naučnih metoda sa ciljem ophođenja prema prirodnoj sredini kao prema spoljašnjem, unapred određenom entitetu koji istovremeno treba i očuvati i eksploatisati, iako bi ga, ustvari, trebalo proučavati i razumeti iz više različitih perspektiva (Guy & Moore, 2005). S obzirom na to da su se ovi prethodno zadati obrasci progresivno menjali i da nastavljaju da se menjaju, što predstavlja rezultat ljudske sposobnosti za vršenje promena u okruženju i razvoja tehnologija (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014; Pawley, 1990), prirodna sredina je posledično počela da se transformiše u sistem u kojem stabilnost i ravnotežu prate neizvesnost i nepredvidivost.



SL. 1.1 Uzročno-posledične veze između ekoloških problema, promene klime i projektantskih odgovora

Klimatske promene predstavljaju jasan dokaz preokreta u prirodi. Da bi doprinela ponovnom uspostavljanju narušene ravnoteže kroz ublažavanje buduće promene klime, savremena održiva arhitektura se sve detaljnije bavi razmatranjem aspekta korišćenja energije. Međutim, uprkos preduzetim merama, promena klime nastavlja da jača postojeće

i da stvara nove rizike, i da utiče na ljude i ekosisteme, što zauzvrat predstavlja potencijalnu pretnju samoj održivosti (Aleksić, Kosanović, Tomanović, Grbić & Murgul, 2016; O'Brien et al., 2012). Kada je pogođena negativnim uticajima, građena sredina stvara nove ekološke probleme. Složene i transformativne uzročno-posledične veze između ekoloških problema (povezanih sa održivošću), promene klime i novih ekoloških problema u građenoj sredini tako čine zatvoreni ciklus (Sl. 1.1).

Pristup projektovanju arhitektonskih objekata otpornih na promenu klime je nastao nezavisno od koncepta održive arhitekture. Ovo je zbog najviše prihvaćene definicije održivosti arhitektonskih objekata, koja se odnosi na korišćenje prirodnih resursa i, posledično, na generisanje štetnih uticaja na životnu sredinu. S jedne strane, dva pristupa pružaju mogućnost za sinergiju i recipročne pododnosti, dok sa druge strane međusobno potencijalno ugrožavaju pojedinačnu validnost i efektivnost (Wilson & Piper, 2010; O'Brien et al., 2012). U tehničkom smislu, postizanje održivosti ne znači nužno i postizanje otpornosti. Kada otpornost nije razvijena, održivost se dovodi u pitanje. Jasno je da savremena arhitektura treba da odgovori na zahteve, kako održivosti, tako i otpornosti. Ovaj rad izučava odnose između dva aktuelna projektanska koncepta, upoređuje njihove ključne postulate i analizira ključne ciljeve kroz prizmu uzajamnih (ne)konzistentnosti. Cilj rada je sticanje uvida u kritične međuodnose radi prepoznavanja mogućnosti za integrisanje sfera održivosti i otpornosti u jedinstveni, sistemski projektantski pristup.

2 Opšte ključne (ne)konzistentnosti

Posmatrano sa ekološkog stanovišta, održiva arhitektura se bavi efikasnošću korišćenja resursa i smanjenjem zagađenosti. Održiva zgrada teži da, u najvećoj mogućoj meri, smanji negativne ekološke uticaje, a da istovremeno i u tu svrhu iskoristi povoljne uslove okruženja. Sa druge strane, otporni sistem se karakteriše sposobnošću odupiranja i oporavka (Hodgson, McDonald & Hosken, 2015), tj. sposobnošću prilagođavanja nepovoljnim uslovima, događajima ili promenama (Marjaba & Chidiac, 2016), tako što apsorbira poremećaje i adaptira se promeni bez prelaska praga transformacije u kvalitativno drugačije stanje (Sterner, 2010). Otpornost predstavlja potencijal sistema da se vrati na baznu liniju nakon što je poremećen (Zolli & Healy, 2013, str. 7), ili da se kontinualno i glatko prilagođava stalno promenljivim okolnostima, dok istovremeno nastavlja da ispunjava svoju svrhu (Zolli & Healy, 2013, str. 13). Osnovne razlike između pojmova održive arhitekture i arhitekture otporne na promenu klime poduprte su upoređivanjem skupova njihovih različitih ključnih karakteristika (Tabela 2.1).

ODRŽIVA ZGRADA	ZGRADA OTPORNA NA KLIMATSKE PROMENE
Zgrada se posmatra kao socio-ekološki sistem (Guy & Moore, 2005)	Zgrada se posmatra kao socio-tehnički sistem
Univerzalno prihvaćeni ekološki postulati	Postulati prilagođeni specifičnim manifestacijama promene klime
Smanjenje uticaja zgrade na okruženje	Smanjenje uticaja okruženja na zgradu
Razmatranje celokupnog životnog ciklusa	Razmatranje faze upotrebe i održavanja
Razvijene metode za evaluaciju (merenje) dostignutog nivoa održivosti	Procena budućeg ponašanja zavisi od predviđene klime i vremenskih događaja; Metode ocene još nisu razvijene
Doprinos ublažavanju klimatskih promena	Doprinos adaptaciji na klimatske promene
Efikasno korišćenje resursa	Promene u potražnji za resursima, bezbedno snabdevanje i smanjenje zavisnosti od spoljnih distributivnih sistema
Principi bioklimatske i regionalne arhitekture	Principi regionalne i transponovane regionalne arhitekture
Održivo oblikovanje parcele	Parcela planirana tako da pruža zaštitu od direktnih i indirektnih uticaja promene klime
Održivi građevinski materijali, komponente i konstrukcije	Građevinski materijali, komponente i konstrukcije otporni na dejstvo klimatskih promena
Održiv scenario završetka životnog ciklusa zgrade i njenih delova	Rekuperacija upotrebljivosti zgrade
Produktivnost, zdravlje i dobrobit korisnika zgrade	Ponašanje, bezbednost i zdravlje korisnika zgrade
Optimalna kombinacija mera održivosti	Robusna pre nego optimalna rešenja (Bakker, 2015); Redundancija
Dugotrajnost i fleksibilnost	Adaptibilnost i transformabilnost

TABELA 2.1 Poređenje ključnih karakteristika održivih zgrada i zgrada otpornih na klimatske promene

Iako ponašanje zgrade predstavlja ključno pitanje i za održivost i za otpornost, ono se u ova dva konteksta adresira sa dva različita stanovišta. Dok se pri projektovanju održive zgrade akcenat stavlja na uticaj zgrade na okruženje tokom faza životnog ciklusa, otpornost se odnosi na opseg uticaja okruženja na zgradu u fazi upotrebe i održavanja. Ova činjenična razlika je identifikovana kao baza sa koje može započeti istraživanje potencijala za integrisanje projektantskih sfera održivosti i otpornosti.

Merenja i proračuni radi definisanja, opisivanja i predviđanja ponašanja projektovane zgrade potrebni su jednako i kod održivosti i kod otpornosti. Da bi se izmerio nivo dostignute održivosti, razvijene su različite metode ocene životnog ciklusa i različiti sistemi ocene ekološkog kvaliteta zgrada. Sa druge strane, metode za merenje stepena otpornosti na (predviđene) manifestacije klimatskih promena tek treba da se razvijaju. Čak se i sistemi za merenje održivosti odlikuju nedostatkom metrike koja se može ponavljati, reprodukovati, te koja predstavlja realni odraz performansi zgrade; zato metriku za ocenu otpornosti treba razvijati zajedno sa metrikom za ocenu održivosti (Marjaba & Chidiac, 2016, str. 116).

Po definiciji, održiva zgrada ima za cilj očuvanje prirodnih resursa. Suprotno tome, zgrada izložena manifestacijama promene klime odlikuje se izmenjenom potražnjom za resursima, zahtevajući sigurnost u snabdevanju i smanjenje zavisnosti od spoljnih distributivnih sistema. Kako bilo, primarne stavke kod oba pristupa su voda i energija.

Dok otpornost podrazumeva adaptaciju na klimatske promene, održivost se bavi njihovim ublažavanjem, mada buduće opasnosti od promene klime, već u sadašnjem vremenu, indirektno mogu biti adresirane kroz mere smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte. Kako mere za ublažavanje klimatskih promena stupaju u interakciju sa

merama adaptacije, to je potrebna provera njihove usaglašenosti radi osiguranja da u budućnosti neće doći do kontradiktornosti niti pojave uzajamno negativnih posledica (Gupta & Gregg, 2012; Hallegatte, 2009; Wilson & Piper, 2010).

ODRŽIVA PARCELA	OTPORNA PARCELA
Klimatski i mikroklimatski obrasci	Promene u klimatskim i mikroklimatskim obrascima
Postojanje urbanog ostrva toplote	Promene u rasprostiranju i intenzitetu urbanog ostrva toplote
Karakteristike površine tla i reljefa, i upravljanje vodom od padavina	Drenaža površine tla, i rizik od poplava i erozije
Kvalitet i sastav tla	Podložnost eroziji, pojava klizišta i sleganje tla
Udaljenost i prostorni odnos prema postojećim izvorima zagađenja: saobraćaju, industriji, itd.	Identifikacija potencijalnih izvora zagađenja u slučaju pojave ekstremnih vremenskih i klimatskih događaja
Postojanje i zaštita vodotokova	Rizik od poplava i korišćenje vode
Efikasno korišćenje i kvalitet sveže vode	Dostupnost sveže vode
In situ obnovljiva energija radi smanjenja emisija	In situ obnovljiva energija radi smanjenja zavisnosti od spoljnih izvora snabdevanja
Urbana infrastrukturna opremljenost	Infrastrukturna nezavisnost
Udaljenost od javnih usluga i servisa	Udaljenost i rute do bezbednih lokacija i mreža snabdevanja hranom
Udaljenost od dobavljača materijala radi redukcije potrošnje energije za transport	Udaljenost od dobavljača materijala radi brze popravke oštećenja
Karakteristike popločanih površina: ekološki kvalitet upotrebljenih materijala, toplotno ponašanje, albedo, propustljivost	Karakteristike popločanih površina: toplotno ponašanje, albedo, vodootpornost, otpornost na dejstvo ekstremne toplote i hladnoće, otpornost na promene temperature i Sunčevo (UV) zračenje, propustljivost, obezbeđivanje puteva evakuacije
Gustina	Poroznost; Evakuacija
Izgrađene strukture u neposrednom okruženju	Opasnosti od izgrađenih struktura u neposrednom okruženju
Ponovno korišćenje parcele	Poroznost
Efikasno zauzimanje parcele; Odnos ozelenjenih i materijalizovanih površina; Poroznost	Poroznost
Karakteristike materijalizovanih površina: ekološki kvalitet primenjenih materijala, toplotno ponašanje, albedo, propustljivost	Toplotno ponašanje, albedo, vodootpornost, otpornost na ekstremnu toplotu i hladnoću, promene temperature i Sunčevo zračenje, propustljivost, obezbeđivanje puteva evakuacije
Karakteristike zelenih površina: vrste, pozicioniranje i površine pod vegetacijom; zaštićene i endemske vrste	Vrste i otpornost vegetacije
Regulisanje spoljne temperature	Redukcija toplotnog opterećenja

TABELA 2.2 Poređenje ključnih tema u planiranju održivih i otpornih parcela

Održiva zgrada teži korišćenju (održivih) materijala na efikasan način, kao i očuvanju slobodnog zemljišta, dok otporna zgrada ima za cilj obezbeđivanje zaštite od direktnih i indirektnih uticaja klimatskih promena, između ostalog i kroz adekvatno oblikovanje parcele. Iako su karakteristike lokacije i, shodno tome, i projekat parcele od ključnog značaja i za održivost i za otpornost, ova dva pristupa dotiču različite teme koje treba uporediti i ponovo ispitati radi trasiranja pravca integrisanja, identifikacije sinergija, te otklanjanja potencijalnih uzajamnih smetnji (Tabela 2.2). Uopšteno se može reći da se održivo projektovanje bavi istraživanjem ograničenja i potencijala lokacije, a otporno rizicima po zgradu i pretnjama po njene korisnike. Kao rezultat, integrisano projektovanje održivih i otpornih zgrada treba da razmotri sva tri ključna domena, sledećim redom: pretnje, ograničenja i potencijale. Projektovanje u skladu sa širim kontekstom održivosti i projektovanje uklopljeno u širi kontekst otpornosti – tzv. sveobuhvatnu otpornost, time

zajedno mogu postati deo pristupa 'pozitivnih fragmenata' (Aldallal, AlWaer & Bandyopadhyay, 2016).

Atributi održive zgrade u velikoj meri zavise od lokalnog konteksta i identifikovanih relevantnih i prioritetnih problema (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2005). Slično tome, oblikovanje otpornih zgrada je uslovljeno klimatskim promenama i ekstremnim događajima na suženom prostornom nivou, sve do mikro prostora, tj. parcele na kojoj se zgrada planira (Crawley, 2008; de Wilde & Coley, 2012; Fikfak, Kosanović, Konjar, Grom, & Zbašnik-Sengačnik, 2017). I održivost i otpornost istražuju tradicionalna rešenja usklađena sa klimatskim uslovima, sa tom razlikom da otpornost za odgovorima traga u onim prostornim okvirima u kojima su dolazeće klimatske promene već iskušene.

Održiv sistem se sastoji od uzajamno izbalansiranih podсистema i elemenata koji zajedno omogućavaju optimizovano ponašanje zgrade u celini, čak i kada njihovo izolovano ponašanje nije preferencijalno (Kosanović, 2009). Nasuprot tome, za otpornost optimizacija nije ključna (Bakker, 2015); sistem otporne zgrade koristi robustnost i redundanciju kao sredstva za savladavanje neizvesnosti u pogledu budućih manifestacija klimatskih promena. Za ojačanje otpornosti novih zgrada u okviru robustnog pristupa od važnosti su sinergija sa merama za ublažavanje klimatskih promena, primena tzv. 'strategije bez kajanja', te redukovanje vremenskih horizonata odlučivanja (Hallegatte, 2009), što dalje može uticati na koncept dugotrajnosti u projektantskom okviru održivosti. Evidentno je da diskusija o otpornosti mora biti proširena tako da obuhvati razmatranja fleksibilnosti i dugotrajnosti (Marjaba & Chidiac, 2016). Na pozitivnoj strani, redukovani vremenski horizonti odlučivanja otvaraju put novim tehnološkim rešenjima koja potencijalno mogu biti primenjena tokom veka upotrebe projektovane zgrade (Schouler, 2016).

Konačno, iako su i održivost i otpornost orijentisane ka budućnosti, ova dva pristupa su predvođena različitim scenarijima koja očigledno treba ujediniti. Za temeljnu diskusiju o odnosu između održivosti i otpornosti potrebni su odgovori na pitanja *Otpornost na šta?* (Carpenter, Walker, Anderies & Abel, 2001), tj. *Otpornost gde?* Stoga ovaj rad oduhvata kako opšta zapažanja, tako i produbljena razmatranja, tamo gde je identifikovana specifičnost i složenost međuodnosa održivosti i otpornosti u kontekstu arhitektonskog projektovanja.

3 Materijalizacija i oblikovanje zgrada

Održiva arhitektura promoviše racionalnu organizaciju prostora, smanjenje tokova mase i primenu materijala sa zadovoljavajućim ekološkim karakteristikama, ispitanim tokom različitih faza životnog ciklusa. Nasuprot tome, osnovni, izolovani fokus arhitekture otporne na klimatske promene jeste rezistentnost primenjenih materijala na uticaje vode, vatre, ekstremnu toplotu ili hladnoću, Sunčevo zračenje,

štetočine, buđ i druge opasnosti koje su direktno ili indirektno uzrokovane vremenskim i klimatskim događajima. Sistemskim razmatranjem pri projektovanju, prioritet u izboru treba dati onim materijalima koji su i ekološki ispravni i rezilijentni na klimatske uticaje, kako bi se izbegla pojava štete veće razmere i veći negativni uticaji tokom životnog ciklusa usled slabe otpornosti na opasnosti (Matthews, Friedland, & Orooji, 2016). Tokom ovog neophodnog procesa integracije, očekivane manifestacije klimatskih promena će predstavljati polazište za adresiranje pitanja održivosti. Amalgamacija je posebno izazovna u slučaju primene alternativnih (uglavnom organskih) održivih građevinskih materijala, zbog njihovih karakteristika u domenu otpornosti na klimatske uticaje, kao i zbog načina na koji su ovi materijali ugrađeni u građevinske komponente i konstrukcije.

Kada su projektovanjem zgrada obuhvaćeni principi održivosti i otpornosti na klimatske promene u obzir se uzima izloženost primenjenih materijala vremenskim i klimatskim događajima. Jasno je da materijale koji su osetljivi na klimatske uticaje treba planirati u onim delovima zgrade koji nisu izloženi (ili su zaštićeni). Na primer, u područjima u kojima postoji opasnost od pojave poplava, vodootporne materijale treba planirati na nižim, a materijale osetljive na dejstvo vode na višim spratovima projektovane zgrade. Na lokacijama na kojima se očekuju ili su se već manifestovale ekstremno visoke temperature i toplotni talasi, izloženi materijali treba da su otporni da uticaje visokih temperatura, nagle temperaturne promene i Sunčevo (ultraljubičasto) zračenje. Kada se radi o srednjoročnom i dugoročnom povećanju temperature, razmatranje toplotnih svojstava primenjenih materijala je značajno kako sa aspekta održivosti, tako i sa aspekta otpornosti. U pogledu otpornosti na ekstremne vremenske događaje, građevinske komponente, konstrukcije i njihove veze jednako su značajni kao i materijali. Izraženi dualizam između dugotrajnosti koju promovise održivost, i robustnosti i namernog skraćivanja upotrebnog veka, što predstavlja postulate otpornosti, može se razrešiti smanjenjem izloženosti, povećanjem rezilijentnosti i pristupima koji podržavaju razgradnju i cirkularnost, pri čemu naročitu pažnju treba posvetiti optimizaciji karakteristika omotača zgrada. Očekuje se da će u ovom složenom procesu harmonizacije vodeću ulogu imati računarski softveri i simulacije (Andrasek, 2012).

Održivost i otpornost na klimatske promene menjaju konvencionalnu projektantsku logiku i promovišu korišćenje specifičnih pristupa oblikovanju arhitektonskih objekata. Potrebna integracija ima za cilj da spreči nastanak disbalansa bilo na račun održivosti ili otpornosti. Na primer, da bi se očuvalo dragoceno slobodno zemljište, posebno u gusto izgrađenim područjima, održivo projektovanje promovise vertikalni razvoj prostora zgrade, što u krajnjoj liniji dovodi do konfigurisanja nebodera (Yeang, 2000). Sa stanovišta otpornosti, međutim, izražena vertikalnost može povećati ranjivost na opasnosti koje potiču od klimatskih promena. Primera radi, rizik od pregrevanja unutrašnjeg prostora raste sa povećanjem spratnosti, pri čemu su prostori na najvišim spratovima najtopliji, praćeni prostorima na sredini visine zgrade (Mavrogianni, Wilkinson, Davis, Biddulph, & Oikonomou,

2012, str. 123). Osim temperature, i promene obrazaca vetra (poput vršnih opterećenja ili promenljivih frekvencija) mogu intenzivnije uticati na visoke zgrade. Druge projektantske intervencije koje utiču na postizanje kako održivosti, tako i otpornosti, odnose se na kontrolu gustine korisnika, određivanje odnosa površine i zapremine, definiciju oblika zgrade i dr.

Arhitektura koja je otporna na poplave odlikuje se najspecifičnijim projektantskim izrazom u kontekstu oblikovanja zgrada otpornih na klimatske promene. Projektantske strategije za postizanje otpornosti na poplave obuhvataju: mere izbegavanja poplava (suva zaštita od poplava), mere kojima se dozvoljava privremeno plavljenje donjih delova zgrada (mokra zaštita od poplava) i mere kojima se ostvaruje prilagodljiv kontakt sa vodom, oblikovanjem plutajućih i amfibijskih objekata (Escarameia & Stone, 2013; Escarameia, Tagg, Walliman, Zevenbergen, & Anvarifar, 2012). U skladu sa uslovima na lokaciji, stepenom rizika od poplava, namenom zgrade i izabranom metodom zaštite, pri projektovanju se dalje razmatraju: postojanje podrumskog prostora; planiranje nasipa; izdizanje objekta iznad kote terena pomoću stubova; pozicioniranje ulaza u zgradu, kritične opreme, i puteva za kretanje i evakuaciju korisnika zgrade; način odvođenja vode od poplava; konstrukcije, komponente i materijali koji su vodootporni, imaju dobru sposobnost isušivanja i malu vodopropustljivost; i dr. Uključivanje postulata održivosti u projektovanje arhitektonskih objekata otpornih na poplave ima za cilj da spreči negativne efekte jednostranih izbora. Na primer, izdizanje strukture zgrade na stubove (iznad očekivane visine poplavnog talasa) smanjuje zauzimanje zemljišta u uslovima kada poplave nema, ali sa druge strane povećava površinu termičkog omotača. Slično, pozicioniranje zgrada na nasipima neizbežno nalaže obimne radove sa tlom; ekološki neadekvatni materijali koji se kvase tokom trajanja poplave aktiviraju nove ekološke uticaje kroz toksične emisije, curenje opasnih supstanci i sl.

Po definiciji, otpornost zgrade podrazumeva odupiranje klimatskim promenama, sposobnost oporavka od njihovog manifestovanog uticaja i adaptibilnost, odnosno prilagodljivost ispoljenim ili nastupajućim promenama. Iako je prilagođavanje tradicionalno vezano za spoljašnje uslove, adaptabilna arhitektura je nastala pre nego što je razvijen princip otpornosti, što se može videti iz različitih eksperimentalnih primera statičkih i dinamičkih (kinetičkih) projektantskih rešenja koja su stvarana tokom 20. veka. Od skoro se adaptabilne zgrade smatraju jednim od mogućih odgovora na promenu klime. U tom smislu, Sterner (2010) je napravio razliku između 'pasivne otpornosti' koja ima sposobnost apsorpcije šoka i ostajanja u jednom istom režimu, i 'aktivne otpornosti' okarakterisane sposobnošću sistema da menja svoju formu kako bi se prilagodio promenljivim spoljašnjim uslovima. Statičan, fiksni ili nefleksibilan sistem ne poseduje ugrađeni kapacitet prilagođavanja promenljivim uslovima (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013). Nasuprot tome, adaptabilno rešenje (obično u vidu omotača zgrade koji se prilagođava klimatskim uslovima) bi moglo da pomiri robustnost, fleksibilnost i mnogostruke mogućnosti, ali se ovaj koncept još uvek ne

može smatrati zrelim zbog postojanja izazova u pogledu oblikovanja, podrške pri odlučivanju, operativnih pitanja i ljudskog faktora.

Pristup otpornosti kroz vremensko ograničavanje veka upotrebe omogućava prilagođavanje arhitektonskog odgovora varijabilnosti promene klime i ostavlja prostor za razvoj novih tehnologija adaptacije. Sa napretkom u robotici i digitalnim tehnologijama, mogli bi biti razvijeni i novi dinamički, održivi i otporni modeli. Tako je Kohler (2012) predložio model 'vazdušne arhitekture' u kojem „strukture mogu biti oblikovane kao nedovršene kako bi se tokom vremena delimično preuređivale i dinamički prilagođavale... Čak je moguće da veliki objekti postanu pomične 'mobilne kuće', potpuno ili delimično ponovo upotrebljive na različitim lokacijama i u različitim kontekstima, dobijajući svoj drugi ili treći život“ (Kohler, 2012, str. 31).

4 Pitanje energije

Iako zgrade koriste energiju tokom svih faza svog životnog ciklusa, ubedljivo najveći procenat energije se potroši tokom faze njihovog korišćenja i održavanja (United Nations Environmental Programme, 2007). Povećanje prosečne temperature vazduha i pojava toplih i/ili hladnih talasa stvaraju dodatne zahteve sa aspekta obezbeđivanja komfora unutrašnjeg prostora, što potencijalno može dovesti do remećenja balansa operativne energije i uzrokovati veću potražnju za energijom (Gupta & Gregg, 2012; Wilson & Piper, 2010). Prema rezultatima istraživanja sprovedenog simuliranjem budućih uticaja klimatskih promena na 25 lokacija širom sveta, potrošnja energije na godišnjem nivou u hladnom klimatskom području biće smanjena bar za 10% (Crawley, 2008). U tropskim klimatskim uslovima, ukupna godišnja potrošnja energije u zgradama će se povećati, u nekim mesecima čak i do 20% u poređenju sa sadašnjim trendovima. „Najveće promene će se dogoditi u umerenim klimatskim područjima srednje geografske širine u kojima će potreba za grejanjem biti zamenjena potrebom za rashlađivanjem unutrašnjeg prostora zgrada. U ovim zonama, potražnja za energijom za grejanje će opasti bar 25%, a potražnja za energijom za rashlađivanje porasti do 15%“ (Crawley, 2008, str. 91). Prikazani rezultati ukazuju na neophodnost modifikacije aktuelnog pristupa projektovanju, građenju, i korišćenju i održavanju arhitektonskih objekata (Crawley, 2008), odnosno na mogući nepovoljan odnos između buduće cene operativne energije i intenziviranja klimatskih promena (Hallegatte, 2009). Prema tome, mere adaptacije treba da isključe rešenja koja nisu robustna i koja zahtevaju veliku potrošnju energije, te da teže integrisanju sa merama i politikama za ublažavanje klimatskih promena (Hallegatte, 2009).

Smanjenje potražnje za energijom, energetska efikasnost i korišćenje obnovljivih izvora energije čine osnovne postulate održivih zgrada i istovremeno se računaju za mere čijom se primenom daje doprinos ublažavanju klimatskih promena preko smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte. Pod uticajem promene klime, energetski kvalitet

održive zgrade se može pogoršati dodatnim zahtevima za operativnom energijom, koji se procenjuju različito – kao mali (Crawley, 2008), ili čak značajno veliki zahtevi (Wang, Chen & Ren, 2010). Iz tog razloga, čak i nula energetske zgrade treba projektovati korišćenjem onih podataka o vremenu koji uzimaju u obzir promenu klime (Robert & Kummert, 2012).

Primarni energetska zahtev u kontekstu arhitektonskih objekata otpornih na klimatske promene tiče se stabilnosti snabdevanja tokom i nakon pojave vremenskih i klimatskih događaja. Otporna zgrada na ovaj zahtev odgovara smanjenjem zavisnosti od spoljnih izvora snabdevanja i uvođenjem energetska sistema koji su rezistentni, adaptibilni i dovoljno robustni da prevaziđu neizvesnost koja prati buduće klimatske promene. U tom smislu, a zbog očekivog povećanja potrošnje energije u budućnosti, najveći potencijal za integrisanje principa održivosti i otpornosti leži u korišćenju obnovljivih izvora energije na licu mesta, tj. u primeni pasivnih energetska mera, među koje spadaju: prirodna ventilacija i rashlađivanje, solarno grejanje vazduha unutrašnjeg prostora i solarno zagrevanje vode, korišćenje toplotne mase, izolovanje, solarna zaštita, prirodno osvetljenje i dr.

Lako *koncept pasivnog oblikovanja* igra važnu ulogu u smanjenju potrošnje energije, postizanju energetska efikasnosti i smanjenju zavisnosti od spoljnih izvora snabdevanja, izvesno je da zahtevi za otpornošću mogu da promene tradicionalno korišćenje pasivnih sistema. U vezi sa tim, osnovno istraživačko pitanje tiče se funkcionisanja tipičnih regionalnih pasivnih mehanizama u budućim klimatskim uslovima. U principu, buduće ponašanje pasivnih mehanizama primenjenih na nekoj zgradi će zavisiti od intenziteta i učestalosti lokalnih manifestacija klimatska promena. Na primer, prema predviđenom porastu temperature u severnoj Evropi, primena tradicionalnih principa pasivnog solarnog oblikovanja radi iskorišćenja prirodnog svetla u najvećoj mogućoj meri, te ostvarivanja solarnih dobitaka toplote, više neće biti odgovarajuća (ArupResearch+Development, 2004). Pasivna rešenja, karakteristična za područja u kojima su se određeni klimatski obrasci već ispoljili, mogla bi se kroz *transponovani regionalni pristup projektovanju* iskoristiti za razvoj novih rešenja u onim područjima u kojima se pojava ovih obrazaca tek očekuje u budućnosti. U nekim toplijim regionima, kao što je Mediteran, pasivni mehanizmi kojima se savlađuje prekomerna toplota su tradicionalno uveliko primenjeni, i praćeni socijalnom adaptacijom koja je ukorenjena u regionalnoj kulturi. Shodno tome, društva u severnoj Evropi će, u kontekstu adaptacije na nadolazeće klimatske promene, morati da promene način života (ArupResearch+Development, 2004). To znači da se transponovani regionalizam ne mora odnositi samo na arhitekturu, već i na kulturu, te da socijalna dimenzija otpornosti neminovno poziva na promenu. Kada su pragovi navika i tradicionalnih pasivnih sistema prekoračeni (i samim tim više ne odgovaraju na manifestacije promene klime), razvijena adaptabilnost na naglašene klimatske parametre može lako stvoriti nove zahteve za energijom, zbog čega u aktuelnom arhitektonskom projektovanju treba maksimalno iskoristiti one pasivne mere kojima se uzimaju u obzir buduće promene (Gupta & Gregg, 2012).

Pasivne energetske mere u sklopu održivih zgrada se odnose na obezbeđivanje toplote, hladnoće, i prirodne ventilacije i svetla. Ove mere se inkorporiraju u prostornu organizaciju zgrade i u njene komponente. Neke pasivne mere, poput solarnog zagrevanja vode ili prirodne osvetljenosti do veće dubine unutrašnjeg prostora, zahtevaju instaliranje specijalnih elemenata ili korišćenje specijalizovane pomoćne opreme koja, u kontekstu klimatskih promena, takođe mora biti otporna. U okviru otpornosti, ciljevi uvođenja pasivnih mera prevode se u težnju da se savladaju ekstremno visoke ili niske temperature, te da se smanji zavisnost od spoljnih sistema snabdevanja energijom.

Arhitektonska organizacija održivih zgrada podrazumeva zoniranje prostora i uvođenje specifičnih prostornih elemenata kao što su atrijumi. Prostorno zoniranje omogućuje fizičko razdvajanje onih delova unutrašnjeg prostora zgrade koji su izloženi različitim opterećenjima ili imaju različite režime funkcionisanja (na primer, razdvajanje prirodno ventilisanih od mehanički ventilisanih zona, ili razdvajanje grejanih od negrejanih prostora). Kao takvo, zoniranje je moguće uz primenu više različitih tehnika pasivnog grejanja, čime se podstiče nezavisnost od spoljnih izvora snabdevanja toplotom. Imajući u vidu da se planeta zagreva, uloga prostornog zoniranja u izolovanju toplote generisane u unutrašnjem prostoru i u sprečavanju njenog prenošenja kroz različite delove zgrade postaje sve značajnija. Alternativno, atrijum koji je inkorporiran u plan zgrade ima za cilj da pospeši prirodno ventilisanje i da prirodno svetlo uvede do veće dubine unutrašnjeg prostora. Kada se radi o prirodnoj ventilaciji, treba napomenuti da ima mišljenja da jednostavne metode poput poprečne ventilacije u budućnosti neće biti dovoljne za savladavanje unutrašnjih neželjenih dobitaka toplote (Lomas & Ji, 2009), zbog čega su identifikovane napredne strategije ventilisanja.

Omotač zgrade je recipijent pozitivnih uslova iz spoljnog okruženja, između ostalog zato što predstavlja integralni deo pasivnih energetskih mehanizama. U isto vreme, omotač zgrade obezbeđuje zaštitu od spoljnih negativnih uticaja. Iako ovim dvema osnovnim karakteristikama omotača mogu biti dodeljeni različiti prioriteti u okvirima održivosti i otpornosti, one su, kada se razmatra potrošnje energije, od jednakog značaja, zbog čega je neophodno uspostavljanje balansa među primenjenim projektantskim merama. U održivoj zgradi, uloga omotača u redukovanju potrošnje operativne energije i u održavanju uslova komfora unutrašnjeg prostora je veoma važna. Energetske performanse omotača se određuju preko niza parametara kao što su provodljivost, apsorpcija i akumulacija toplote, izolacija, zaptivenost, karakteristike zastakljenih delova (veličina, pozicioniranje, ili U vrednost), odnos zastakljenih i punih delova, reflektivnost, solarna zaštita, sistemi ozelenjavanja i dr. U uslovima promene klime, omotač mora biti otporan na štete uzrokovane ekstremnim vremenskim uslovima i osposobljen da odgovori na izvesno smanjenje potrošnje energije za grejanje i povećanje potrošnje energije za rashlađivanje unutrašnjeg prostora (Kharseh & Altorkmany, 2012). Ovi zahtevi menjaju aktuelnu praksu oblikovanja omotača i, imajući u vidu neizvesnost u pogledu manifestacija promene klime, sa jedne, i uslove održivosti, sa druge strane, upućuju na razvoj adaptabilnih rešenja sa definisanom trajnošću,

čime se ostavlja mogućnost da se nestrukturnim adaptacijama rizici od netačnih projekcija budućih manifestacija klimatskih promena anuliraju (Coley, Kershaw, & Eames, 2012). U ovakvom kontekstu, interesovanje za promenljive nanotehničke materijale bi tokom budućih istraživanja moglo biti povećano (Pacheco-Torgal, 2014).

Teške i lake arhitektonske konstrukcije spadaju u česte pasivne mere za postizanje toplotnog komfora u unutrašnjem prostoru zgrada. Lake konstrukcije reaguju brzo na temperaturne promene. Iz tog razloga, kada su udružene sa drugim pasivnim merama lake konstrukcije su povoljne u toplim klimatskim područjima sa malim varijacijama temperature tokom dana. U svakom slučaju, pri oblikovanju lakih sistema treba uzeti u obzir i buduće povećanje temperature. Dok s jedne strane pojedini autori sugerišu da je lake zgrade moguće optimizovati tako da se toplotni komfor ostvaruje primenom prirodne ventilacije i solarne zaštite (Kendrick, Odgen, Wang, & Baiche, 2012), neke druge studije ukazuju da će buduće povećanje spoljne temperature rezultovati približnim izjednačavanjem vršne dnevne temperature u zgradi i vršne temperature spoljnog vazduha, te da će se, pri izlaganju istim uslovima povećanja temperature, teški sistemi ponašati bolje (ArupResearch+Development, 2004). Izvesno je, dakle, da će ponašanje pasivnih sistema u budućnosti zavisiti ne samo od obrazaca promene klime i karakteristika zgrade, već i od vrste istraživačke metode koja je korišćena pri predviđanju tog ponašanja. U hladnim klimatskim područjima, u područjima sa toplom i hladnom sezonom i područjima sa velikim varijacijama temperature tokom dana, lake konstrukcije zahtevaju više energije za održavanje toplotnog komfora zbog čega je prioritet u aktuelnoj praksi dat teškim sistemima. Kada je primenjena, toplotna masa zgrade uslovljava orijentaciju i uvođenje drugih pasivnih mera u svrhu njene regulacije i ventilisanja.

Pored (promenljivih) mikroklimatskih karakteristika i interakcije sistema zgrade sa klimatskim parametrima i vremenskim događajima, u donošenje odluke o izboru teškog ili lakog sistema treba uključiti i performanse održivosti izvedene iz ocene životnog ciklusa zgrade. U poređenju sa teškim pasivnim sistemima, lake konstrukcije generalno imaju manju vrednost ugrađene energije i manje su intenzivne u pogledu korišćenja materijala, ali obično zahtevaju veće napore pri održavanju, podložnije su štetama tokom ekstremnih vremenskih događaja i imaju kraći vek upotrebe, što sa jedne strane omogućuje primenu robustnog pristupa otpornosti, a sa druge stvara dodatne zahteve i potrebu za studijama cirkularnosti. Konstruktivni sistem koji doprinosi smanjenju potrošnje energije i održavanju uslova komfora na pasivan način, sada i u budućnosti, stoga predstavlja odraz optimizacije između robustnosti i aspekata energije i materijala.

Parametri vazdušnog, toplotnog i svetlosnog komfora u održivoj zgradi, zbog svoje međusobne povezanosti, zahtevaju istovremeno razmatranje. Interakcije između parametara komfora su, međutim, otežane usled uticaja klimatskih promena i ponašanja korisnika čija je uloga čak i u dostizanju održivosti nedovoljno predvidiva. Uprkos svim projektantskim naporima da se na zahteve održivosti i otpornosti

odgovori istovremeno, i dalje postoji mogućnost da će klimatske promene usloviti proširenje zone komfora, posebno na lokacijama sa značajnim povećanjem temperature i pod uticajem fenomena urbanog osrtva toplote. Prepoznati problem se može razrešiti samo novim balansiranjem projektantskih intervencija i novim detaljnim istraživanjima mogućnosti uspostavljanja proširenih uslova komfora, isključivo primenom pasivnih sistema (Ascione, Bianco, De Masi, Mauro, & Vanoli, 2017; Gupta & Gregg, 2012). U vezi s tim, važno je započeti promene bihevioralnih, fizioloških i psiholoških odgovora korisnika (Levin, 2003) i istovremeno razmotriti primenu robustnih rešenja koja pokazuju male varijacije u odnosu na promenljive obrasce ponašanja korisnika (Buso, Fabi, Andersen, & Corgnati, 2015).

5 Diskusija i zaključak

Međuvladin panel za klimatske promene (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014) ukazuje da „sveobuhvatne strategije za borbu protiv klimatskih promena, koje su usklađene da održivim razvojem, uzimaju u obzir dodatne koristi, kao i nepovoljne sporedne efekte i rizike koji mogu nastati bilo iz mera mitigacije (ublažavanja) ili adaptacije“ (str. 91). Dakle, značenja pojmova održivosti i otpornosti potiču sa različitih osnova. „Dok održivost cilja da svet vrati u stanje ravnoteže, otpornost se bavi nalaženjem načina za funkcionisanje u svetu bez ravnoteže“ (Zolli, 2012).

Udruživanje principa održivosti i otpornosti je izazovna istraživačka tema. U ovom radu je pokazano da su održivost i otpornost međusobno značajno više komplementarni nego nekonzistentni, što dovodi do zaključka da je njihova integracija vrlo moguća, iako je tek treba definisati i opisati. U sklopu težnji za sveobuhvatnim razumevanjem održivosti i otpornosti, Sterner (2010) je objasnio da će otpornost biti integrisana u holistički pristup tek onda kada se održivim zgradama pristupi kao kompleksnim sistemima koje karakterišu dinamičnost i nelinearna struktura. U nešto opštijem kontekstu, uveden je pojam 'održiva adaptacija' kojom se podrazumeva adresiranje fundamentalnih uzroka ranjivosti i siromaštva, uključujući i ekološku krhkost (O'Brien et al., 2012, str. 444).

Održive i otporne zgrade nisu nova arhitektonska tipologija. Ustvari, održivost i otpornost predstavljaju osnovni kvalitet zgrade bilo kog tipa. Karakteristike održivosti i otpornosti će biti naglašavane sve dok njihovi principi ne budu u potpunosti sjedinjeni sa konvencionalnom projektantskom praksom. Kada se to bude dogodilo, terminologija kojom se opisuju ova dva pristupa će postati deo standardnog projektantskog rečnika. Zbog važnosti koju održivost i otpornost nesumljivo imaju, kao i zbog kompleksnosti sadašnjeg vremena (Roche, 2012), njihovo inkorporiranje u standardni projektantski proces i metodologiju se smatra kritičnim.

Literatura

- Aldallal, E., AlWaer, H. & Bandyopadhyay, S. (2016). *Site and composition – design strategies in architecture and urbanism*. Abington: Routledge.
- Aleksić, J., Kosanović, S., Tomanović, D., Grbić, M. & Murgul, V. (2016). Housing and climate change-related disasters: a study on architectural typology and practice. *Procedia Engineering*, 165, 869-875. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.786>
- Andrasek, A. (2012). Open synthesis // Toward a resilient fabric of architecture. In: C. Davidson and F. Roche (Eds.), *Log 25: Reclaim resilience* (str. 47-56). New York: Anyone Corporation.
- Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R.F., Mauro, G.M. & Vanoli, G.P. (2017). Resilience of robust cost-optimal energy retrofit of buildings to global warming: A multi-stage, multi-objective approach. *Energy and Buildings* (in press). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.004>
- ArupResearch+Development. (2004). UK housing and climate change: Heavyweight vs. lightweight construction. Bill Dunster Architects ZedFactory Limited, Feilden Clegg Bradley Architects LLP, RIBA and ARUP. Preuzeto sa http://arquitectologia.org/ARUP_Mass_Report.pdf
- Bakker, A. M. R. (2015). *The robustness of the climate modelling paradigm*. Vrije Universiteit. Preuzeto sa <https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/1333903>
- Buso, T., Fabi, V., Andersen, R.K. & Corgnati, S.P. (2015). Occupant behaviour and robustness of building design. *Building and Environment*, 94, 694-703. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.003>
- Carpenter, S., Wlaker, B., Anderies, J.M. & Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: Resilience of what to what? *Ecosystems*, 4 (8), 765-781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Coley, D., Kershaw, T. & Eames, M. (2012). A comparison of structural and behavioural adaptations to future proofing buildings against higher temperatures. *Building and Environment*, 55, 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.12.011>
- Crawley, D.B. (2008). Estimating the impacts of climate change and urbanization on building performance. *Journal of Building Performance Simulation*, 1 (2), 91-115. <http://dx.doi.org/10.1080/19401490802182079>
- 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>
- Escarameia, M. & Stone, K. (2013). Technologies for flood protection of the built environment – Guidance based on findings from the EU-funded project FloodProBE. Report. Preuzeto sa http://www.floodprobe.eu/partner/assets/documents/Floodprobe-Guidance_10_12_2013.pdf
- Escarameia, M., Tagg, A.F., Walliman, N., Zevenbergen, C. & Anvarifar, F. (2012). The role of building materials in improved flood resilience and routes for implementation. In: F. Klijn & T. Schweckendiek (Eds.), *Comprehensive Flood Risk Management: Research for Policy and Practice* (str. 333-335). Boca Raton: CRC Press.
- 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 (1), 122. DOI:10.3390/su9010122
- 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>
- Guy, S. & Moore, S. A. (2005). Introduction: The Paradoxes of Sustainable Architecture. U: S. Guy, S. & S.A. Moore (Eds.), *Sustainable Architectures: Critical Explorations of Green Building Practice in Europe and North America* (str. 1-12). New York: Spon Press.
- Hallegatte, S. (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, 19 (2), 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003>
- Hodgson, D., McDonald, L.J. & Hosken, J.D. (2015). What do you mean, 'resilient'? *Trends in Ecology & Evolution*, 30 (9), 503-506. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.06.010>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (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/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Kendrick, C., Odgen, R., Wang, X. & Baiche, B. (2012). Thermal mass in new build UK housing: A comparison of structural systems in a future weather scenario. *Energy and Buildings*, 48, 40-49. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.009>
- Kharseh, M. & Altorkmany, L. (2012). How global warming and building envelope will change building energy use in central Europe. *Applied Energy*, 97, 999-1004. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.023>
- Kohler, M. (2012). Aerial architecture. U: C. Davidson & F. Roche (Eds.), *Log 25: Reclaim resilience* (str. 25-32). New York: Anyone Corporation.
- Kosanović, S. (2009). *Ekološki ispravne zgrade – uvod u planiranje i projektovanje*. Beograd: Zadužbina Andrejević.
- Kosanović, S. & Folčić, B. (2014). Reviewing the sustainability in students' design work. U: A. Fikfak (Ed.), *Book of Proceedings of Scientific Meeting on the topic of Urbanism "Smart Urbanism" - Teaching Sustainability, Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of Architecture, 19-21.06.2014* (str. 117-126). Ljubljana: Faculty of Architecture.

- Levin, H. (2003). Designing for People: What Do Building Occupants Really Want? Keynote Lecture, 'Healthy Buildings 2003', Singapore, December 7-11, 2003. Preuzeto sa <https://www.researchgate.net/>
- Lomas, K.J. & Ji, Y. (2009). Resilience of naturally ventilated buildings to climate change: Advanced natural ventilation and hospital wards. *Energy and Buildings*, 41, 629-653. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.01.001>
- Loonen, R.C.G.M., Trčka, M., Cóstola, D. & Hensen, J.L.M. (2013). Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 483-493. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.016>
- Marjaba, G.E. & Chidiac, S.E. (2016). Sustainability and resiliency metrics for buildings – Critical review. *Building and Environment*, 101, 116-125. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.002>
- Matthews, E.C., Friedland, C.J. & Orooji, F. (2016). Integrated environmental sustainability and resilience assessment model for coastal flood hazards. *Journal of Building Engineering*, 8, 141-151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2016.08.002>
- Mavrogianni, A., Wilkinson, P., Davis, M., Biddulph, P. & Oikonomou, E. (2012). Building Characteristics as Determinants of Propensity to High Indoor Summer Temperatures in London Dwellings. *Building and Environment*, 55, 117-130. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.12.003>
- O'Brien, K., Pelling, M., Patwardhan, A., Hallegatte, S., Maskrey, A., Oki, T., Oswald-Spring, U., Wilbanks, T. & Yanda, P.Z. (2012). Toward a sustainable and resilient future. In: C.B. Field, 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. 437-486). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pacheco-Torgal, F. (2014). Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020. *Construction and Building Materials*, 51, 151-162. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.058>
- Pawley, M. (1990). *Theory and design in the second machine age*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Robert, A. & Kummert, M. (2012). Designing net-zero energy buildings for future climate, not for the past. *Building and Environment*, 55, 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.12.014>
- Roche, F. (2012). Reclaim resi[lience]stance. U: C. Davidson & F. Roche (Eds.), *Log 25: Reclaim resi[lience]stance* (str. 1-7). New York: Anyone Corporation.
- Shouler, M. (2016). Design buildings for the future. 21 March 2016. Preuzeto sa <http://thoughts.arup.com/post/details/533/design-buildings-for-the-future>
- Sterner, S. C. (2010). Designing resilience: Sustainable design from a complex systems perspective. U: A. Parr & M. Zaretsky (Eds.), *New Directions in Sustainable Design* (str. 152-170). Routledge.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2005). United Nations Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014: Draft International Implementation Scheme. Preuzeto sa <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139937e.pdf>
- United Nations Environmental Programme. (2007). Buildings and climate change: Status, challenges and opportunities. Preuzeto sa <http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=DTI/0916/PA>
- Wang, X., Chen, D. & Ren, Z. (2010). Assessment of climate change impact on residential building heating and cooling energy requirement in Australia. *Building and Environment*, 45, 1663-1682. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.01.022>
- Wilson, E. & Piper, J. (2010). *Spatial planning and climate change*. Abingdon: Routledge.
- Yeang, K. (2000). *The green skyscraper: The basis for designing sustainable intensive buildings*. Prestel.
- Zolli, A. (2012, November 2). Learning to bounce back. *The New York Times*. Preuzeto sa <http://www.nytimes.com/2012/11/03/opinion/forget-sustainability-its-about-resilience.html>
- Zolli, A. & Healy, A.M. (2013). *Resilience: Why things bounce back*. New York: Simon & Schuster.

