

# ENERGETSKA EFIKASNOST SISTEMA SA DIREKTNOM EKSPANZIJOM SA PROMENLJIVOM ZAPREMINOM FREONA U REŽIMU MONOVALENTNOG GREJANJA

## ENERGY EFFICIENCY OF DIRECT EXPANSION SYSTEMS WITH VARIABLE REFRIGERANT VOLUME IN MONOVALENT HEATING MODE

CHRISTIAN STACH,

Daikin Air Conditioning, Central Europe, Brunn am Gebrige, Austrija

*U prvom delu ove studije je pregled aktuelnih sistema sa direktnom ekspanzijom. Prikazane su glavne komponente i principi njihovog rada. Pomenute su i njihove moguće primene. Drugi deo studije sastoji se od ispitivanja na osnovu podataka o efikasnosti koje je dao proizvođač.*

*Prikazani su poređenje i procena vrednosti iz literature i izmerenih vrednosti na osnovu merenja koje je obavljeno na instaliranim sistemima sa direktnom ekspanzijom. U trećem delu prikazano je stalno povećanje efikasnosti različitih serija modela. Rezultati su zasnovani na poređenju operativnih troškova VRV sistema i uobičajenih sistema grejanja. Ovi proračuni su realizovani pomoću programa simulacije VRV-Pro koji je razvila firma „Daikin Air Conditioning”.*

*The first part of this study gives a basic overview of the current direct expansion systems. The main components and the operating principles of those systems are explained. Furthermore, possible fields of application are mentioned. The second part of the study consists of an examination referring to the efficiency data of the manufacturer. With a measurement at an installed direct expansion system the data book values and the measured values are compared and evaluated. In the third part with this evaluation it is possible to show the continuous improvement of efficiency of different model series. The results are founded with comparison of operating cost of VRV-systems and conventional heating systems. This calculations are realized with the simulation program VRV-Pro developed by the Daikin Air Conditioning company.*

**Ključne reči:** sistemi sa direktnom ekspanzijom; energetska efikasnost; stepen energetske efikasnosti (EER); koeficijent efikasnosti (COP); faktor performansi (PF); monovalentno grejanje; program simulacije VRV-Pro; merenje na instaliranom VRV sistemu

**Key words:** direct expansion systems; energy efficiency; energy efficiency rate (EER); coefficient of performance (COP); performance factor (PF); monovalent heating; simulation program VRV-Pro; measurement at installed VRV-system

Sistemi sa direktnom ekspanzijom sa promenljivim protokom freona (skraćeno VRF/VRV) razvijani sedamdesetih godina, neprekidno se usavršavaju. Za proizvođača, jedan od najvažnijih aspekata ovih sistema jeste energetska efikasnost. Nume-

rički ona se označava kao koeficijent efikasnosti (COP), ili stepen energetske efikasnosti (EER). Na osnovu ovog koeficijenta moguće je, još u fazi planiranja, izračunati faktore koji se odnose na ekonomski učinak.

S obzirom na to da brojke koje se odnose na učinak omogućavaju opisivanje energetske efikasnosti čitavog sistema, pridaje im se velika važnost. Kompanija „Daikin Air Conditioning” je stoga odlučila da detaljnije ispita ove podatke. To je učinjeno postavljanjem platforme za merenje na sistemu koji se već koristi. Platforma za merenje je korišćena za proveru i analizu vrednosti koeficijenta efikasnosti (COP) koje su date u tablicama za rad u režimu monovalentnog grejanja.

Sledeći korak je bio procena sistema testiranjem pomoću VRV-Pro softvera za simulaciju. Pošto program za simulaciju koristi upravo podatke sa ispitivanja na terenu, može se pretpostaviti da su rezultati njegovih kalkulacija reprezentativni. Da bi se izračunala potrošnja energije korišćena je simulacija poslovne zgrade. Analiza je izvršena opremom koja se koristi za probnu instalaciju (M serija) i upotrebom aktuelne serije (serija M9). Da bi se uporedili operativni troškovi korišćeni su uobičajeni sistemi grejanja.

Za testiranje na terenu konstruisana je platforma za merenje (v. sl. 1) na postojećem sistemu serije M uz sprovođenje adekvatnih mera.



*Slika 1. Instalacija platforme za merenje*

Postavljanje platforme za merenje je imalo za cilj izračunavanje ukupnog grejnog opterećenja unutrašnjih jedinica tokom rada, na osnovu parametara spoljne jedinice, što je relativno lako izmeriti. U skladu sa tim, granice sistema su pomerene kako bi bio uključen čitav VRV sistem (isprekidana linija na sl. 2).

Rezultati merenja su omogućili izračunavanje sledeća tri parametra:

–  $P_{el}$  [kW]: električna energija koju potroši spoljna jedinica tokom merenja;

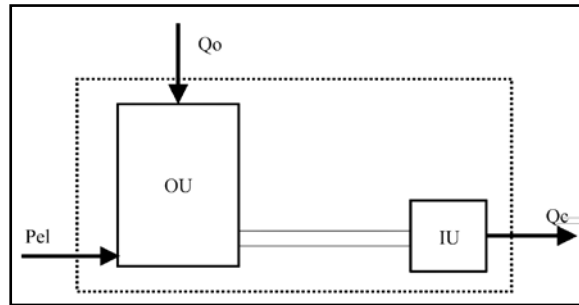
–  $Q_o$  [kW]: snaga koju spoljna jedinica izvlači iz okoline tokom merenja;

–  $Q_c$  [kW]: ukupna snaga koju proizvede svaka unutrašnja jedinica tokom merenja, tj. aritmetička ukupna snaga grejanja.

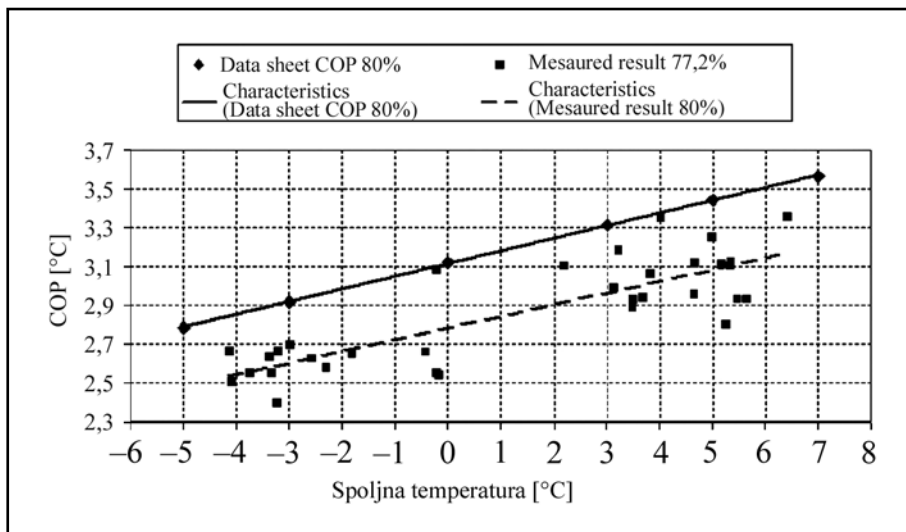
Pomoću ovih parametara omogućena je procena koeficijenta efikasnosti.

Na slici 3 isprekidana linija predstavlja efikasnost koja je predviđena podacima iz specifikacije. Ovi podaci odgovaraju vrednostima dobijenim za opterećenje sistema od 80% i sobnoj temperaturi od 24°C.

Podaci dobijeni merenjem predstavljaju rezultate spoljne temperature u rasponu između  $-3^{\circ}\text{C}$  i  $+4^{\circ}\text{C}$ . Karakteristika dobijena na osnovu ovih rezultata predstavljena je isprekidanom linijom. Na osnovu konfiguracije unutrašnjih jedinica dobijena vrednost opterećenja sistema je 77,2%. (Drugim rečima, spoljna jedinica mora da proizvede samo 77,2 % energije kako bi zadovoljila zahteve za specifičnom toplotom.)



Slika 2. Šema sistema za dobijanje podataka o merenju; OU – spoljna jedinica, IU – unutrašnja jedinica



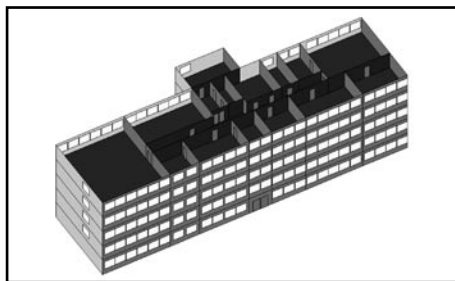
Slika 3. Grafikon analize (opseg podataka 2)

Gledajući očitavanja merenja, može se videti da se vrednosti u podacima mogu dostići.

Vrednosti u tabelama sa podacima koje su dobijene u laboratorijskim uslovima ne mogu stalno da se poklapaju sa vrednostima praktičnog sistema. Može se videti na osnovu dve karakteristike da izmerene vrednosti padaju u proseku nekih 10% ispod onih koje se nalaze u tablicama sa podacima. Takva odstupanja od teoretskih

vrednosti očigledno ne smeju biti zanemarena. Međutim, jasno je na osnovu izme-  
renih rezultata da se mogu uzeti kao pouzdana osnova za procenu komercijalno do-  
stupne opreme.

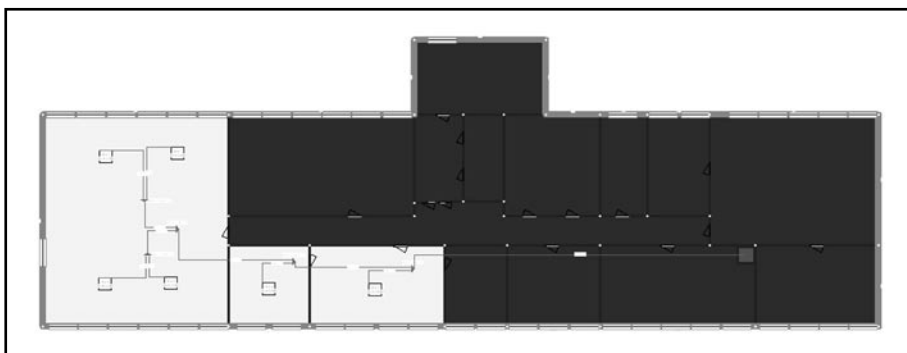
Pošto je dobila ove rezultate koji su većim delom potvrđeni vrednostima u tabe-  
lama, kompanija „Daikin Air Conditioning” je mogla da uporedi serije modela, opet  
koristeći VRV-Pro program za simulaciju u kući. Iako se dobijeni rezultati odnose  
samo na seriju M, pretpostavlja se da su podaci koje sadrži softver za simulaciju re-  
prezentativni za sve serije.



*Slika 4. Simulirana poslovna zgrada*

Za simulaciju je korišćen „Da-  
ikinov” softver: VRV-Pro, verzi-  
ja 3.6.0 [32]. Za simulaciju poslovne  
zgrade korišćena je zgrada kompani-  
je „Schrack Seconet” (takođe lokacija  
koja je korišćena za testiranje sistema);  
simulacija je ograničena na iste prostori-  
je koje su korišćene za fizičko meren-  
je (opseg podataka 2). Poslovna zgra-  
da se sastoji od podruma, prizemlja, 4  
sprata i ravnog krova. Unutrašnje jedi-  
nice uključene u simulaciju su smešte-  
ne na trećem spratu, a spoljna jedinica na ravnom krovu. Ukupna površina poslovnog  
prostora koja je uključena u simulaciju je 207 m<sup>2</sup>.

ne na trećem spratu, a spoljna jedinica na ravnom krovu. Ukupna površina poslovnog  
prostora koja je uključena u simulaciju je 207 m<sup>2</sup>.



*Slika 5. Treći sprat, simulirane poslovne prostorije*

Pošto zgrada služi jedino kao referentna osnova za sisteme, njene fizičke kara-  
kteristike mogu biti prikazane opštim prosečnim vrednostima. Što se sobnih tempe-  
ratura tiče, stvorene su tri odvojene kategorije. Prva kategorija je uključivala sve pro-  
store u okviru simulacije koji se koriste kao kancelarije. Za njih je definisana tempe-  
ratura od 22°C. U drugoj kategoriji su bili tzv. neuslovljeni prostori, dok je treća obu-  
hvatala prostorije koje se greju.

Pošto su podaci o vremenu bili dostupni za simulirani period u određenoj formi,  
kreiran je set podataka o vremenu za program simulacije. Ovaj set koji sadrži sve po-  
datke o klimi neophodne za simulaciju, omogućio je izračunavanje.

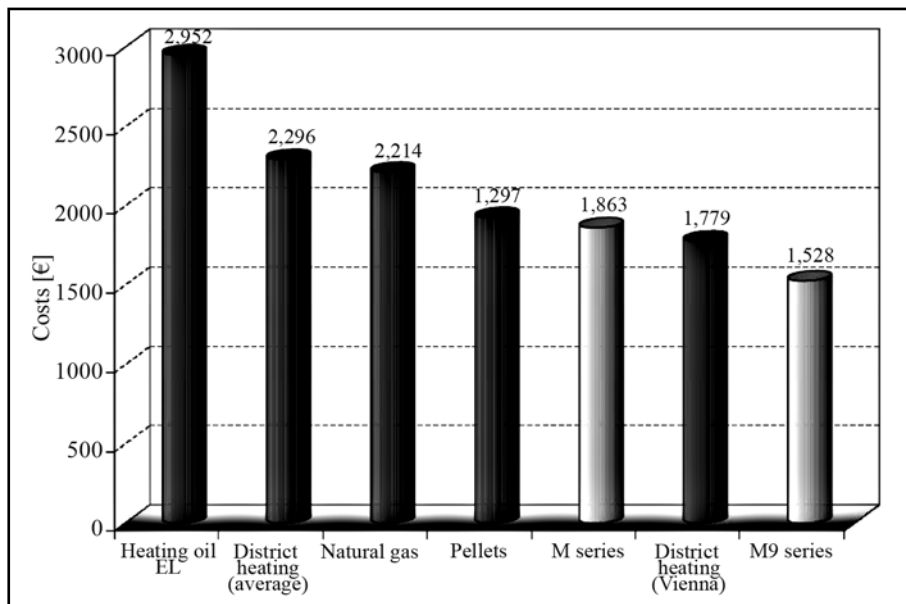
Pošto je to obavljeno, svi podaci koji se tiču potrošnje energije mogli su da se  
dobiju iz rezultata simulacije. Za dalja izračunavanja korišćena je potrošnja energije

spoljnih jedinica obe serije. Da bi se dobila potrošnja energije daljinskog sistema grejanja koji je instaliran u zgradi, korišćena je simulirana potrošnja energije unutrašnjih jedinica. Ove vrednosti omogućavaju izračunavanje vrednosti prikazane u tabeli 1.

*Tabela 1. Rezime godišnjih troškova za električnu energiju u pojedinačnim sistemima*

	Godišnja potrošnja [kWh/a]	Cena el. energije [€/kWh]	Godišnji troškovi za el. energiju [€/a]	Ostali troškovi [€/a]	Ulje za grejanje [€/a]
Ulje za grejanje	41000	0,072	2952,0		2952
Daljinsko grejanje (prosek)	41000	0,056	2296,0		2296
Prirodni gas	41000	0,054	2214,0		2214
Briketi	41000	0,047	1927,0		1297
M serija	13900	0,134	1862,6		1863
Daljinsko grejanje (Beč)	41000	0,032	1305,1	473,8	1779
M9 serija	11400	0,134	1527,6		1528

Godišnji troškovi gore prikazani predstavljeni su grafikonom na slici 6.



*Slika 6. Godišnji troškovi za električnu energiju pojedinačnih sistema*

Na osnovu gore prikazanog poređenja godišnjih troškova za električnu energiju, mogu se izvesti sledeći zaključci.

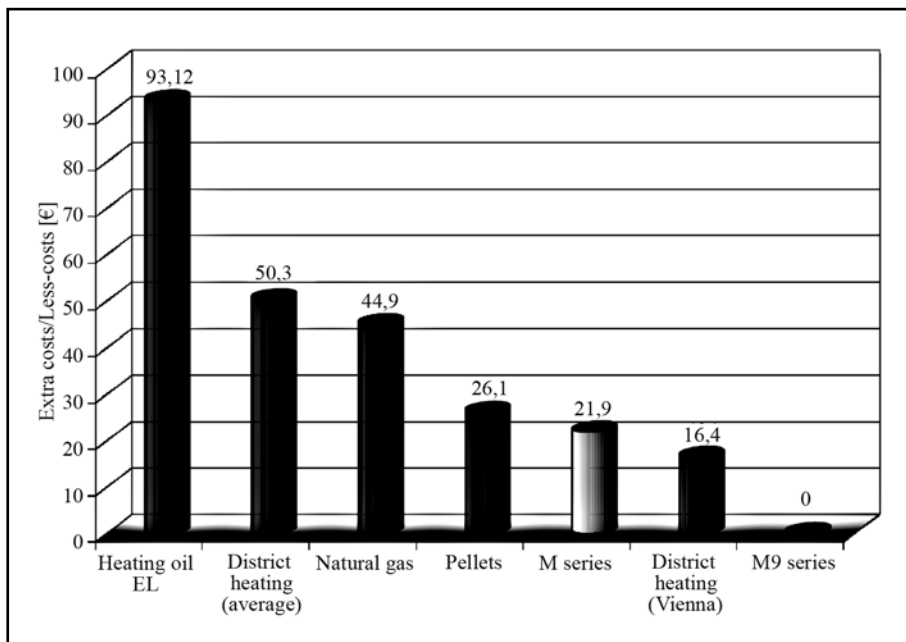
Stalno unapređivanje VRV sistema sa direktnom ekspanzijom omogućava znatno smanjenje troškova za električnu energiju. Konkretno, u ovom slučaju zamena M serije serijom M9 rezultirala bi potencijalnom uštedom od 22% (sl. 7). Pošto je malo verovatno da će se sa usavršavanjem ovih sistema prestati u budućnosti, takvi sistemi će postati još konkurentniji uobičajenim sistemima grejanja.

Iako gore navedeni rezultati testiranja pokrivaju samo grejanje, unapređenje sistema se može očekivati i za režim hlađenja. Urađeno je dosta i na poboljšanju efikasnosti sistema u režimu hlađenja. I na ovom polju se očekuju dalja unapređenja u budućnosti od kojih se sa realizacijom nekih već počelo.

Jednostavnim poređenjem godišnjih troškova za električnu energiju u seriji M9 VRV sistema sa uobičajenim sistemima grejanja, očigledno je da je VRV isplativiji u svakom slučaju. Na osnovu godišnjeg poređenja izraženog u procentima može se videti sledeće (sl. 7).

Različiti razmatrani sistemi su, uključujući i brikete, prirodni gas, daljinsko grejanje (prosek), daljinsko grejanje (Beč) i ulje za grejanje, pokazuju razlike od čak 93,2%. Dodatni trošak 93,2% sistema za grejanje sa električnim uljem u odnosu na VRV M9 serije predstavlja dodatni trošak od 1425 evra (za specifičan primer koji je gore naveden). Iz toga sledi da je sistem grejanja koji treba da se instalira potrebno precizno definisati pre početka radova. Upotreba VRV sistema koji je već instaliran, ili koji se planira, može značajno smanjiti troškove instalacije za grejanje i dalje godišnje operativne troškove.

Kraće vreme instalacije tokom faze izgradnje takođe ne treba zanemariti. Činjenica da je instalacija sistema hlađenja istovremeno i instalacija sistema grejanja može olakšati građevinsku fazu.



Slika 7. Poređenje godišnjih troškova za električnu energiju pojedinačnih sistema

Pod pretpostavkom da cene različitih vrsta goriva ostanu otprilike u istoj razmeri, ekonomska izvodljivost VRV sistema se neće menjati. Stalno unapređivanje VRV sistema će formirati atraktivan monovalentan sistem. Čak i tamo gde je jedan ili više VRV sistema instalirano, treba razmotriti promenu vrste sistema grejanja. Čak i da instalirana oprema nije posebno konstruisana za režim grejanja, ona može da zadovolji osnovne potrebe grejnog opterećenja. Međutim, za povremene maksimalne zahteve, mogao bi dodatno da se koristi prvobitan sistem grejanja. Tako je moguće smanjiti godišnje troškove električne energije korišćenjem postojeće opreme bez dodatnih investicija.

Ishod ove vežbe je da podaci dobijeni merenjem potvrđuju efikasnost koju je proizvođač dao u specifikaciji. Ove brojke omogućavaju procenu upotrebe VRV sistema još u fazi planiranja i upoređivanje sa ostalim sistemima sa direktnom ekspanzijom. Uz to, poređenje operativnih troškova različitih sistema grejanja je dokumentovalo ekonomsku izvodljivost VRV sistema. Dobijeni su, takođe, podaci o efikasnosti VRV sistema u režimu hlađenja. Ove cifre ukazuju na visok nivo izvodljivosti u poređenju sa drugim uobičajenim sistemima hlađenja.

Na kraju, možemo reći da VRV sistemi sa direktnom ekspanzijom, koji se nalaze na tržištu, nisu ni u kom smislu inferiorniji od drugih sistema grejanja kada je reč o efikasnosti i tekućim troškovima. Razmatranjem VRV sistema još u fazi planiranja može se naći vrlo isplativo rešenje za grejanje.

Ove oblasti primene ne smeju biti zanemarene u budućnosti, dok se u potpunosti mogu iskoristiti prednosti koje su danas dostupne. Uz to ne treba zanemariti dalji razvoj i dalja povećanja efikasnosti.

### Literatura

- [1] \*\*\*: The VRV Simulation Program: Daikin Europe NV: Simulation Program VRV-Pro – Version 6.3.0 Ostende/Belgium (2005) (All simulation Pictures and values)
- [2] \*\*\*: Energy prices: IWO Austria: Institut für wirtschaftliche Ölheizung - [www.iwo-austria.at/66.0.html](http://www.iwo-austria.at/66.0.html) Institute for economical oil heating (08/2006), (energy prices for: oil, gas, pellets, district heating)
- [3] \*\*\*: Energy price district heating Vienna: Fernwarme Wien; [www.fernwarme-wien.at/hk\\_waermepreis.html](http://www.fernwarme-wien.at/hk_waermepreis.html) (07/2006) (energy price for district heating Vienna)
- [4] \*\*\*: Daikin related data from internal documentation.

kgH