

**PROJEKAT VENTILACIONOG SISTEMA BIM METODOLOGIJOM ZA  
KOMERCIJALNI OBJEKAT POVRŠINE 580 m<sup>2</sup>****VENTILATION SYSTEM PROJECT USING BIM METHODOLOGY FOR A  
COMMERCIAL BUILDING OF 580 m<sup>2</sup> AREA**Srđan Terzin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast: MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** - U radu je prikazana primena BIM metodologije u sistemima grejanja, klimatizacije i ventilacije. Opisani su glavni fizički procesi koji se odvijaju u ventilacionim sistemima kao što su termodinamika, prenos toplote i mehanika fluida. Takođe, objašnjena je podela KGH sistema po više odlika, vrsta, ali i načina i postupaka po kojima se određeni tipovi tih sistema dimenzionišu i usvajaju za projekat. Ceo rad je obuhvaćen tehnoeкономskom analizom sistema grejanja, ventilacije i klimatizacije na izabranom komercijalnom objektu preko specijalizovanog programskog paketa "Autodesk Revit", sa fokusom na računski zadatak sistema ventilacije čiji su dobijeni rezultati na kraju izvedeni i prokomentarisani.

**Ključne reči:** Grejanje, ventilacija, klimatizacija, BIM metodologija, izbor sistema.

**Abstract** - The paper presents an analysis of the ventilation system implemented in a commercial building. Some main physical processes that take place in heating, ventilation and air conditioning are described, their division by several characteristics is given and explained, as well as the ways and procedures by which certain types of these systems are dimensioned and selected. The entire work is rounded off with a techno-economic analysis and a comparison of several types of heating, ventilation and air conditioning systems on a selected commercial building using a specialized software package "Autodesk Revit", with the focus on ventilation system calculation task and its result.

**Keywords:** Heating, ventilation, air conditioning, BIM methodology, system selection.

**1. UVOD**

U prvom poglavlju rada prikazana je istorija BIM metodologije (Istorija BIM metodologije, 2023) kao i njena primena u sistemima grejanja, ventilacije i klimatizacije [6].

Prvi softverski alati za razvoj projekata u zgradarstvu pojavili su se u periodu 70-ih godina prošloga veka, a za

koncept pojave "upravljanjem informacijama o zgradama" nije zaslužna jedna osoba već kontinuitet

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Anđelković, vanr. prof.**

industrijske revolucije, počevši od CAM (eng. *Computer-Aided Manufacturing*) sistema kompjuterskog konstruisanja do ArchiCAD-a [3], koji je širu primenu stekao 1987. godine i praktično bio prvi moderniji BIM softver upotrebljen na poznatim operativnim sistemima Windows i Apple.



Slika 1. Prikaz objekta u trodimenzionalnom prostoru ArchiCAD [3]

**2. TEORIJSKI KONCEPTI RADA KGH SISTEMA**

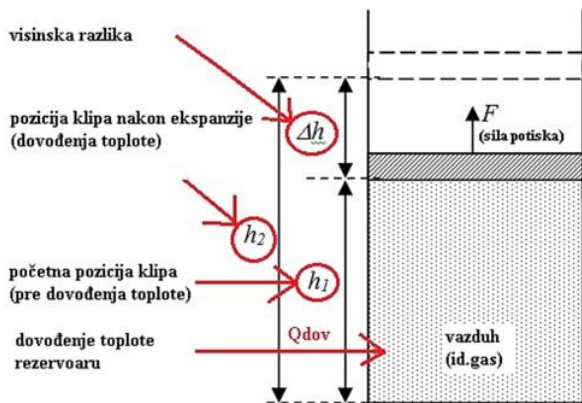
**Prvi zakon termodinamike** [1], odnosi se na promenu unutrašnje energije sistema prilikom razmene toplote i vršenja rada. Ovaj princip su prvi zaključili i otkrili fizičari Robert Majer (nem. *Robert Mayer*) i Džejm Džul (eng. *James Prescott Joule*).

Ukoliko posmatramo idealni gas (npr. vazduh) zatvoren u cilindru sa pokretnim klipom, i ukoliko se njemu dovede spoljašnja toplota, unutrašnja energija gasa se povećava (ekspanzija) i vrši se određeni rad (pomeranje klipa):

Eksperimentalno je dokazano (I princip termodinamike, bez dat.) da je dovedena količina toplote ( $Q_{\text{dov}}$ ) jednaka zbiru promene unutrašnje energije sistema ( $\Delta U$ ) i izvršenog rada ( $A$ ):

$$Q = \Delta U + A$$

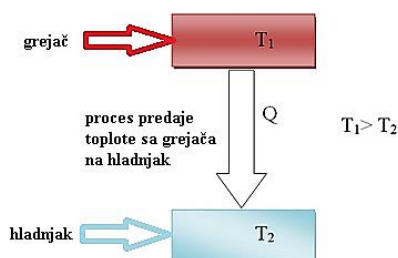
Može se zaključiti da dovedena količina toplote sistemu se troši na povećanje njegove unutrašnje energije i na vršenje rada sistema.



Slika 2. Primer [1]

**Drugi zakon termodinamike** [2], govori nam da se ukupna entropija (mera za energiju koja se nasuprot slobodnoj više ne može pretvoriti u rad) izolovanog sistema nikada ne može smanjiti tokom vremena.. Ukupna entropija sistema i njegovog okruženja se povećava i proces je **nepovratan** u termodinamičkom smislu.

Na sledećem primeru prikazana su dva rezervoara koja sadrže grejač (od koga se oduzima određena količina toplote) i hladnjak (kome se predaje količina toplote) i prilikom ovog procesa se vrši **rad**:



Slika 3. Primer [2]

Projektovanje sistema grejanja i hlađenja bilo bi nemoguće bez osnovnog poznavanja **fenomena prenosa toplote** [5]. Razmena toplote između pojedinih tela odvija se na dva, po fizičkom mehanizmu sasvim različita načina: prenos toplote posredstvom materijalnih čestica i prenos zračenjem koje nije vezano za materijalnu sredinu kao posrednika. Prostiranje toplote kroz materijalnu sredinu vrši se takođe na dva donekle različita načina, tako da se najčešće govori o tri mehanizma prenosa toplote, prikazanih na slici 4.

Provođenje toplote [5], odnosno kondukcija se odvija u mikro razmerama sa jednog molekula na drugi. Na primer, kod gasova se prenos toplote vrši sudaranjem molekula iz više zagrejanog sa molekulima u manje zagrejanom sloju gasa, pa prema tome, nezavisno kroz koje se materijalno telo toplota prenosi, mehanizam provođenja je vezan za kretanje elementarnih čestica, **slika 5**.



Slika 4. Ilustrativni prikaz načina prenosa toplote [5]



Slika 5. Ilustrativni prikaz prenosa toplote kondukcijom [5]

Prenos toplote **konvekcijom** (Prenos toplote, bez dat.) definiše se **koeficijentom prenosa toplote  $\alpha$  (alfa)** koji povezuje temperatursku razliku površine razmenjivača i fluida i količinu toplote u jedinici vremena koja se prenosi. Pri konvekciji toplota se prostire strujanjem samog fluida (tečnosti ili gasa) i to:

- kroz fluid
- sa fluida na čvrstu površinu ili
- sa čvrste površine na fluid

Veliki broj eksperimenata je izvršen sa strujanjem u okruglim cevima (Marić, 2002), gde je dosta strogo određen momenat kada laminarno kretanje prelazi u turbulentno.

To je momenat kada tzv. **Rejnoldsov broj (Re)** prelazi kritičnu vrednost:

$$Re = \frac{w \times d}{\nu} [-]$$

gde je:

w - brzina strujanja fluida [m/s]

d - prečnik [m]

$\nu$  - kinematska viskoznost fluida [m<sup>2</sup>/s]

Re<sub>ek</sub> - kritična vrednost Rejnoldsovog broja (Re<sub>ek</sub>=2300)

U prenosu toplote na granici (površini) unutar fluida, **Nusseltov broj** je bezdimenzijska vrednost koja predstavlja odnos konvektivnog i konduktivnog prenosa toplote preko te granice.

$$Nu = \frac{\alpha \times L}{\lambda} [-]$$

gde je:

$\alpha$  - konvektivni koeficijent prenosa toplote [W/m<sup>2</sup>K]

L - karakteristična dužina [m]

$\lambda$  - toplotna provodljivost fluida [W/mK]

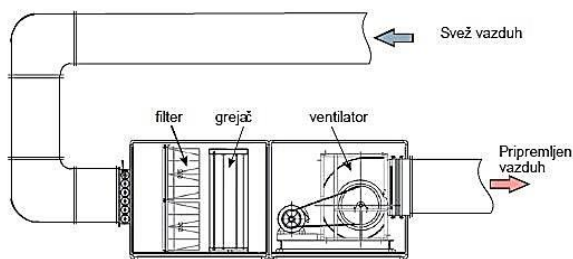
Za transport toplotne energije (energija koju telu donose elektromagnetni talasi i koja se pri nailasku na telo pretvara u njegovu unutrašnju energiju, odnosno menja toplotno stanje tela) od skoro isključivog uticaja je tzv.

**temperatursko zračenje.** Ukupna energija koju nose zraci od sva tri izvora zove se **sjaj** tog tela [4]:

$$r + a + d = 1$$

Kao nosilac toplote (radni fluid) u vazдушnim sistemima javlja se **vazduh**. Vazduh se zagreva ili hladi u grejaču, vlaži ili suši, filtrira i, pripremljen na odgovarajući način, ubacuje se direktno u prostoriju [7].

U prostoriji se ubačen vazduh meša sa sobnim i na taj način se postiže željena temperatura i vlažnost vazduha u prostoriji.



Slika 6. Ventilaciona komora za rad sa svežim vazduhom [7]

### 3. RAČUNSKI ZADATAK

Za komercijalni objekat površine **580 m<sup>2</sup>** proračunat je ventilacioni sistem namenjen za snabdevanje prostorija svežim vazduhom u bilo kom vremenskom periodu.

Za prizemlje, predviđeni protok vazduha po času iznosi **4.970 m<sup>3</sup>/h**, dok za sprat predviđeni protok je **4.400 m<sup>3</sup>/h**.

Na prizemlju i na prvom spratu nalaze se prostorije i za njih predviđeni protok vazduha, nabrojane u tabeli 1. i u tabeli 2:

Tabela 1. Prikaz broja prostorija i potrebnog protoka vazduha u prizemlju

R.br.	Naziv prostorije	Broj prostorija	Površina	Potreban protok po prostoriji
1.	Magacin	1	10 m <sup>2</sup>	115 m <sup>3</sup> /h
2.	Toalet	2	10 m <sup>2</sup>	170 m <sup>3</sup> /h
3.	Kancelarija	1	10 m <sup>2</sup>	170 m <sup>3</sup> /h
4.	Kancelarija	1	18 m <sup>2</sup>	300 m <sup>3</sup> /h
5.	Kancelarija	2	21 m <sup>2</sup>	360 m <sup>3</sup> /h
6.	Menza	1	38 m <sup>2</sup>	850 m <sup>3</sup> /h
7.	Sala za sastanke	1	48 m <sup>2</sup>	1.075 m <sup>3</sup> /h
8.	Hodnik	1	122 m <sup>2</sup>	1.400 m <sup>3</sup> /h
<b>Σ =</b>				<b>4.970 m<sup>3</sup>/h</b>

U tabeli 3. prikazani su ukupni troškovi repromaterijala ventilacionog sistema i prateće opreme za komercijalni objekat.

Tabela 2. Prikaz broja prostorija i potrebnog protoka vazduha na prvom spratu

R.br.	Naziv prostorije	Broj prostorija	Površina	Potreban protok po prostoriji
1.	Toalet	2	10 m <sup>2</sup>	180 m <sup>3</sup> /h
2.	Kancelarija	2	21 m <sup>2</sup>	380 m <sup>3</sup> /h
3.	Menza	1	38 m <sup>2</sup>	920 m <sup>3</sup> /h
4.	Sala za sastanke	1	48 m <sup>2</sup>	1.160 m <sup>3</sup> /h
5.	Hodnik	1	100 m <sup>2</sup>	1.200 m <sup>3</sup> /h
<b>Σ =</b>				<b>4.400 m<sup>3</sup>/h</b>

Tabela 3. Ukupni troškovi repromaterijala

R.br.	Naziv	Cena
1.	Ventilacioni kanali	190.035,37 RSD
2.	Vazdušni terminali	564.318,00 RSD
3.	Regulacioni elementi	1.379.209,60 RSD
4.	Redukcije	393.265,60 RSD
5.	Fitinzi	691.270,21 RSD
6.	Mehanička oprema	1.130.511,20 RSD
<b>Σ=</b>		<b>4.348.609,98 RSD</b>
<b>Σ=</b>		<b>37.104,18 €</b>

### 4. ZAKLJUČAK

Analizirana je primena BIM metodologije u projektovanju i njena važnost u integraciji različitih disciplina, što rezultira efikasnijim procesom rada, boljom koordinacijom između inženjera i smanjenjem grešaka u fazi izgradnje.

Ovde su identifikovane specifične prednosti u optimizaciji dizajna sistema za ventilaciju, uključujući bolju vizualizaciju, analizu performansi sistema i pristupačnije upravljanje tokom faze izvođenja radova, konstruisanja i održavanja.

Ključni teorijski koncepti poput termodinamike, prenosa toplote i mehanike fluida su takođe predstavljeni i detaljno izvedeni kako bi se istakla važnost razumevanja ovih principa za inženjere koji rade na projektima KGH sistema.

Sprovedena je analiza troškova i repromaterijala u programskom paketu Autodesk Revit u koji prikazuje korisniku detaljan opis svakog sistema i elementa iskorišćenog u projektu, prikazujući time kako se može efikasnije upravljati troškovima i optimizaciji upotrebe materijala. Kao deo istraživanja, izvršen je računski zadatak koji je obuhvatio proračun ventilacionih kanala i prateće opreme, demonstrirajući praktičnu primenu teorijskih principa i primene BIM metodologije u projektovanju.

## 5. LITERATURA

- [1]. I princip termodinamike, bez dat. (n.d.). *Први принцип термодинамике*. Preuzeto Mart 10, 2023 sa <https://fizis.rs/prvi-princip-termodinamike/>
- [2]. II princip termodinamike, bez dat. (n.d.). *Други принцип термодинамике*. Preuzeto Mart 10, 2023 sa <https://fizis.rs/ii-princip-termodinamike/>
- [3]. Istorija BIM metodologije. (2023). *A history of BIM*. Preuzeto Mart 6, 2023 sa <https://www.letsbuild.com/blog/a-history-of-bim>
- [4]. Marić, M. (2002). *Nauka o toploti (termodinamika, prenos toplote, sagorevanje)*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- [5]. Prenos toplote, bez dat. (n.d.). *Prenos toplote*. Preuzeto Mart 13, 2023 sa <https://odseknis.akademijanis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/Kondukcija.pdf>
- [6]. Primena BIM. (2023). *What are the benefits of BIM?* Preuzeto Mart 6, 2023 sa <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim/benefits-of-bim>
- [7]. Todorović Maja, bez dat. (n.d.). *Energetska efikasnost sistema grejanja i klimatizacije (Mašinski fakultet, Beograd)*. Preuzeto April 27, 2023 sa Departman za energetiku i procesnu tehniku FTN: <https://dept.uns.ac.rs/download/energetska-efikasnost-termoenergetskih-sistema-u-zgradarstvu-a7/?ind=1671178458580&filename=07-Predavanje-Sistemi-klimatizacije.pdf&wpdmdl=11135&refresh=65d3bc54640cf1708375124>

### Kratka biografija:



**Srđan Terzin** rođen je u Somboru, 1994. godine. Master rad iz oblasti mašinstva odbranio je 2024. godine na Fakultetu tehničkih nauka.

Kontakt:  
sterzin94@gmail.com



**Aleksandar Andelković** rođen je u Šapcu 1981. god. Doktorirao je 2015. god. Od 2020. je u zvanju vanrednog profesora. Oblast interesovanja su Nekonvencionalni sistemi grejanja i hlađenja.