

# OPTIMIZACIJA RASHLADNIH SISTEMA U POGLEDU UŠTEDE ENERGIJE I UNAPREĐENJA KVALITETA UNUTRAŠNJE SREDINE

OPTIMIZATION OF COOLING SYSTEMS IN A VIEW OF  
ENERGY SAVING AND INDOOR ENVIRONMENT QUALITY

MAIJA VIRTA, HARRI ITKONEN,  
PANU MUSTAKALLIO i RISTO KOSONEN,  
Halton Oy, Helsinki, i  
JYRKI JOKISALO,

Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland

*Potrošnja energije u zgradi zavisi od projekta omotača zgrade i izabranih sistema za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju (KGH). Osim toga, način na koji se ugrađuju sistemi KGH nudi mnogobrojne prilike za uštedu energije.*

*Na primer, ventilacija u skladu sa potrebama umanjuje hlađenje i isušivanje primarnog vazduha, kao i količinu energije neophodnu za pokretanje ventilatora. Optimizacija čilera takođe je od značaja. Zaštita od sunca, stepen osvetljenosti i kontrola osvetljenja i zaštite od sunca predstavljaju važne oblasti na koje je neophodno usmeriti pažnju, zbog toga što umanjuju potrošnju energije u sistemu za osvetljenje, kao i potrošnju energije u sistemu za hlađenje. Ovaj rad opisuje četiri slučaja u kojima se analizira uticaj poboljšanje fasade zgrade i sistema KGH u pogledu potrošnje energije. Prvenstveno usmerenje jeste na optimizaciju rashladnih sistema, ali su u simulacijama potrošnje energije uključene i druge komponente. Ukupan potencijal za uštedu energije sistema KGH u ovoj studiji iznosi preko 60%,*

*The energy consumption of building depends on the design of building envelope and selected HVAC systems. Also the HVAC system design offers many opportunities to save energy. For example, the demand controlled ventilation reduces both cooling and dehumidification of primary air as well as energy to run fans. Optimization of chillers is also important. Solar shading, lighting levels and control of lighting and shades are important areas to pay attention, because they reduces the energy consumption of lighting system as well as the energy consumption of cooling system. This paper presents four case studies where both improvements in building facade and HVAC systems are studied in terms of energy consumption. Main focus is in optimisation of cooling system, but other components are also included in energy simulations. Total energy saving potential of HVAC system is over 60% in this case study by actions that are*

*putem aktivnosti koje u isto vreme takođe poboljšavaju uslove ugodnosti.*

*simultaneously improving also comfort conditions.*

**Ključne reči:** rashladni sistem; ušteda energije; fasada zgrade; ventilacija; rashladne grede

**Key words:** refrigerating system; energy saving; building facade; chilled beams

## 1. Uvod

Održiva izgradnja ne obezbeđuje samo blagostanje korisnika i zdravo okruženje u zatvorenim prostorima, već obuhvata i različite aspekte zaštite životne sredine. Od pitanja vezanih za zaštitu životne sredine, među najvažnijima se nalaze energetska efikasnost zgrade i upotreba obnovljivih izvora energije, međutim neophodno je baviti se i mnogim drugim pitanjima, kao što su upotreba zemljišta, položaj zgrade (npr. blizina javnog prevoza), smanjenje stepena zagađenja tokom izgradnje i veka trajanja zgrade, izbor odgovarajućih materijala i dr.

Usmerenje ka uštedi energije i upotrebi obnovljivih izvora energije predstavlja glavni izvor za unapređenje zaštite životne sredine i smanjenje emisije ugljeničnih gasova u građevinskoj industriji. Na energetska efikasnost zgrade u velikoj meri utiču sistemi za klimatizaciju i ventilaciju.

Potrošnja energije u zgradi zavisi od projekta omotača zgrade, korišćenih sistema KGH, kao i njihovog održavanja. Kvalitet prozora takođe igra važnu ulogu u projektovanju zgrade. Zaštita od sunca je još jedna važna stavka kojom arhitekta u velikoj meri mogu da utiču na kvalitet zgrade i njenu energetska efikasnost. Dobrom zaštitom od sunca moguće je smanjiti potrebu za hlađenjem na nivo internog opterećenja, npr. 40–50 W/m<sup>2</sup> poda. U isto vreme, time se proširuje izbor sistema KGH koji se u zgradi mogu koristiti. U takvim se zgradama mogu koristiti sistemi za grejanje niskom temperaturom i sistemi za hlađenje visokom temperaturom (kao što je panelno hlađenje, rashladna tavanica i rashladne grede). Osim toga, primenljivi postaju i potpuni vazdušni sistemi, kao što je potisna ventilacija.

Održiva rešenja uparaju svaki od prostora sa odgovarajućim sistemom, npr. potpuni vazdušni sistemi sa prostorijama u kojima su najveći toplotni izvor ljudi (npr. auditorijum), dok je u kancelarijskom okruženju ekonomičnije prenositi toplotu korišćenjem vode kao prenosnika. Cilj je izraditi rešenja koja se mogu prilagoditi u skladu sa primenom prostora kako bi se postigli različiti klimatski uslovi u zatvorenim prostorijama tokom veka trajanja zgrade, kao i upotreba proizvoda koji se mogu prilagoditi različitim uslovima i projektovati tako da čine celovita rešenja.

Dobri klimatski uslovi u zatvorenim prostorijama mogu se postići sa manjim utroškom energije izborom sistema koji dopuštaju optimizaciju energetska efikasnog hlađenja i zagrevanja.

Smanjeni zahtevi za hlađenjem i grejanjem takođe dopuštaju bolju upotrebu obnovljivih izvora energije kao što su toplotne pumpe sa podzemnom vodom kao izvorom toplote, spoljašnji vazduh (slobodno hlađenje), solarni paneli, bioenergija, vetar itd. Postoji nekoliko primarnih izvora energije za proizvodnju toplote, međutim energija za hlađenje se uglavnom proizvodi korišćenjem električne energije, koja najčešće ima visok primarni energetska koeficijent. Zbog toga je u studijama primarne energije važno svesti potrebu za rashlađivanjem na minimum.

## 2. Projektni kriterijumi odabranih analiza slučaja

U ovoj analizi slučaja korišćen je program za simulaciju potrošnje energije IDA-ICE kako bi se sračunala godišnja potrošnja energije u zgradi. Da bi se procenio potencijal za uštedu energije, korišćene su dve različite vrste zgrada. Referentna zgrada sadržala je strukture kakve se danas najčešće koriste u centralnoevropskim klimatskim uslovima. U unapređenim zgradama unapređena je i toplotna provodnost spoljašnjih struktura kao i zaštita prozora od sunca i sistem za osvetljavanje.

Korišćena su tri različita sistema KGH za klimatizaciju prostorija i ventilaciju: ventilator-konvektori sa konstantnim protokom vazduha, tradicionalne aktivne rashladne grede sa konstantnim protokom vazduha i prilagodljive aktivne rashladne grede sa promenljivim protokom vazduha. Izmenjene su i druge karakteristike sistema KGH, kao što su efikasnost sistema za iskorišćenje otpadne toplote i čiler. Prostorije su analizirane, a komponente sistema KGH dimenzionisane korišćenjem podataka o proizvodima i alatima za projektovanje koje je obezbedio proizvođač.

Na osnovu navedenog načinjene su četiri različite kombinacije, te su prema tome simulirani sledeći slučajevi:

- referentna zgrada sa sistemom ventilator-konvektora i iskorišćenjem otpadne toplote pomoću sistema sa vodom,
- referentna zgrada sa tradicionalnim rashladnim gredama i iskorišćenjem otpadne toplote pomoću sistema sa vodom,
- referentna zgrada sa prilagodljivim rashladnim gredama i pločastim razmenjivačima toplote,
- unapređena zgrada sa prilagodljivim rashladnim gredama i pločastim razmenjivačima toplote.

### 2.1. Projektne vrednosti zgrada i sistem KGH

Simulacija je obavljena korišćenjem 11000 m<sup>2</sup> kancelarijskog prostora (10 spratova), pri čemu svaki sprat sadrži mešavinu različitih tipova prostorija: zajedničke kancelarije 610 m<sup>2</sup> (55%), kancelarijske prostorije 242 m<sup>2</sup> (22%), prostorije za sastanke 162 m<sup>2</sup> (15%) i ostalo (toaleti itd.) 95 m<sup>2</sup> (8%). Glavne fasade su bile usmerene ka severozapadu i jugoistoku. Visina prozora iznosila je 1,8 m, a širina 1,2 m, sa po jednim prozorom u svakom modulu od 1,35 m, tako da je odnos prozor–pod iznosio 25% u spoljašnjim kancelarijama. Preostali parametri nacrtu zgrade i sistema prikazani su u tabelama 1 i 2. Energetska simulacija sprovedena je upotrebom meteoroloških informacija za Pariz odnosno Orli.

### 2.2. Neophodno hlađenje u različitim delovima zgrade

Različiti delovi zgrade zahtevaju različite rashladne kapacitete jedinice za obradu vazduha. Zahtevana potreba za hlađenjem se simulira upotrebom softvera za simulaciju potrošnje energije IDA-ICE. Analizirana zgrada deli se na nekoliko radnih zona na osnovu njenih unutrašnjih projektnih vrednosti (upotreba prostora, protok vazduha, unutrašnje opterećenje) i orijentacije (solarno opterećenje). Potreba za hlađenjem u različitim delovima zgrade (sl. 1) predstavljena je u tabeli 3. U ovoj analizi slučaja referentna zgrada zahteva jedinicu za obradu vazduha koja je u stanju da isporučuje 80 W/ m<sup>2</sup> hlađenja u kancelarijski prostor, a u unapređenu zgradu 63 W/m<sup>2</sup>.

Tabela 1. Projektne vrednosti za referentne i unapređene zgrade

	Referentna zgrada	Unapređena zgrada
Spoljašnji zid, W/K m <sup>2</sup>	0,43	0,3
Infiltracija, dm <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup>	0,33	0,165
Prozor, W/K m <sup>2</sup>	2,6	1,1
g-vrednost prozora	0,48	0,31
Zaštita od sunca	ne	spoljašnja tenda od 500 mm
Opterećenje osvetljenja, W/m <sup>2</sup>	15	12
Kontrola osvetljenja	vremenska	vremenska, dnevno svetlo

Tabela 2. Projektne vrednosti različitih sistema KGH

		Sistem 1 KGH	Sistem 2 KGH	Sistem 3 KGH
Grejanje i hlađenje	Sobna jedinica za obradu vazduha	Ventilator-konvektor	Tradicionalna aktivna rashladna greda	Prilagodljiva aktivna rashladna greda
	Čilersko postrojenje sa vazduhom hlađenim kondenzatorima	Jedan zajednički čiler (2°C)		2 čilera: grede (10°C), klima-komora (2°C)
	Temperatura vode na ulazu	12°C	15°C	
	Kontrola prostorije	P		PI
	Zadata vrednost temperature prostorije	20,5/24°C		20,5/25°C
	Kotlovsko postrojenje	Kondenzacioni kotao		
	Klima-komora	Protok vazduha	Posvećeni sistemi za spoljašnji vazduh: 1,5 l/s, m <sup>2</sup> u kancelarijama, 4,2 l/s, m <sup>2</sup> u prostorijama za sastanke	
Tip protoka vazduha		KPV u svim prostorijama		KPV u kancelarijama, PPV u prostorijama za sastanke
Kanali		Balansirani		Konstantni pritisak
Spec. snaga ventilatora kW/m <sup>3</sup> ,s		1,9		1,6
Temperatura rashladne vode		12°C		
Temperatura vazduha na ulazu		20°C	16°C	
Povraćaj toplote		Sistem sa vodom (40%)		Ploče (60%)
Filtriranje		EU7 na ulazu i EU 3 na izlazu		
Ventilacija sa noćnim pražnjenjem		Ne		Da

Tabela 3. Potreba za hlađenjem u različitim delovima zgrade

Prostor	Površina (m <sup>2</sup> )	Referentna (W/m <sup>2</sup> )	Unapređena (W/m <sup>2</sup> )
Kancelarijski prostor A	12,9	77	58
Kancelarijski prostor D	12,9	80	63
Prostorija za sastanke I	27,2	98	80
Prostorija za sastanke L	27,2	104	88
Prostorija za sastanke K1	27,2	67	25
Zajednička kancelarija H	292	43	25
Zajednička kancelarija G	290	43	28

### 2.3. Izbor jedinice za obradu vazduha

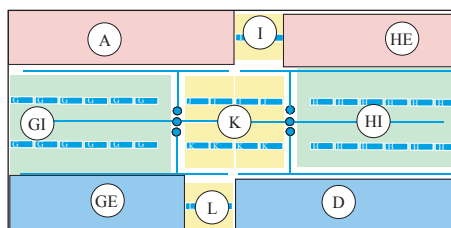
#### 2.3.1. Izbor ventilator-konvektorske jedinice

Po jedna ventilator-konvektorska jedinica nalazi se u svaka dva modula. Svaki od konvektora je izabran tako da može da obezbedi dovoljno hlađenja i za kancelarijski prostor i za prostorije za sastanke da bi se omogućila fleksibilnost u budućnosti. To znači da svaka od konvektorskih jedinica mora da proizvede  $104 \text{ W/m}^2 \times 12,9 \text{ m}^2 = 1342 \text{ W}$ . Najpribližnija standardna veličina može da obezbedi  $1500 \text{ W}$  hlađenja sa temperaturama vode od  $12^\circ\text{C}/16^\circ\text{C}$  i porastom pritiska u ventilatoru od  $50 \text{ Pa}$ . Efikasnost motora ventilatora iznosi  $40\%$ . Ukupna zapremina vazduha dopremljenog u prostoriju iznosi  $75 \text{ l/s}$ . Uslovi u prostoriji se ne navode u podacima proizvođača. Ulazna temperatura vazduha iznosi  $20^\circ\text{C}$  tokom čitave godine, a tokom dana sa povišenom vlažnošću vazduha delovi latentnog opterećenja prelaze na jedinice sa ventilator-konvektorima. Ventilator-konvektorske jedinice se kontrolišu 24 sata dnevno tokom čitave nedelje na osnovu zadate vrednosti temperature vazduha u prostoriji.

#### 2.3.2. Izbor rashladne grede

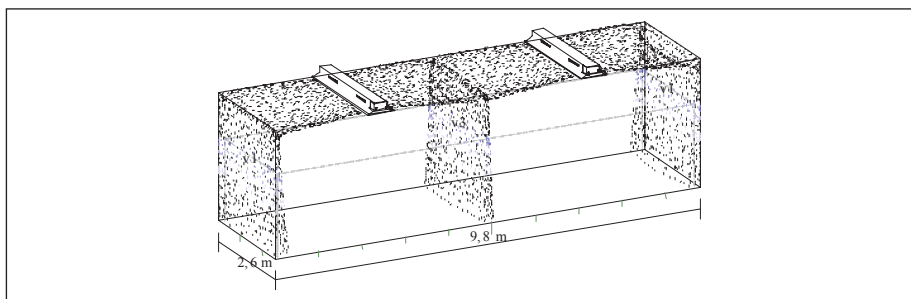
Referentni slučaj traži dve različite vrste rashladne grede. U kancelarijama je potrebna najmanja veličina mlaznice (mlaznica A) kako bi se obezbedio dotok od  $1,5 \text{ l/s, m}^2$ . U prostoriji za sastanke primarna zapremina vazduha mnogo je veća ( $4,2 \text{ l/s, m}^2$ ). Prema tome, bira se mnogo veća veličina mlaznice (mlaznica D). Iako brzina raste u zauzetoj zoni ( $0,20 \rightarrow 0,35 \text{ m/s}$ ), pritisak u komori se blago povećava ( $119 \rightarrow 132 \text{ Pa}$ ), a stepen buke raste ( $21 \rightarrow 33 \text{ dB(A)}$ ).

Izbor rashladne grede prikazan je na slikama 2 i 3. Neophodna je efektivna dužina od  $2300 \text{ mm}$  da bi se postigao dovoljno visok rashladni kapacitet.



Slika 1. Zgrada je podeljena na nekoliko operativnih zona: kancelarijske prostorije (A, D), zajedničke kancelarije (H, G) i prostorije za sastanke (I, K, L)

Hlađenje	Greda/A-2600-2300		
Prostorija			Protok vazduha na ulazu: 2 x 19 l/s
Dimenzije prostorije:	9,8 x 2,6 x 2,8 m		(8,3 l/(sm), 1,5 l/(sm <sup>2</sup> ))
Zauzeta zona:	h = 1,8 m / dw = 0,1 m		Temp. vazduha na ulazu: 16,0°C
Vazduh u prostoriji:	25,5°C/50%		Ukupan pad pritiska: 119 Pa
Toplotni dobici:	–		Ukupan zvučni pritisak: 21 dB(A)
Visina instalacije:	2,80 m		Primarni kapacitet vazduha: 429 W (2 x 215 W)
Temp. vode na ulazu:	15,0°C		Ukupan rashladni kapacitet: 2110 W (2 x 1055 W)
Temp. vode na izlazu:	19,0°C		459 W/m, 83 W/m <sup>2</sup>
Protok vode:	0.100 kg/s (2 x 0,050kg/s)		Temperatura po vlažnom termometru: 14,3°C
Kapacitet konvektora:	1681 W (2 x 841 W)		Kontrola brzine: bočna = 3, u sredini = 3
	365 W/m		Otvor prigušivača protoka:
Pad pritiska vode:	2,3 kPa		
Maks. brzina mlaza	v1	v3	
Brzina kroz mlaznicu	~0,20 m/s	~0,20 m/s	
Vazduh kroz mlaznicu	~0,20 m/s	~0,15 m/s	
dt (vazduh kroz mlaznicu)	-0,6°C	-0,7°C	
Izvori toplote i njihov položaj mogu da utiču na brzinu i smer mlaza vlim = 0,15 m/s			



*Slika 2. Izbor rashladne grede za referentni slučaj kancelarijskog prostora. Brzina V1 predstavlja brzinu vazduha u prostoriji u blizini zidova u kancelarijskom prostoru, a V3 brzinu u zajedničkoj kancelariji između greda. (Odštampano iz proizvođačkog programa za izbor)*

Greda/D-2600-2300			
Hlađenje		2007.10	
Prostorija:		Protok vazduha na ulazu:	2 x 53 l/s
Dimenzije prostorije:	9,8 x 2,6 x 2,8 m		(23,0 l/(sm), 4,2 l/(sm <sup>2</sup> ))
Zauzet prostor:	h = 1,8m / dw = 0,1 m	Temp. vazduha na ulazu:	16,0°C
Vazduh u prostoriji:	25,5°C/50%	Ukupan pad pritiska	132 Pa
Toplotni dobici:	–	Ukupan zvučni pritisak	33 dB(A)
Visina instalacije:	2,80 m	Primarni kapacitet vazduha:	1197 W (2 x 598 W)
Temp. vode na ulazu:	15,0°C	Ukupan rashladni kapacitet:	3276 W (2 x 1638 W) 712 W/m, 129 W/m <sup>2</sup>
Temp. vode na izlazu:	20,0°C	Temperatura kondenzovanja:	14,3°C
Protok vode:	0,100 kg/s (2 x 0,050 kg/s)	Kontrola brzine:	bočna = 3, u sredini = 3
Kapacitet konvektora	2080 W (2 x 1040 W) 452 W/m	Otvor podnog prigušivača:	–
Pad pritiska vode:	2,3 kPa	L <sub>d</sub> :	–
Maks. brzina mlaza:	v <sub>1</sub>	v <sub>3</sub>	
Brzina kroz mlaznicu:	~0,35 m/s	~0,25 m/s	
Brzina kroz mlaznicu, izoterm.	~0,35 m/s	~0,25 m/s	
dt (vazduh kroz mlaznicu – vazduh u prostoriji)	–0,6°C	–0,6°C	

Slika 3. Izbor rashladne grede za prostoriju za sastanke u referentnom slučaju. (Odštampano iz proizvođačkog programa za izbor)

U unapređenom slučaju bira se samo jedan model rashladne grede. Ta je greda u stanju da ispuni zahteve i kancelarijskih prostorija i prostorija za sastanke u pogledu protoka vazduha i rashladnog kapaciteta. Najmanja veličina mlaznice (mlaznica A) je dovoljna kako bi se obezbedilo 1,5 l/s, m<sup>2</sup> primarnog vazduha za kancelarije, a otvaranjem jedinice za kontrolu kvaliteta vazduha (sl. 4) u prostorijama za sastanke može se postići veći protok primarnog vazduha od 4,2 l/s, m<sup>2</sup>. Izbor rashladne grede za unapređenu prostoriju za sastanke prikazan je na sl. 5. U unapređenom slučaju mogu se obezbediti bolji uslovi u različitim radnim situacijama za razliku od referen-

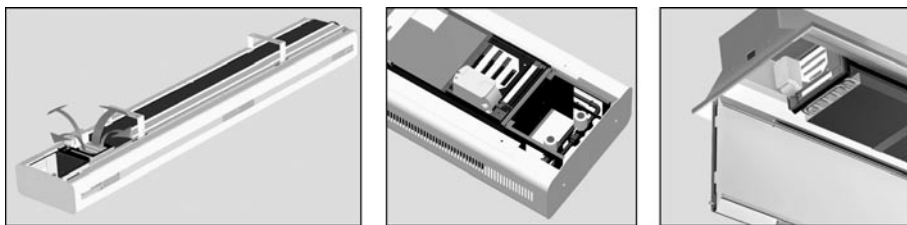
Nova greda – 2600-2300+AQ(24.3)			
Hlađenje		2009.06	
Prostorija:		Protok vazduha na ulazu:	2 x 53 l/s / 2 x 16 l/s
Dimenzije prostorije:	9,8 x 2,6 x 2,8 m	Ukupno/ventil(i)	(23,0 l/(sm), 4,2 l/(sm <sup>2</sup> ))
Zauzet prostor:	h = 1,8m / dw = 0,1 m	Temp. vazduha na ulazu:	16,0°C
Vazduh u prostoriji:	25,5°C/50%	Ukupan pad pritiska	100 Pa
Toplotni dobici:	–	Ukupan zvučni pritisak	33 dB(A)
Visina instalacije:	2,80 m	Primarni kapacitet vazduha:	1197 W (2 x 598 W)
Temp. vode na ulazu:	15,0°C	Ukupan rashladni kapacitet:	2304 W (2 x 1152 W) 501 W/m, 90 W/m <sup>2</sup>
Temp. vode na izlazu:	21,6°C	Temperatura kondenzovanja:	14,3°C
Protok vode:	0,040 kg/s (2 x 0,020 kg/s)	Kontrola brzine:	bočna = 3, u sredini = 3
Kapacitet konvektora	1107 W (2 x 554 W) 241 W/m	Otvor podnog prigušivača:	–
Pad pritiska vode:	0,4 kPa	L <sub>d</sub> :	2,2 m
Maks. brzina mlaza:	v1	v3	
Brzina kroz mlaznicu:	~0,25 m/s	~0,25 m/s	
Mlaz AQ difuzora	~0,25 m/s	~0,20 m/s	
Brzina kroz mlaznicu, izoterm.	~0,25 m/s	~0,20 m/s	
dt (vazduh kroz mlaznicu – vazduh u prostoriji)	-1,1°C	-1,3°C	
Izvori toplote i njihov položaj mogu da utiču na brzinu i usmerenje mlaza			
v <sub>lim</sub> = 0,15 m/s			

Slika 5. Izbor rashladne grede za prostorije za sastanke u unapređenom slučaju. Brzina V1 u blizini zida se smanjuje sa 0,35 m/s (sl. 4) na 0,25 m/s, kao i brzina V3 između redova rashladnih greda. (Odštampano iz proizvođačkog programa za izbor)

tnog slučaja sa jeftinijim troškovima tokom životnog veka, odnosno nema potrebe za izmenom greda u budućnosti čak i ukoliko se način upotrebe prostora izmeni.

Upotreba promenljivog protoka vazduha moguća je kada se koriste prilagodljive rashladne greda sa jedinicom za kontrolu kvaliteta vazduha. Ukoliko se u tradicio-

nalnoj gredi koristi veća mlaznica sa manjim protokom vazduha, ulazni mlaz vazduha odvaja se od površine tavanice i stvara neočekivane brzine u zauzetoj zoni.



*Slika 4. Jedinica za kontrolu kvaliteta vazduha se integriše u rashladnu gredu kako bi kontrolisala neophodan dodatni protok vazduha kroz rashladnu gredu. Najmanji neophodni protok vazduha se obezbeđuje kroz mlaznice. U slučaju velikog maksimalnog protoka vazduha, jedinica za kontrolu kvaliteta na gornjoj strani ili unutar rashladne grede može se motorizovati (npr. u prostorijama za sastanke)*

### 3. Rezultati simulacija potrošnje energije

Potrošnja energije u zgradi simulirana je korišćenjem softvera IDA-ICE. Potrošnja energije sistema KGH predstavljena je u tabeli 4.

Prema ovoj analizi potencijal za uštedu energije pri hlađenju iznosi 60%. Ušteda energije iznosi oko 5 kWh/m<sup>2</sup>, u isporučenoj energiji i 12 kWh/m<sup>2</sup>, u primarnoj energiji (pri čemu je koeficijent primarne energije 2,5). Razlog za to je i smanjeno opterećenje prilikom hlađenja i niz unapređenja u okviru sistema. Rashladno opterećenje je svedeno poboljšanjem zaštite od sunca (spoljašnje tende od 500 mm smeštene 200 mm iznad prozora i bolji koeficijent osenčenja samih prozora). Osim toga, opterećenje od osvetljenja je svedeno sa 15 W/m<sup>2</sup> na 12 W/m<sup>2</sup> i obezbeđen je sistem za osvetljavanje sa kontrolom dnevnog svetla.

Osim toga, u najboljem slučaju je uveden niz unapređenja sistema za KGH. U prostorijama za sastanke korišćena je ventilacija regulisana prema potrebama. To smanjuje korišćenje energije za hlađenje i uklanjanje vlage iz primarnog vazduha. Korišćena su dva čilera kako bi se povećao koeficijent hlađenja drugog čilera koji opslužuje sistem rashladnih greda (temperatura je povišena sa 2°C na 10°C). Zadana temperatura prostorije prilikom hlađenja je povišena sa 24°C na 25°C. Takođe je uvedeno noćno praznjenje ventilacije. Međutim, to nije smanjilo ukupnu energetska potrošnju sistema, iako su se javile uštede na strani hlađenja, zbog toga što je energetska potrošnja ventilatora povećana zbog potrebe da se ventilatori pokreću i tokom noći.

U isto vreme smanjena je i potrošnja energije za pumpanje, ali pošto predstavlja manje od 1% ukupne energetske potrošnje sistema HVAC, ona nije bitna. Ventilacija zasnovana na potrebama rashladnih greda umesto ventilator-konvektora i smanjena specifična snaga ventilatora, smanjuju energetska potrošnju ventilatora za 8,1 kWh/m<sup>2</sup>. Najveći potencijal za uštedu (19,1 kWh/m<sup>2</sup>) u sistemima KGH prema ovoj studiji predstavlja grejanje ventilacije zbog efikasnijeg iskorišćenja otpadne toplote i ventilacija prema potrebama u prostorijama za sastanke. Unapređenje strukture zgrade prvenstveno utiče na zagrevanje prostorija, ali udeo grejanja u ukupnoj isporuci energije učestvuje sa tek oko 5%, a 2–3% ukupne primarne energetske potrošnje zgrade.

Tabela 4. Rezultati simulacije energetske potrošnje u obliku isporučene energije

		Referentna zgrada			Unapređena
		Ventilator-konvektori (KPV), povraćaj toplote pomoću sistema sa vodom (40%)	Rashladna greda (KPV), hidronski povraćaj toplote pomoću sistema sa vodom (40%)	Rashladna greda (PPV), pločasti razmenjivač toplote (60%)	Rashladna greda (PPV), pločasti razmenjivač toplote (60%)
Grejanje	Prostorije	6,8	6,2	6,3	2,1
	Ventilacija	24,7	21,9	7,1	5,6
	Ukupno grejanje	31,5	28,1	13,4	7,7
Električna energija	Hlađenje (+ uklanjanje vlage)	7,6	8,6	3,8	3,5
	Klima-komora – VK ventilatori	14,4	10,4	6,2	6,3
	Ventilatori kondenzatora	0,5	0,6	0,3	0,3
	Pumpe za povraćaj toplote	0,4	0,4	0	0
	Ostale pumpe	0,2	0,3	0,1	0,1
	Ukupno KGH	23,1	20,3	10,4	10,2
	Osvetljenje	43,7	43,7	31,1	31,1
	Ukupno el. energija	66,8	64,0	41,5	41,3
UKUPNO		98,3	92,1	54,9	49,0

Sa druge strane, u sistemu za osvetljenje leži najveći potencijal za uštedu. Potrošnja električne energije sistema za osvetljenje u referentnom slučaju je iznosila 43,7 kWh/m<sup>2</sup>, a u unapređenom slučaju 31,3 kWh/m<sup>2</sup>, što iznosi 45–60% ukupne potrošnje energije u zgradi.

#### 4. Zaključci

Ovaj rad prikazuje mogućnosti za smanjenje potrošnje energije u poslovnoj zgradi izmenom projektnih kriterijuma za zgradu i sistem KGH. Primarni protok vazduha (energija za ventilator, kao i za grejanje i hlađenje ulaznog vazduha) predstavlja jedno od najvažnijih pitanja prilikom projektovanja sistema KGH u pogledu potrošnje energije. Grejanje kancelarijskog prostora ne predstavlja prioritet prilikom projektovanja energetski efikasnih poslovnih zgrada. Zaštita od sunca, nivo osvetljenja i kontrola osvetljenja i osenčenja predstavljaju važne oblasti na koje treba obratiti pažnju, zbog toga što one smanjuju energetska potrošnju sistema osvetljenja kao i potrošnju energije rashladnih sistema.

Različite strategije izbora rashladnih greda takođe imaju značajan uticaj na uslove u prostoriji i na potrošnju energije. Ventilacija regulisana prema potrebama inte-

grisana u sistem rashladnih greda predstavlja jednostavan način da se uštedi energija, ali se takode mora uzeti u obzir promenljiv protok vazduha prilikom izbora modela greda.

Ukupan potencijal za uštedu energije sistema KGH iznosi preko 60%, primenom aktivnosti koje u isto vreme unapređuju i uslove ugodnosti. To uključuje unapređenu zaštitu od sunca, bolji koeficijent prolaza toplote prozora, ventilaciju prema potrebama i unapređeno iskorišćenje otpadne toplote.

**kgH**