

PODELA SISTEMA ZA KLIMATIZACIJU PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – VRF SISTEM**DIVISION OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM MECHANICAL INSTALLATION PROJECT - VRF SYSTEM**

Ilija Damjanac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji iz dva dela, podela sistema za klimatizaciju i projekat mašinskih instalacija – VRF sistem. Sistemi klimatizacije su ilustrovani pomoću pojednostavljenih šema u cilja lakšeg razumevanja načina rada. Takođe, bilo je riječi o određenim prednostima i nedostacima sistema. Projekat mašinskih instalacija, grejanje, klimatizacija i ventilacije prodajnog salona sa magacinom gotovih proizvoda, spratnosti P na kat. Parceli broj 4720/1 K.O. Kać. sistemom VRF, naspram koga je izračunata godišnja potrošnja toplote za grejanje.

Ključne reči: VRF sistem, grejanje, klimatizacija i ventilacija

Abstract – The paper consists of two parts, the variants of the air conditioning system and the project of mechanical installations - VRF system. Air conditioning systems are illustrated using simplified schematics to make it easier to understand how they work. Also, there were presented certain advantages and disadvantages of the system. Project of mechanical installations, heating, air conditioning and ventilation of a sales hall with a warehouse of finished products, floor space P on the floor. Plot number 4720/1 K.O. Say. by the VRF system, based on which annual heat consumption for heating was calculated.

Keywords: VRF system, heating, air conditioning and ventilation

1. UVOD

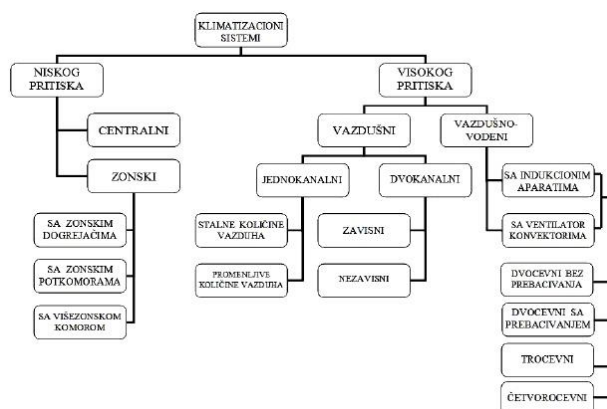
Sistemi klimatizacije ilustrovani su pomoću pojednostavljenih šema u cilja lakšeg razumevanja načina rada. Takođe, bilo je riječi o određenim prednostima i nedostacima sistema. Za projekat je rađen proračun toplotnih gubitaka i toplotnih dobitaka pomoću softvera Hanibal 5.0, a na osnovu koeficijenata prolaza toplote iz elaborata energetske efikasnosti, arhitektonskih podloga i šema stolarije. Toplotni gubici su računati prema standardu EN12831, dok su toplotni dobitci računati prema ASHRAE proceduri iz 1997. godine. Na osnovu sprovedenog proračuna gubitaka i dobitaka toplote za grejani i klimatizovani deo objekta usvojen je sistem za grejanje/klimatizaciju sa promenljivim protokom rashladnog fluida (variable refrigerant flow – VRF) koji se sastoji od jednog spoljašnjeg modula i više unutrašnjih jedinica.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Anđelković.

2. PODELA SISTEMA

Klasifikacija klimatizacionih sistema (slika 1.) može se izvršiti na različite načine, ali se podela najčešće zasniva na random fluidu pomoću koga se klimatizovani prostor greje ili hladi (vazduh ili vazduh i voda), kao i na brzinama strujanja vazduha kroz kanale (veće ili manja od 12 m/s). Kada se radi o većim brzinama, pad pritiska u sistemu je veliki, što podrazumjeva i odgovarajući ventilator, pa su zato ovi sistemi visokog pritiska. Prema tome, razlikuju se sistemi niskog i visokog pritiska, koji su ili samo vazdušni ili tzv. vazdušno vodeni. Postoje i sistemi koji kao fluid za prenos toplote koriste isključivo vodu, koji se primenjuju u kombinaciji sa niskim od vazdušnih sistema. Po broju kanala za razvod vazduha, sistemi su jednokanalni ili dvokanalni, a pokoličini vazduha, sa stalnom i promenljivom količinom.

**3. VAZDUŠNI SISTEMI**

U grupu vazdušnih sistema spadaju sva postrojenja u kojima je prenos toplote na relaciji klimatizaciona komora-klimatizovana prostorija isključivo preko vazduha kao prenosioca toplote. Ovi sistemi se dele na jednokanalne i dvokanalne, od kojih obe vrste sistema mogu da rade sa konstantnom i promenljivom količinom vazduha, kao i sa malim odnosno velikim brzinama vazduha kroz kanale. Mogućnost ubacivanja vazduha u klimatizovan prostor u ovim sistemima su široke, pa se može postići uvek povoljna distribucija vazduha. Osim toga, postrojenja se lako i potpuno automatski prebacuju sa letnjeg na zimski režim, i obrnuto, što nije slučaj sa sistemima ostalih grupa.

U ovu grupu spadaju sledeći sistemi:

- centralni,
- zonski,
- jednokanalni visokog pritiska,

- dvokanalni nezavisnog dejstva,
- dvokanalni zavisnog dejstva.

4. VAZDUŠNO-VODENI SISTEMI SA INDUKCIONIM APARATIMA

Za razliku od vazdušnih sistema, u kojima vazдушna struja kanalskom vezom spaja centralu i klimatizovani prostor, u ovoj grupi sistema veza se ostvaruje vodenom mrežom i vazdušnim kanalima, pa su radni fluidi voda i vazduh. Do ove kombinacije radnih fluida došlo se prilagođavanjem klimatizacionih postrojenja u modernim višespratnim zgradama sa velikim brojem prostorija i velikim udjelom prozorskih površina.

U ovu grupu spadaju sledeći sistemi:

- sa indukcionim aparatima,
- sa ventilator konvektorima
- dvocevni bez prebacivanja
- dvocevni sa prebacivanjem
- trocevni,
- četvoroccevni.

5. PRIMER PROJEKTOVANJA VRF SISTEMA

5.1 Tehnički opis

5.1.1 Uvodne napomene

Ovim radom obuhvaćene su instalacije grejanja, klimatizacije i ventilacije prodajnog salona sa magacinom gotovih proizvoda spratnosti P na kat. parceli broj 4720/1 K.O. Kač.

Rad je urađen na osnovu arhitektonskih podloga, podloga iz elaborata energetske efikasnosti, prema zahtevima investitora i prema važećim propisima i normativima za ovu vrstu instalacija

5.1.2 Instalacija grejanja i klimatizacije

Projektne uslovi za instalaciju grejanja su:

- Lokacija objekta: Kač (Novi Sad)
- Orjentacija objekta je uzeta prema situaciji
- Spoljni projektne uslovi (zima): $t_{sp} = -14,8 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi = 90 \%$ (Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada)
- Koeficijenti prelaza toplote: preuzeti iz elaborate energetske efikasnosti
- Unutrašnje projektne temperature usvojene su prema nameni prostorija:

- 1 Prodajni salon, $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 2 Magacin gotovih proizvoda, $0 \text{ }^\circ\text{C}$ – ne greje se
- 3 Hodnik, $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 4 Kancelarija, $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 5 Kancelarija, $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 6 Kuhinja, $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 7 Prostorija za magacionera, $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 8 WC magacioneri, $15 \text{ }^\circ\text{C}$
- 9 Prostorija za REK, $15 \text{ }^\circ\text{C}$ – ne greje se
- 10 Garderoba, $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- 11 WC ženski, $15 \text{ }^\circ\text{C}$
- 12 WC muški, $15 \text{ }^\circ\text{C}$

Projektne uslovi za instalaciju klimatizacije su:

- Spoljni projektne uslovi (leto): $t_{sp} = 34,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi = 33 \%$ (prema podacima iz ASHRAE 1997 za datu geografsku dužinu i širinu),
- Dobici toplote od osvetljenja i opreme preizetu iz elektro

dela I prema preporukama,

- Dobici od ljudi su: senzitivni: $75 \text{ W}/\check{c}$; latentni: $50 \text{ W}/\check{c}$.

- Unutrašnje projektne temperature usvojene su prema nameni prostorija :

- 1 Prodajni salon, $26 \text{ }^\circ\text{C}$
- 4 Kancelarija, $26 \text{ }^\circ\text{C}$
- 5 Kancelarija, $26 \text{ }^\circ\text{C}$
- 6 Kuhinja, $26 \text{ }^\circ\text{C}$
- 7 Prostorija za magacionera, $26 \text{ }^\circ\text{C}$
- 9 Prostorija za REK, $26 \text{ }^\circ\text{C}$
- Sve ne klimatizovane prostorije $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Proračun toplotnih gubitaka i toplotnih dobitaka urađen je pomoću softvera Hanibal 5.0, a na osnovu koeficijenata prolaza toplote iz elaborata energetske efikasnosti, arhitektonskih podloga i šema stolarije. Toplotni gubici su računati prema standardu EN12831, dok su toplotni dobitci računati prema ASHRAE proceduri iz 1997. godine.

5.1.3 Instalacija ventilacije

U objektu prodajnog salona sa magacinom gotovih proizvoda spratnosti P predviđena je prirodna ventilacija prostorija preko spoljnih prozora, kao i veštačka ventilacija sanitarnih čvorova i garderobe u administrativnom delu objekta. U zoni spušenog plafona u prostorijama koje se ventilišu postavlja se razvod od standardnih spiro cevi na koje se postavljaju aeroventili za izvlačenje vazduha. Izvlačenje se vrši preko kanalskih ventilatora, proizvođača "S&P" koji otpadni vazduh, preko spoljnih protivkišnih žaluzina izbacuju napolje. Predviđena su dva ventilatora, model VENT-150N za sanitarne čvorove i VENT-125N za garderobu. Na svim vratima prostorija gde postoji veštačko odsisavanje predviđene su tipske rešetke za prisiv vazduha u donjoj zoni.

5.1 Ulazni podaci za proračun

Spoljni zidovi	
Oznaka	k
[-]	[W/m ² /K]
SFZ	0,138

Tabela 1. Koeficijent spoljnog zida

Unutrašnje pregrade	
Oznaka	k
[-]	[W/m ² /K]
ZNP	0,136
P	0,243
UZ1	0,387
UZ2	0,305
MK	0,294

Tabela 2. Koeficijent unutrašnjih pregrada

Koeficijente prelaza toplote smo dobili ubacivanjem slojeva omotača zgrade u program "URSA Građevinska fizika 2", koji sadrži katalog materijala, a ima i mogućnost da u okviru tog kataloga unesete svoj materijal koga nema u bazi. Na osnovu odabira materijala koji je dat u arhitektonskom projektu dobili smo pregled konstrukcija i njihovih koeficijenata prelaza toplote:

Spoljni zid - neventilisani, $U_{max} = 0,300 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Spoljni zid, $U = 0,138 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Prozor, $U_{\max} = 1,500 \text{ W/m}_2\text{K}$

PR3, $U = 1,460 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

PR4, $U = 1,450 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Spoljna vrata od stakla, $U_{\max} = 1,600 \text{ W/m}_2\text{K}$

VR, $U = 1,490 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Izlog, $U_{\max} = 1,800 \text{ W/m}_2\text{K}$

PR1, $U = 1,440 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

PR2, $U = 1,460 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Zid prema negrejanim prostorima, $U_{\max} = 0,400 \text{ W/m}_2\text{K}$

Zid prema negrejanom prostoru, $U = 0,136 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Meduspratna konstrukcija ispod negrejanog prostora, $U_{\max} = 0,300 \text{ W/m}_2\text{K}$

MK, $U = 0,294 \text{ W/m}_2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Pod na tlu, $U_{\max} = 0,300 \text{ W/m}_2\text{K}$

Pod na tlu, $U = 0,243 \text{ W/m}_2\text{K}$

Koeficijenti spoljašnjih zidova i unutrašnjih pregrada su ubačeni u softver Hanibal 5.0 i na osnovu koeficijenata, arhitektonskih podloga i šema stolarije. Dobijeni su toplotni gubici računati prema standardu EN12831, dok su toplotni dobici računati prema ASHRAE proceduri iz 1997. godine.

1 - Prizemlje prodaja							
Br. r.	Naziv	P [m]	Visina [m]	Qt [W]	Qv [W]	Qrh [W]	Quk [W]
1	1. Prodajni salon	527,32	3,4	12451	10607	10546	33604

2 - Prizemlje admin.							
Br. r.	Naziv	P [m]	Visina [m]	Qt [W]	Qv [W]	Qrh [W]	Quk [W]
2	3. Hodnik	11,29	3,05	403	205	226	834
3	4. Kancelarija	15,67	3,05	390	564	313	1267
4	5. Kancelarija	14,53	3,05	434	525	291	1250
5	6. Kuhinja	8,99	3,05	123	487	180	790
6	7. Prostorija za magac.	9,57	3,05	253	345	191	789
7	8. WC magacioneri	2,73	3,05	20	42	55	117
8	9. Prostorija za REK	2,35	3,05	ne greje se			
9	10. Garderoba	3,99	3,05	115	143	80	338
10	11. WC ženski	3,53	3,05	-14	54	71	111
11	12. WC muški	3,64	3,05	-7	57	73	123

UKUPNO							
UKUPNO		603,61		14168	13029	12026	39223

Tabela 3. Prikaz gubitaka toplote po prostorijama

1 - Prizemlje prodaja							
Br. r.	Naziv	Mesec	Sat	Tun	Qos [W]	Qat [W]	Quk [W]
1	1. Prodajni salon	Juli	18	26	19427	3000	22427

2 - Prizemlje admin.							
Br. r.	Naziv	Mesec	Sat	Tun	Qos [W]	Qat [W]	Quk [W]
3	4. Kancelarija	Juli	17	26	2064	200	2264
4	5. Kancelarija	Juli	17	26	1929	100	2029
5	6. Kuhinja	Septembar	12	26	724	200	924
6	7. Prostorija za magacionera	Septembar	2	26	957	500	1457
8	9. Prostorija za REK	Septembar	20	26	1768	0	1768

Tabela 4. Prikaz dobitaka toplote po prostorijama

6. METODE PRORAČUNA GODIŠNJE POTROŠNJE TOPLOTE- METODOM STEPEN DANA

Sam pojam STEPEN-DAN, koji je ključni element ove metode, predstavlja, na neki način, pokazatelj kretanja spoljne temperature vazduha u nekom mestu tokom perioda grejanja.

Godišnja potrebna toplota za grejanje, $Q_{H,nd}$ se prema SRPS EN ISO 13790, za sisteme koji rade bez prekida u zagrevanju, računa po formuli:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \text{ [kWh/a]}$$

gde su:

$Q_{H,ht}$ – godišnja potreba toplote za nadoknadu gubitaka toplote [kWh/a]

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorišćenja dobitaka za period grejanja

$Q_{H,gn}$ – godišnja količina toplote koja protiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja [kWh/a]

Specifična godišnja potrebna toplote za grejanje, $Q_{H,an}$ predstavlja količnik godišnje potrebne toplote za grejanje i korisne površine zgrade:

$$Q_{H,an} = \frac{Q_{H,nd}}{A_f} \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$$

gde je:

A_f – korisna površina zgrade [m²]

Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote obuhvata toplotu koja je potrebna za nadoknadu transmisionih Q_T i ventilacionih gubitaka toplote Q_v :

$$Q_{H,ht} = Q_T + Q_v \text{ [kWh/a]}$$

Godišnja količina toplote koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote i dobitaka usled sunčevog zračenja:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \text{ [kWh/a]}$$

gde su:

Q_{int} – godišnja količina toplote koja protiče od unutrašnjih dobitaka toplote [kWh/a]

Q_{sol} – godišnja količina toplote koja protiče od dobitaka usled Sunčevog zračenja [kWh/a]

Pa se godišnja potrebna toplota za grejanje može izraziti na sledeći način:

$Q_{H,nd} = (Q_T + Q_V) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$ [kWh/a]
 Godišnja potrebna toplota za nadoknadu gubitaka toplote računa se po formuli:

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} \text{ [kWh/a]}$$

gde su:

H_T – koeficijent transmisijonog gubitaka toplote [W/K]

H_V – koeficijent ventilacionog gubitaka toplote [W/K]

HDD – broj stepen dana za lokaciju zgrade (HDD – Heating Degree Days)

7. REZULTATI PRORAČUNA GODIŠNJE POTROŠNJE TOPLOTE

Koeficijent transmisijonog gubitka toplote H_T	407,01 W/K
Koeficijent ventilacionog gubitka toplote H_V	686,25 W/K
Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplote $Q_{H,ht}$	70292 kWh
Godišnja količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote $Q_{H,int}$	28251 kWh
Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled sunčevog zračenja $Q_{H,sol}$	3204 kWh
Bezdimenzioni odnos toplotnog bilansa Y_H	0,447
Faktor redukcije za grejanje $a_{H,red}$	0,852
Faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja $\eta_{H,gn}$	0,980
Godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,nd}$	39151 kWh
Godišnja redukovana potrebna energija za grejanje $Q_{H,nd,red}$	33370 kWh
Specifična godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,an}$	29,8 kWh
Energetski razred zgrade	B

Tabela 5. Prikaz godišnje potrebne energije za grejanje – godišnji proračun

Mesec	$Q_{H,ht}$	$Q_{sol,gl}$	$Q_{sol,c}$	Q_s	Q_{li}	Q_{el}	Q_{int}	$Q_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$
Okt	2817	328	39	36	7	709	164	235	271
Nov	1040	4	381	43	4	8	328	470	512
Dec	1481	2	296	33	32	146	328	474	507
Jan	1631	8	365	41	40	146	328	474	515
Feb	1277	5	490	59	54	132	328	460	515
Mar	1032	1	657	84	74	146	328	474	548
Apr	2845	341	47	47	38	8	164	235	273

Tabela 6. Prikaz godišnje potrebne energije za grejanje – mesečni proračun

8. ZAKLJUČAK

VRF uređaji sa promenljivim protokom rashladnog fluida su trenutno prepoznati kao najefikasniji KGH uređaji na tržištu kada je u pitanju ušteda električne energije, zbog čega je uzet u razmatranje ovog rada.

Pored toga što pružaju znatnu uštedu, VRF sistemi su ujedno i mnogo bolji za okolinu u poređenju sa klasičnim sistemima, imajući u vidu da stvaraju daleko manju emisiju CO₂ gasova. Pored toga, VRF sistemi smanjuju gubitke strujanja vazduha koji se pojavljuje u klasičnim ventilacionim sistemima zbog različitog koncepta prenosa energije.

VRF sistemi omogućavaju stalni rad uređaja, čak i u najzahtevnijim vremenskim uslovima. Pored toga, pametna kontrola uređaja omogućava licima ovlašćenim za održavanje ventilacionih sistema da sa udaljene tačke prate i podešavaju funkcije uz pomoć aplikacije za smart telefon. Relativno jednostavna ugradnja čini VRF sisteme idealnim kada su u pitanju visoke zgrade, kao i prodajni saloni sa magacinom, koji je razmatran u ovom radu.

9. LITERATURA

- [1] „Klimatizacija” Branislav Todorović
 [2] <https://dokumen.tips/documents/sistemi-klimatizacije.html> preuzeto 04.09.2022
 [3] <http://aliquantum.rs/wp-content/uploads/2011/12/05-Godisnja-potrosnja-energije-za-grejanje.pdf> preuzeto 06.09.2022
 [4] <https://www.toshiba-aircondition.com/sr/detaljnije-o-vrf-tehnologiji.html> preuzeto 08.09.2022
 [5] https://www.daikin.rs/sr_rs/about/daikin-innovations/variable-refrigerant-volume.html preuzeto

08.09.2022

- [6] <https://www.gradnja.rs/vrf-sistemi-klimatizacije-idealni-za-visoke-zgrade/> preuzeto 10.09.2022

- [7] <https://coolsistem.com/product/vrf-lg/> preuzeto 10.09.2022

- [8] <https://munjaklimatizacija.rs/blog/vrf-sistem-klimatizacije/> preuzeto 13.09.2022

- [9] URSA d.o.o. Beograd: Uputstvo za upotrebu

- programa-URSA GRADEVINSKA FIZIKA 2, Beograd.

- [10] Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i

- infrastrukture: Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada, („Sl.glasnik RS”, br.61/2011)

- [11] Miroslav Kljajić, Igor Mujan: Energetski pregledi, Novi Sad, 2018.

- [12] [PRAVILNIK O USLOVIMA SADRŽINI NAČINU IZDAVANJA SERTIFIKATA O ENERGETSKIM SVOJSTVIMA ZGRADA.pdf](https://mgsi.gov.rs) (mgsi.gov.rs) preuzeto 17.09.2022

Kratka biografija:



Ilija Damjanac rođen je u Trebinju 1992. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetskih tehnologija je odbranio 2022. godine.

Kontakt: ilijadamjanac13@gmail.com