

# Analiza vazdušnog komfora u radnoj sredini na primjeru zgrada Univerziteta u Banjoj Luci

Ljubiša Preradović, Biljana Antunović  
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci  
Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina  
ljpreradovic@agfbl.org

**Sadržaj** - Kvalitet života savremenog čovjeka, zahvaljujući napretku nauke i tehnologije, teži sve višim standardima, zbog čega je neminovno precizno definisanje zahtjeva vezanih za komfor i zadovoljenost svih naših čula, u cilju obezbjeđivanja toplotnih, svjetlosnih i akustičkih zahtjeva u radnoj i životnoj sredini.

U radu se analiziraju komfori korisnika sa akcentom na vazdušni komfor pojedinih zgrada Univerziteta u Banjoj Luci koja je bazirana na anketiranju zaposlenih i njihovom subjektivnom doživljaju komfora, kao i davanje preporuka i smjernice za poboljšanje kvaliteta uslova rada uz istovremeno povećanje energetske efikasnosti objekata i zaštitu životne sredine.

**Ključne riječi:** vazdušni komfor, informacione tehnologije, energetska efikasnost

## I. UVOD

Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci je tokom 2010. i 2011. god. proveo tematski naučno-istraživački projekat "Energetska efikasnost u graditeljstvu". Izvršena je analiza standarda iz predmetnih oblasti koji se koriste u EU i zemljama bližeg okruženja, a izvršena su i mjerenja na odabranim objektima Univerziteta u

Banjoj Luci (zgrada Rektorata, u kojoj se nalazi i Akademija umjetnosti; zgrada Filološkog fakulteta, koja je nedavno rekonstruisana i zgrada „Tereza“ koja je izgrađena 1899. god., a dodijeljena je Arhitektonsko-građevinsko-geodetskom fakultetu i trenutno se izvodi rekonstrukcija i nadogradnja iste).

Cilj ovog rada je da se, pored objektivnih pokazatelja (koji se postižu adekvatnim mjerenjima), analiziraju komfori (toplotni, svjetlosni i akustični) kao subjektivni pokazatelj zadovoljstva zaposlenih na banjalučkom Univerzitetu. Akcenat je stavljen na vazdušni komfor u radnoj sredini.

## II. ENERGETSKI I EKOLOŠKI ODRŽIVO GRADITELJSTVO

Tokom istraživanja [1] za zgradu Rektorata predložene su mjere za povećanje energetske efikasnosti kako bi objekat snimljenih (auditovanih) energetske svojstava bio doveden do poboljšanog nivoa, klase C (tabela 1), čime bi zgrada Rektorata imala svojstva energetske efikasne (standardne) kuće i maksimalna potrošnja energije za grijanje (i hlađenje) prostorija bi bila 70 kWh/m<sup>2</sup> godišnje.

TABELA 1. ZGRADA REKTORATA - ENERGETSKI RAZRED C

Element konstrukcije	U-vrijednost* [W/m <sup>2</sup> K]
Zidovi spoljni	0,35 - 0,4
Prozori	1,4 - 1,7
Tavanica prema negrijanom prostoru (tavanu)	0,3 - 0,4
Pod prema negrijanom prostoru (podrumu ili tlu)	0,3 - 0,4

U-vrijednost predstavlja koeficijent prolaza toplote

Finansijski pokazatelj energetske efikasnosti za zgradu Rektorata ukazuju da bi se ulaganje u predložene potencijale energetske efikasnosti otplatilo za 3,7 godina [1].

Za zgradu Filološkog fakulteta predložene su mjere za povećanje energetske efikasnosti kako bi objekat snimljenih

(auditovanih) energetske svojstava bio doveden do poboljšanog nivoa, klase B (tabela 2), čime bi zgrada Filološkog fakulteta imala svojstva nisko-energetske kuće, i maksimalna potrošnja energije za grijanje (i hlađenje) prostorija bi bila 50 kWh/m<sup>2</sup> godišnje.

TABELA 2. ZGRADA FILOLOŠKOG FAKULTETA - ENERGETSKI RAZRED B

Element konstrukcije	U-vrijednost [W/m <sup>2</sup> K]
Zidovi spoljni	0,25 W/m <sup>2</sup> K
Prozori	1,1 - 1,4 W/m <sup>2</sup> K
Tavanica prema negrejanom prostoru (tavanu)	0,3 W/m <sup>2</sup> K
Pod prema negrejanom prostoru (podrumu ili tlu)	0,3 W/m <sup>2</sup> K

Finansijski pokazatelj energetske efikasnosti za zgradu Rektorata ukazuju da bi se ulaganje u predložene potencijale energetske efikasnosti otplatilo za 11,1 godinu [1].

U istraživanju su navedene i preporuke za buduća istraživanja [1].

### III. SPROVEDENA ANKETA

Energetski i ekološki održivo graditeljstvo, vizionarski je i ispravan put u budućnost, i ono nastoji:  *smanjiti gubitke* zgrade poboljšanjem toplotne zaštite vanjskih elemenata i ispravnim odnosom površine i volumena;  *povećati toplotne dobitke* povoljnom orijentacijom zgrade i korišćenjem solarne energije; te  *koristiti obnovljive izvore energije* u zgradama (sunce, vjetar, biomasa i dr.); povećati energetska efikasnost termoenergetskih sistema.

Cilj je usklađivanje svih graditeljskih aktivnosti s kapacitetom prirode, a namjera je jasna: ojačanje veze čovjek - priroda, korišćenjem obnovljivih izvora energije i uvođenje zdrave tehnologije, te omogućiti čovjeku izvjesniju budućnost.

*Osnovni princip* pasivnog standarda podrazumijeva dobru izolovanost s vana, zadržanje toplote unutra, osiguranje ugodne temperature unutrašnjeg prostora tokom cijele godine, kontrolisanom ventilacijom obezbijediti dovoljnu količinu svježeg vazduha i omotač zgrade učiniti "vazdušno nepropusnim" (apsolutnu hermetičnost).

Aktuelna istraživanja promovišu energetska efikasno građenje kao prednost za sve [1]:

- ✓  *za investitore:* jer su zgrade dugovječno bolje, vjerovatnoća nastanka oštećenja je svedena na minimum odstranjivanjem termičkih mostova;
- ✓  *za korisnike:* jer su troškovi održavanja svedeni na minimum, cijena korišćenja uz ponuđeni komfor je minorna, a osigurava visoki stepen udobnosti, i značajno unapređuje kvalitet života;
- ✓  *za izvođača radova:* jer zahtijeva visok standard izvođenja, čime je prestižnija (bolje plaćena);
- ✓  *za društvo i privredu:* jer povišena potražnja za dugotrajno korištenim dobrima vodi ka stabilnijem i dodatnom zapošljavanju u zemlji.

Sprovedeno istraživanje [1] stvara neophodne preduslove za primjenu Rezolucije Evropskog parlamenta od 31. 1. 2008. god. pod brojem 2007/2106 (INI), a koja definiše da se sve javne zgrade i zgrade za iznajmljivanje, koje će se izvoditi od

1. 1. 2011. godine u EU trebaju graditi po energetska standardu pasivne kuće.

Anketni upitnik koji su korisnici popunjavali sadrži nekoliko različitih dijelova:

- ✓ Opšte podatke o instituciji (naziv, adresa);
- ✓ Opšte podatke o ispitaniku (pol, starost, radno mjesto i sl.);
- ✓ Opšte podatke o prostoriji i radnom mjestu (spratnost, orijentacija prostorije, klimatizacija prostorije i sl.);
- ✓ Pitanja koja se odnose na toplotni komfor (kakav je osjećaj toplotne ugodnosti na radnom mjestu zimi i ljeti, da li postoje vidljivi tragovi vlage u prostoriji i sl.);
- ✓ Pitanja koja se odnose na svjetlosni komfor (da li postoji dovoljno prirodne svjetlosti za obavljanje radnog zadatka, kakav je kvalitet osvjetljenosti radne površine i sl.);
- ✓ Pitanja koja se odnose na akustički komfor (da li postoji izloženost buci na radnom mjestu, koliko dugo u toku dana, kako buka utiče na rad i u kojoj mjeri i sl.);
- ✓ Vazdušni komfor (kakav je kvalitet vazduha u prostoriji, da li je vazduh zagađen i sl.).

Anketirano je 104 zaposlena /osmero iz Rektorata (R), 15 sa Akademije umjetnosti (AU), 34 sa Arhitektonsko-građevinsko-geodetskog fakulteta (AGGF), 22 sa Filološkog fakulteta (FF) i 25 sa Prirodno-matematičkog fakulteta (PMF)/. Rektorat i AU se nalaze u Drugom kampusu - ②, AGGF djeluje na dvije lokacije (u oba Kampusu) - ① i ②, a PMF je dislociran - ③, (sl. 1) [2]. Pošto su ispitanici iz Rektorata i Akademije umjetnosti locirani u istoj zgradi analiza se odnosila kao da su jedna grupa. Na pojedina pitanja nisu odgovorili svi ispitanici. Pri analizi rezultata korišćen je analitičko-statistički alat SPSS verzija 20 [3].



Sl. 1. Lokacije Rektorata, Akademije umjetnosti i fakulteta

#### IV. REZULTATI ANALIZE VAZDUŠNOG KOMFORA KORISNIKA POJEDINIHZGRADA UNIVERZITETA U BANJOJ LUCI

Veći broj ispitanika je ženskog (65 ili 67,01%) u odnosu na muški pol (32 ili 32,99%). Prosječna starost svih ispitanika je 38.66 godina (najmlađi ispitanici su iz Rektorata i Akademije umjetnosti – 35.47 godina, a najstariji ispitanici su sa PMF-a – 42.68 godina).

Analizirani su sljedeći parametri vazdušnog komfora:

Kvalitet vazduha u prostoriji: ljeti i zimi, Neophodna veća količina svježeg vazduha - otvaranje prozora: ljeti i zimi, Dužina držanja otvorenog prozora - kvalitet vazduha: ljeti i zimi, Dužina držanja otvorenog prozora - svjež vazduh i Simptomi kijavice.

Samo je za parametar *Kvalitet vazduha u prostoriji – zimi* primjenom  $\chi^2$  testa dobijena statistički značajna razlika u subjektivnom osjećaju kvaliteta vazduha tokom zime ( $\chi^2 = 11,060$ ,  $p=0.011$ ) - tabela 3.

TABELA 3. KVALITET VAZDUHA TOKOM ZIME U PROSTORIJAMA ZGRADA UNIVERZITETA

Kvalitet vazduha u prostoriji - zimi		Institucija zgrade				Ukupno
		R i AU	AGGF	FF	PMF	
čist (bez neugodnih mirisa)	N	18	19	13	8	58
	%	81.8%	55.9%	59.1%	33.3%	56.9%
zagađen (neprijatan miris)	N	4	15	9	16	44
	%	18.2%	44.1%	40.9%	66.7%	43.1%
Ukupno	N	22	34	22	24	102
	%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Dobijeni rezultat je i očekivan pošto se jedino zgrada PMF-a nalazi u blizini glavne gradske ulice (slika 1). Neophodno je izvršiti i preporučena mjerenja: Mjerenja vezana za toplotni i svjetlosni komfor sprovedu u ljetnjem i zimskom periodu, u karakterističnim tačkama prostorije, kako bi se obuhvatili ekstremni vremenski uslovi spoljašnje klime (kada se klimatizaciju prostorije) kao i prirodne osvjetljenosti prostorije, a mjerenja nivoa buke koja određuju akustički komfor izvesti tokom proljeće s obzirom na to da praktično ne zavise od godišnjeg doba. Kvalitet vazduha se mjeri svakodnevno, a istraživanje sprovedeno 2008-2010. god. je ukazalo na povećanu koncentraciju praćenih parametara [4-6]. Nakon mjerenja predložiti mjere za povećanje energetske efikasnosti kako bi objekat PMF-a snimljenih (auditovanih) energetskih svojstava bio doveden do poboljšanog nivoa, čime bi zgrada imala svojstva energetske efikasne (standardne) kuće i maksimalna potrošnja energije za grijanje (i hlađenje) prostorija bi bila u skladu sa navedenim standardima.

Analize akustičkog komfora na banjalučkom univerzitetu [7, 8] pokazala je statističku značajnost izlaganju buci u odnosu na instituciju zaposlenja (zaposleni na Filološkom fakultetu su subjektivno osjećali veću izloženost buci). Nakon toga je izvršeno mjerenje nivoa buke. Analiza rezultata mjerenja pokazala je da je izmjereni nivo buke u granicama propisanim zakonom u svim prostorijama, osim u učionicama na Filološkom fakultetu, u kojima premašuje dozvoljene vrijednosti za 1,1 dB odnosno 4 dB što može da se odražava jedino na psihičko stanje organizama kroz efekte kao što su gubitak koncentracije, zamor ili razdražljivost.

#### V. ZAKLJUČAK

Uzimajući u obzir spratnost, orijentaciju, veličinu, namjenu, zaposjednutost prostorije i rezultate ankete biće napravljena

selekcija karakterističnih prostorija u zgradi PMF-a. Samo u odabranim prostorijama biće izvršena mjerenja fizičkih veličina koje određuju toplotni, svjetlosni i akustički komfor. Dok će mjerenja vezana za toplotni i svjetlosni komfor biti izvršena u ljetnjem i zimskom periodu, u karakterističnim tačkama prostorije, kako bi se obuhvatili ekstremni vremenski uslovi spoljašnje klime (kada se klimatizaciju prostorije) kao i prirodne osvjetljenosti prostorije, mjerenja nivoa buke koja određuju akustički komfor biće izvedena tokom proljeće s obzirom na to da praktično ne zavise od godišnjeg doba.

Analiza ankete omogućuje uvid u subjektivni doživljaj komfora korisnika predmetnih zgrada. Mjerenje odgovarajućih parametara komfora prikazaće objektivno stanje komfora na osnovu stanja u njihovim reprezentativnim prostorijama, što će se obaviti u narednom periodu.

#### LITERATURA

- [1] Arhitektonsko-građevinski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Naučno-istraživački projekat "Energetska efikasnost u graditeljstvu" (NIP – EEG), Banja Luka, 2011.
- [2] <http://blmap.inecco.net/index.html>, preuzeto 14. 1. 2013.
- [3] Lj. Preradović, V. Đajić, Analitičko-statističke tehnike u savremenim istraživanjima, Arhitektonsko-građevinski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Banja Luka, 2011.
- [4] Lj. Preradović, P. Ilić, S. Marković, Z. Janjuš, „Meteorological Parameters and Pollution Caused by Sulfur Dioxide and Their Influence on Construction Materials and Heritage“, in Facta Universitatis (Niš), Ser.: Elec. Energ. vol. 24, no. 1, April 2011, 11-22.
- [5] Lj. Preradović, P. Ilić, „Metode statističke obrade pojedinih parametara kvaliteta vazduha“, in Zbornik radova konferencije Savremene tehnologije za održivi razvoj gradova, Banja Luka, 2008, 313-325.

- [6] Lj. Preradović, P. Ilić, S. Marković, Z. Janjuš, „Funkcionalne zavisnosti zagađenja vazduha i azotdioksida – mogućnost primjene data mining-a“, in Zbornik radova 54. Konferencije ETRAN, Donji Milanovac, 2010, VI.2.3-1-4
- [7] Lj. Preradović, B. Antunović, V. Simeunović, A. Janković, „Analiza akustičnog komfora zaposlenih na banjalučkom Univerzitetu“, in Zbornik radova 4. Internacionalne Konferencije, Tehnički fakultet Čačak, 1-3. Jun 2012, 567-573.
- [8] Antunović B, Janković A, Dekić R, „Ocjena uticaja buke u objektima Univerziteta u Banjoj Luci“, in Zbornik radova Naučno-stručni skup Arhitektura i Urbanizam, Građevinarstvo, Geodezija – Juče, Danas, Sutra, Banja Luka, 2011., str. 539-548.

#### ABSTRACT

There is a tendency for the quality of life of contemporary man to aim for ever higher standards, owing to the

development of science and technology. This makes it necessary to precisely determine the requirements related to the comfort and pleasure to be felt by all our senses, to ensure the standards of thermal, lighting and acoustic comfort are met both in the working space and at home. This paper studies the comfort as experienced by the users of specific buildings of the University of Banja Luka, more specifically the air comfort, based on a survey conducted amongst the University faculty and their subjective perception of comfort. It also makes recommendations and guidelines on how to improve the quality of conditions in the working space while enhancing the energy efficiency of buildings and environmental preservation.

#### **ANALYSIS OF AIR COMFORT IN THE WORKING SPACE – A CASE STUDY OF THE BUILDINGS OF THE UNIVERSITY OF BANJA LUKA**

Ljubiša Preradović, Biljana Antunović