

Utjecaj rizika klimatskih promjena na zgrade sa statusom kulturnog dobra

Petra Vučetić Osonjački¹, prof. dr. sc. **Anita Cerić²**

¹Regionalna energetska-klimatska agencija Sjeverozapadne Hrvatske, pvosonjacki@regea.org

²Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, anita@grad.unizg.hr

Sažetak

Utjecaj klimatskih promjena je značajan za sve građevine, a posebno je od velike važnosti kod zgrada koje imaju status kulturnog dobra. Europska Unija redovito publicira izvještaje o otpornosti zgrada sa statusom kulturnog dobra na klimatske promjene. U izvješćima se preporučuju konkretne radnje, poput obnove zgrada i potrebe za poboljšanjem održavanja zgrada s ciljem povećanja otpornosti i prilagodbe na klimatske rizike. U ovom radu se daje kratki prikaz važnosti teme prilagodbe zgrada sa statusom kulturnog dobra klimatskim rizicima te primjer mjera za ublažavanje i prilagodbu zgrada sa statusom kulturnog dobra na utjecaje klimatskih rizika.

Ključne riječi: klimatski rizici, prilagodba zgrada klimatskim promjenama, zgrade sa statusom kulturnog dobra

Climate change risk impact to cultural heritage buildings

Abstract

The impact of climate change is significant for all buildings, and this is especially important for cultural heritage buildings. The European Union publishes reports on the resilience of cultural heritage buildings to climate change. The reports recommend specific actions, such as the renovation of buildings and the need to improve the maintenance of buildings in order to increase building resilience and adaptation to climate risks. This paper presents a brief overview of the importance of cultural heritage buildings' adaptation to climate risks. Furthermore, an example of measures for cultural heritage buildings adaptation to the impact of climate risks is presented.

Key words: cultural heritage buildings, climate risks, building adaptation

1 Uvod

Zgrade sa statusom kulturnog dobra koje su dio nepokretne kulturne baštine, bilo da su pojedinačno zaštićene ili su dio kulturno-povijesnih cjelina, građene su u različitim područjima i različitim tehnikama, a ono što im je zajedničko je izražena potreba za očuvanjem i obnovom. Budući da je prirodne nepogode koje uzrokuju klimatske promjene nemoguće u potpunosti predvidjeti i spriječiti, jedan od najvećih izazova u upravljanju zgradama je kako smanjiti njihovu ranjivost i jačati otpornost na klimatske promjene. Kako bi se zaštitila vrijednost i značaj zgrada sa statusom kulturnog dobra neophodno je razraditi mjere za ublažavanje utjecaja klimatskih rizika te načine prilagodbe ovakvih zgrada novim okolišnim uvjetima. Razumijevanje upravljanja rizicima za zgrade sa statusom kulturnog dobra zahtjeva razjašnjenje skupa ključnih i povezanih pojmova kao što su rizik i ranjivost. U kontekstu procjene utjecaja klimatskih promjena rizik se često upotrebljava u značenju potencijala za štetne posljedice klimatskih nepogoda za kulturna dobra i infrastrukturu. Rizik je kombinacija djelovanja klimatske nepogode, odnosno njezine vjerojatnosti pojave, te ranjivosti (engl. vulnerability) i izloženosti (engl. exposure) kulturnog dobra i infrastrukture [1]. Ranjivost zgrada sa statusom kulturnog dobra može se opisati kao vjerojatnost djelomičnog ili potpunog gubitka vrijednosti i značaja kulturne baštine zbog klimatskih promjena [2].

Europsko izvješće o klimatskim rizicima (EUCRA – European Climate Risk Assessment) [3] izrađeno od strane Europske agencije za okoliš upućuje na to da su ključni klimatski rizici za izgrađeni okoliš šteta na infrastrukturi i zgradama zbog klimatskih promjena i ekstremnih klimatskih pojava te rizici za dobrobit ljudi od utjecaja klimatskih promjena na zgrade. Kao rezultat učinaka klimatskih promjena predviđa se povećanje štete od ekstremnih vremenskih prilika na izgrađenom okolišu do 10 puta do kraja 21. stoljeća u odnosu na dosadašnje štete. Izvješće [3] naglašava potrebu ulaganja u projektiranje zgrada koje su klimatski otporne za novoizgrađene zgrade i postojeće zgrade koje se obnavljaju, bez umanjivanja kulturnih ili gospodarskih vrijednosti područja od povijesnog značaja ili zgrada s povijesnom vrijednošću.

Nedavno *Izvješće o jačanju otpornosti kulturne baštine na klimatske promjene* [4] izdano 2022. godine od strane Europske komisije ukazalo je na činjenicu da je samo 12 od 28 zemalja spomenulo kulturnu baštinu u politikama vezanim uz klimatske promjene, dok samo 7 zemalja ima dostupne planove za usklađivanje klimatskih promjena i kulturne baštine: Irska, Grčka, Italija, Cipar, Slovenija, Finska i Švedska.

2 Primjer mjera prilagodbe zgrada sa statusom kulturnog dobra pod utjecajem klimatskih rizika

Pregled postojeće literature koja se bavi klimatskim rizicima u kontekstu zgrada sa statusom kulturnog dobra dao je uvid u ključne klimatske rizike koji su gotovo uvijek vezani uz ekstremne temperature i oborine, atmosfersku vlagu, vjetar, poplave, podizanje razine mora, suše, oluje, klizišta i požare [5-8]. Uz prethodno nabrojane klimatske rizike, UNESCO je kao prijetnje kulturnoj baštini identificirao i interakciju između klimatskih promjena i onečišćenja zraka [5].

Prema Sesana i dr. [8], postupne promjene klimatskih varijabli utječu na mehanizme degradacije kulturne baštine izložene vanjskom okolišu. Voda je glavni uzročnik degradacije materijala. Povećanje količine oborina i drugih varijabli povezanih s vodom kao što su ciklusi vlažnosti i razdoblja vlage, u kombinaciji s višim temperaturama, mogu uzrokovati ili pojačati različite mehanizme raspadanja, na primjer, koroziju, biološku degradaciju, savijanje i cijepanje higroskopnih materijala te eflorescencija i subflorescencija zbog kristalizacije soli. Povećanje intenziteta vjetra i vjetrom nošene kiše također će utjecati na kulturnu baštinu, osobito u prisutnosti pijeska, soli i atmosferskih zagađivača. To može dovesti do površinske abrazije, povećanog prodora vode, oštećenja strukture i potencijalno urušavanja konstrukcije. Viša temperatura može rezultirati povećanjem broja ciklusa smrzavanja i odmrzavanja što može pojačati fizičko trošenje kamena i keramičkih materijala. Dodatno, klimatske promjene mogu promijeniti prirodni fizički okoliš s ozbiljnim posljedicama za očuvanje kulturne baštine. Postupne promjene, kao što su zagrijavanje oceana te podizanje razine mora i s njime povezani obalni utjecaji i otapanje permafrosta, mogu dovesti do pojave poplava, suša, toplinskih valova i klizišta s izravnim, ponekad katastrofalnim učincima na kulturnu baštinu. Mogu se pojaviti i neizravni učinci, kao što su povećanje kristalizacije soli i korozije metala. Također se očekuje povećanje dezertifikacije u toplijoj i sušoj klimi te s njime povezani rizici za kulturnu baštinu.

Proces pripreme zgrada sa statusom kulturnog dobra na klimatske promjene započinje analizom dostupnih klimatskih podataka za lokaciju zgrade. Potom slijedi identifikacija klimatskih rizika kojima je zgrada sa statusom kulturnog dobra izložena. Na temelju analize utjecaja identificiranih rizika predlažu se mjere prilagodbe na očekivani klimatski rizik. U Tablici 1. u nastavku prikazan je prijedlog mogućih mjera prilagodbe na neke od najčešće adresiranih klimatskih rizika. Mjere prilagodbe prikazane u Tablici 1. nastale su kao sublimacija podataka o rizicima iz projekata koji su analizirani od strane Regionalne energetske-klimatske agencije Sjeverozapadne Hrvatske (REGEA).

Tablica 1. Prijedlog mogućih mjera prilagodbe zgrada na neke od najčešćih klimatskih rizika [9]

Klimatski rizik	Prijedlog mogućih mjera prilagodbe na očekivani klimatski rizik
Ekstremna vrućina	<ul style="list-style-type: none"> • Povećanje toplinske zaštite ovojnice grijanog prostora • Ugradnja sjenila • Unaprjeđenje postojećih ili ugradnja novih visokoučinkovitih sustava za hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju, automatsko upravljanje zgradom • Primjena elemenata zelene infrastrukture (npr. zeleni krovovi, zelena pročelja) • Smještaj elemenata fotonaponske elektrane koji služe za kontrolu proizvodnje i pretvorbe energije u kontrolirane uvjete kako bi se smanjila njihova izloženost visokim temperaturama i direktna osunčanost • Smještaj fotonaponskih panela na način da su povišeni u odnosu na krovnu površinu kako bi se osiguralo nesmetano strujanje zraka koje u određenoj mjeri ima efekt hlađenja
Naleti snažnog vjetra	<ul style="list-style-type: none"> • Dodatno učvršćivanje vanjskih elemenata kako bi izdržali nalete snažnog vjetra • Dodatno učvršćivanje fotonaponskih panela i smještanje na način da su povišeni u odnosu na krovnu površinu kako bi se osiguralo nesmetano strujanje zraka i smanjenje otpora koje bi moglo uzrokovati fizičko oštećenje
Pojava pijavica i tornada	<ul style="list-style-type: none"> • Dodatno učvršćivanje vanjskih elemenata kako bi izdržali nalete snažnog vjetra • Dodatno učvršćivanje fotonaponskih panela i smještanje na način da su povišeni u odnosu na krovnu površinu kako bi se osiguralo nesmetano strujanje zraka i smanjenje otpora koje bi moglo uzrokovati fizičko oštećenje
Pojava tuče	<ul style="list-style-type: none"> • Ugradnja materijala koji imaju značajnu mehaničku otpornost • Ugradnja fotonaponskih panela koji imaju značajnu mehaničku otpornost
Velike količine padalina u kratkom vremenskom razdoblju	<ul style="list-style-type: none"> • Sanacija postojeće vlage kao preduvjet energetske/sveobuhvatnoj obnovi • Odvodnja oborinske vode u javnu kanalizaciju linijskim kanalicama te gravitacijskim odvodnim sustavom • Ozelenjavanje čestice oko građevine ili popločavanje vodopropusnim pločama • Ugradnja poroznih materijala, kišnih vrtova i dr. • Izvedba nosive konstrukcije fotonaponske elektrane na način da velike količine oborina ne mogu utjecati na osjetljive komponente
Požari	<ul style="list-style-type: none"> • Usklađivanje sa zahtjevima za zaštitu od požara • Sprinkler sustav, negorivi materijali, vanjska i unutarnja hidrantska mreža • Smještanje elemenata fotonaponske elektrane koji služe za kontrolu proizvodnje i pretvorbe energije u kontrolirane uvjete kako bi se smanjila njihova izloženost visokim temperaturama i direktna osunčanost i potencijalno pregrijavanje koje može dovesti do požara • Smještanje fotonaponskih panela na način da su povišeni u odnosu na krovnu površinu kako bi se osiguralo nesmetano strujanje zraka koje u određenoj mjeri ima efekt hlađenja

Većina pojedinačno zaštićenih zgrada sa statusom kulturnog dobra (njih 93%) izgrađena je u razdoblju prije 1930. godine kada nisu postojali propisi za toplinsku zaštitu [10]. Stoga Veršić i dr. [10] donose niz smjernica za energetske obnovu zgrada sa statusom kulturnog dobra, koje su opisane u nastavku. Energetska obnova postojećeg fonda zgrada nedvojbeno je ključna mjera prilagodbe zgrada na klimatske promjene. Potrebno je inzistirati na toplinskoj izolaciji ovojnice, ali nuž-

no je i poticati primjenu visokoučinkovitih i obnovljivih sustava za grijanje i hlađenje kako bi se iskoristio cjelokupan potencijal obnove postojećeg fonda zgrada. Zbog specifičnih ograničenja na zgradama sa statusom kulturnog dobra, koje su posljedica iznimne vrijednosti pojedinih dijelova tih zgrada, mjere energetske obnove potrebno je ostvariti na dijelovima gdje su ograničenja manja ili ih nema. Prilikom odabira materijala važno je predvidjeti upotrebu kompatibilnih materijala koji neće narušiti autentičnost i izvornost zgrade, a dugoročno neće dovesti do pogoršanja fizičkog stanja zgrade. Materijali bi trebali biti paropropusni kako bi omogućili "disanje" izvornih građevinskih struktura i materijala. Sve mjere energetske obnove nisu primjenjive na svim zgradama sa statusom kulturnog dobra, no bez obzira na to moguće je povećati energetske učinkovitost svake zgrade sa statusom kulturnog dobra pod uvjetom da je odabrana primjena onih mjera koje nemaju utjecaj na vrijednost i obilježja zgrade na temelju kojih je utvrđeno svojstvo kulturnog dobra.

Prema Veršić i dr. [10], prilikom energetske obnove zgrada sa statusom kulturnog dobra preporuča se, gdje god je to moguće, toplinsku izolaciju postaviti s vanjske strane zida. To je fizikalno najispravniji postupak jer štiti nosivu konstrukciju od smrzavanja, sprječava pojavu neželjenog kondenzata i stvaranja okruženja za razvoj mikroorganizama i gljivica na unutarnjoj strani zida. S obzirom na to da vanjska fasada na zgradama sa statusom kulturnog dobra često predstavlja vrijedan povijesni element, konzervatorski uvjeti često ne dozvoljavaju postavljanje toplinske izolacije s vanjske strane zidova. Postavljanje fotonaponskih sustava na krov ili pročelje zgrada sa statusom kulturnog dobra također je često otežano jer oni moraju biti izloženi sunčevoj svjetlosti, a samim time ne mogu ostati nevidljivi. Zbog toga je odabir moguće lokacije za ugradnju fotonaponskog sustava potrebno usuglasiti sa zahtjevima nadležnog konzervatorskog odjela. Danas postoje rješenja koja omogućavaju postavu fotonaponskih sustava koji su integrirani u crijep, staklo, lim ili neki drugi materijal što doprinosi smanjenju njihove vidljivosti na krovu ili pročelju zgrade.

Rizici uzrokovani klimatskim promjenama nisu dovoljno dobro zastupljeni u postojećoj regulativi [11, 12]. To se posebno odnosi na postojeće Eurokodove. Kao odgovor na ova ograničenja i potrebu prilagodbe zgrada klimatskim promjenama, trenutno je u razvoju druga generacija Eurokodova. Drugom generacijom Eurokodova uvesti će se zahtjevi za procjenu, održavanje i rekonstrukciju postojećih zgrada kako bi se, među ostalim značajkama, osigurala otpornosti i prilagodba na utjecaje klimatskih promjena. Dostupnost klimatskih podataka i podataka o klimatskim rizicima za infrastrukturu i zgrade je poboljšana u posljednjim desetljećima, a tome je pridonijela i uspostava *Copernicus servisa za klimatske promjene* [3] koji je javno dostupan.

Zbog posebnosti zgrada sa statusom kulturnog dobra potrebno je detaljno analiziranje postojećeg stanja takvih građevina te uključivanje više profesionalnih struka. Potrebno je napraviti protokol pregleda zgrada, definirati obrasce za pregled postojećeg stanja i dosadašnjih aktivnosti vezanih na održavanje i obnovu ovakvih zgrada. Nužna je izrada registra zgrada sa statusom kulturnog dobra s pripadajućim klimatskim rizicima i njihovim utjecajem na promatranu građevinu. Nakon što su se identificirali i analizirali štetni utjecaji, potrebno je predložiti mjere kojima bi se smanjio novi utjecaj, odnosno potrebno je iznaći najbolja rješenja za prilagodbu zgrada izloženim klimatskim rizicima s ciljem očuvanja zgrada sa statusom kulturnog dobra koje imaju veliku povijesnu vrijednost.

3 Zaključak

U posljednjim desetljećima istraživanja utjecaja klimatskih promjena na zgrade sa statusom kulturnog dobra dovela su do značajnog napretka u pogledu procjene klimatskih rizika, ali ta dostignuća velikim dijelom još uvijek nisu prenesena u praktičnu primjenu. Jedan od mogućih razloga je to što se znanstveni rezultati teško prenose donositeljima politika i odluka u području zaštite i očuvanja kulturne baštine. Spora implementacija i razmjena znanja između znanstvenika i organizacija uključenih u zaštitu i očuvanje kulturne baštine usporavaju razvoj okvira za upravljanje klimatskim rizicima specifičnog za kulturnu baštinu. Osim toga, zaštita kulturne baštine i dalje pati od nedostatka integracije konkretnih mjera u nacionalne planove za prilagodbu klimatskim promjenama. Ovim radom se željelo ukazati na problematiku i staviti naglasak na rizike klimatskih promjena koji utječu na zgrade sa statusom kulturnog dobra te potrebu za prilagodbom ovakvih zgrada novim uvjetima.

Literatura

- [1] Europska komisija: Tehničke smjernice za pripremu infrastrukture za klimatske promjene u razdoblju 2021. – 2027. (2021/C 373/01), Službeni list Europske unije, 2021.
- [2] Fatorić, S., Seekamp, E.: Evaluating a decision analytic approach to climate change adaptation of cultural resources along the Atlantic Coast of the United States, *Land use policy*, 68 (2017), pp. 254–263.
- [3] European Environment Agency: European Climate Risk Assessment (EEA Report 01/2024). Copenhagen: European Environment Agency, 2024.
- [4] Europska komisija: Jačanje otpornosti kulturne baštine na klimatske promjene. Luxembourg: Ured za publikacije Europske unije, 2022.

- [5] Colette, A.: *Climate Change and World Heritage: Report on Predicting and Managing the Impacts of Climate Change on World Heritage and Strategy to Assist States Parties to Implement Appropriate Management Responses*. Paris: UNESCO World Heritage Centre, 2007.
- [6] Daly, C., Engel Purcell, C., Donnelly, J., Chan, C., MacDonagh, M., Cox, P.: *Climate change adaptation planning for cultural heritage, a national scale methodology*, *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 11 (2021) 4, pp. 313–329.
- [7] O'Brien, G., O'Keefe, P., Jayawickrama, J., Jigyasu, R.: *Developing a model for building resilience to climate risks for cultural heritage*, *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 5 (2015) 2, pp. 99–114.
- [8] Sesana, E., Gagnon, A. S., Ciantelli, C., Cassar, J. A., Hughes, J. J.: *Climate change impacts on cultural heritage: A literature review*, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12 (2021) 4, pp. 1–29.
- [9] Regionalna energetska-klimatska agencija Sjeverozapadne Hrvatske (REGEA): *Interna dokumentacija*, 2024.
- [10] Veršić, Z., Braun, A., Binički, M., Jonjić, L., Nosil Mešić, M., Ostojić, S., Tropčić Zekan, G.: *Smjernice za energetska obnovu zgrada sa statusom kulturnog dobra*. Zagreb: Ministarstvo kulture i medija, Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine, 2023.
- [11] Croce, P., Formichi, P., Landi, F., Mercogliano, P., Bucchignani, E., Dosio, A., Dimova, S.: *The snow load in Europe and the climate change*, *Climate Risk Management*, 20 (2018), pp. 138–154.
- [12] Rianna, G., Reder, A., Sousa, M. L., Dimova, S.: *Harmonised procedure to update thermal loads in the Eurocodes. Case study for Italy*, *Climate Services*, 30 (2023), pp. 100391.