

7. Arbi-Probag, 1993; Vergärung biogener Abfälle aus Haushalt, Industrie und Landschaftspflege. In.: Schriftenreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft Schweiz 47,5.
8. Baserga, U. 1998: Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen - Biogas aus organischen Reststoffen und Energiegras. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), FATBericht Nr. 215, CH-8356 Tänikon.
9. Bundesumweltministerium 2007; Entwicklung der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland;
10. Eder, B.; Schulz H.; 2006; Biogas Praxis; Grundlagen Planung Anlagenbau Beispiele Wirtschaftlichkeit; Ökobuch Verlag, Staufen ei Freiburg.
11. Fachverband Biogas e.V. ; <http://www.fachverband-biogas.de/>
12. Krieg, A. 1993; Verwertung organischer Reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen -Rahmenbedingungen und Potentiale-; Fachverband Biogas e.V.
13. Wellinger et al. 1998; Untersuchungen zur anaeroben Aufbereitung von Schlachtabfällen; Grieder AG; Schlussbericht

dr Dušan Gordić, dr Milun Babić, dr Vanja Šušteršič, Davor Končalović, student doktorskih studija, Dubravka Jelić, student doktorskih studija

Mašinski fakultet u Kragujevcu, 34000 Kragujevac

UDC:621.317.38 : 674.23

Mogućnosti uštede energije u industriji drvenog nameštaja

Rezime

Industrija nameštaja spada u grupu relativno malih energetske potrošača. Zato se često na troškove energije u ovim preduzećima gleda kao fiksni režijski trošak, mada je zapravo jedan od troškova kojima se najlakše upravlja (gazduje). I zaista, u velikom broju zemalja EU i posebno SAD, iskustvo je pokazalo da mnoge fabrike ove industrije mogu smanjiti troškove za energiju (pre svega prirodni gas i električnu energiju) i do 20% sa relativno malim ulaganjima i brzim rokom povraćaja sredstava i da je često lakše povećati profit preduzeća smanjenjem troškova za energiju nego povećanjem obima prodaje. U radu su identifikovane i sistematizovane preporuke u vezi smanjenja potrošnje energije u industriji proizvodnje nameštaja, uključujući očekivane uštede i period otplate, kao i mogućnost primena ovih mera i našim preduzećima ove industrije.

Ključne reči: ušteda energije, energetska efikasnost, industrija nameštaja.

Possibilities of Energy Conservation in Wood-Furniture Industry

The furniture industry belongs to the group of relatively small energy consumers. Therefore, energy costs are often treated as the fixed overhead costs, although it is actually one of the costs which are easiest to manage. In many EU countries and especially the United States, experience has shown that many plants of this industry can reduce energy costs (primarily natural gas and electricity) up to 20% with a relatively small payback time. It is often easier to increase company profit by reducing energy costs than increasing sales volume. Recommendations regarding reduction of energy consumption in the furniture industry are identified and systematised in the paper, including the expected savings and the payback time, and the possibility of applying these measures at domestic enterprises of the industry.

Key words: energy conservation, energy efficiency, furniture industry.

1. Uvod¹

Industrija nameštaja uključuje izradu delova nameštaja i njihovo sklapanje sa odgovarajućom završnom obradom. Osnovni materijal u ovoj

industriji je drvo i pločasti materijali bazirani na drvetu (iverica, univer, MDF, HDF, OSB, lesanit, itd). Uz to koriste se prateći materijali, kao što su: metal, sunder, tkanina, plastika i sl. Prema klasifikacijama DOE (USA Department of Energy) i IEA (International Energy Agency) industrija nameštaja spada u grupu relativno malih energetske potrošača. Prema sistematizovanim podacima za različite industrijske grane (Odyssey

¹ Rad nastao kao deo istraživanja na projektu Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj ev. br. TR-18202 A pod nazivom: "Uspostavljanje sistema energo-eko menadžmenta u demo preduzeću industrije nameštaja"

Energy Efficiency Indicators in Europe Database), srednja specifična potrošnja primarne energije u industrijskim preduzećima industrije proizvodnje nameštaja u EU iznosi relativno malih 0,386 MWh/t gotovog proizvoda [1]. Često se na troškove energije u ovim preduzećima gleda kao fiksni režijski trošak, mada je zapravo to jedan od troškova kojim se najlakše upravlja (gazduje) i čijim se smanjenjem može bitno povećati njihova produktivnost. I zaista, u velikom broju zemalja EU i posebno SAD (izvor: IAC - Mississippi State University), iskustvo je pokazalo da mnoge fabrike ove industrije mogu smanjiti troškove za energiju i do 20% sa relativno malim ulaganjima i brzim rokom povraćaja sredstava i da je često lakše povećati profit preduzeća smanjenjem troškova za energiju nego povećanjem obima prodaje.

Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku, industrija nameštaja u Srbiji, trenutno zapošljava više od 15.000 radnika u preko 2.000 kompanija i 3.000 radionica, koje su pretežno u privatnom vlasništvu [2]. Najveći broj privatnih kompanija je kategorisan kao „male kompanije” (91,7%). Kompanije srednje veličine čine 7,1%, i velike kompanije pokrivaju preostalih 1,3%. Velike i srednje kompanije su u značajnoj meri orijentisane ka izvozu svojih proizvoda. Srpski izvoz nameštaja se skoro utrostručio do 2004. do 2008. godine, pa je porastao sa 81 miliona na 223 miliona \$ [2]. Preduzeća ove industrijske grane, kao i ostala mala i srednja preduzeća iz Srbije, na putu uključivanja u ekonomiju EU zasnovanu na znanju, susreću se sa brojnim izazovima, koji dodatno naglašavaju važnost istraživanja za njihovu konkurentnost.

Cilj ovog rada je da se analiziraju primeri najbolje prakse za povećanje

energetске efikasnosti u industriji nameštaja tj. dostupna relevantna iskustva renomiranih svetskih proizvođača nameštaja, koja treba da posluže kao osnov za rešenja konkretnih problema u preduzećima domaće industrije.

2. Energenti koji se koriste u industriji nameštaja

Relevantna svetska iskustva pokazuju da su osnovni energenti u ovim postrojenjima (uz vodu) električna energija i prirodni gas, pri čemu je električna energija sa troškovnog stanovišta dominantna [3]. U određenom broju preduzeća, umesto prirodnog gasa, kao energent, koristi se otpadni drveni materijal koji nastaje u procesu obrade materijala na bazi drveta, što značajno umanjuje troškove energenata, ali i troškove odlaganja otpadnog materijala. Prema sistematizovanim podacima u više od 30 preduzeća ove industrije, najveći deo godišnje potrošnje električne energije (43%) odlazi na obavljanje procesa (za pokretanje procesnih elektromotora). Na osvetljenje se godišnje troši 23% električne energije, dok se za grejanje i hlađenje prostora, uglavnom kancelarija, koristi 18% električne energije. Tipično, proizvodne hale se ne klimatizuju, zbog visokih troškova. Sistemi za prikupljanje prašine koja nastaje obradom drvnih materijala, koriste procentualno najmanje količine električne energije. Sve veći broj preduzeća proizvodnje nameštaja dobija drvene podsklopove ili drvene komponente spremne za sastavljanje i finu obradu. Uz to, sve manje se koriste i peći za sušenje jer fabrike kupuju već isušenu drvenu građu ili pločaste materijale. Godišnja potrošnja električne energije potrebne za rad kompresora je 12%.

Najveći deo toplotne energije u preduzećima industrije nameštaja koristi se za zagrevanje proizvodnih pogona. Procesna oprema koja se koristi u industriji proizvodnje drvenog nameštaja ne obezbeđuje dovoljno toplote za klimatizaciju proizvodnih prostorija. Ostatak godišnje potrošnje energenata odnosi

se na korišćenje prirodnog gasa u nekim procesima, kao što su sušenje boje i montaža [4].

Preduzeća industrije nameštaja po pravilu nisu veliki potrošači vode, jer se voda ne koristi u velikim količinama za obavljanje osnovnih proizvodnih operacija.

3. Mogućnosti uštede energije u industriji nameštaja

Mogućnosti za smanjenje troškova energije u jednom preduzeću proizvodnje nameštaja su mnogobrojne. U radu će biti pomenute samo one koje obezbeđuju preduzeću koje ih implementira period povraćaja uloženi finansijskih sredstava od maksimalno 2 godine, što su i obično zahtevi menadžmenta preduzeća ove industrije.

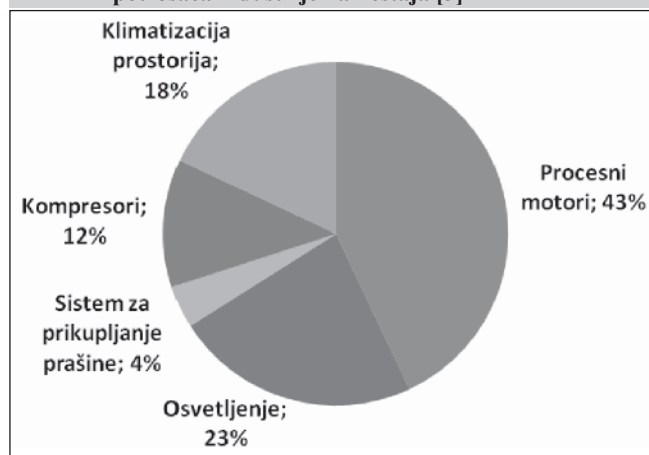
3.1. Mogućnosti uštede električne energije

Najveći deo troškova električne energije potiče iz samog procesa izrade nameštaja. Mogućnosti za smanjenje troškova električne energije generalno se odnose na: poboljšanje/smanjenje/kontrolu rasvete, poboljšanje KGH sistema, poboljšanje efikasnosti sistema za prikupljanje prašine i piljevine, poboljšanje efikasnosti sistema komprimovanog vazduha i poboljšanje faktora snage.

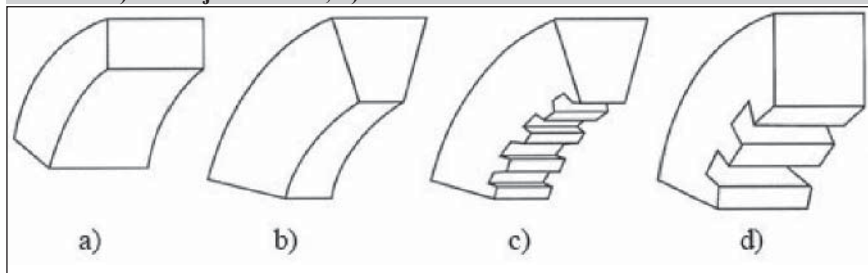
Osnovna preporuka za poboljšanja efikasnosti procesnih elektromotora je zamena standardnih klinastih kaišnih (remeni) prenosnika sinhronim kaišnim prenosnicima radi efikasnijeg prenošenja snage (*slika 1*). Sinhroni kaiševi nemaju klizanje, što obezbeđuje bolji prenos snage, dok standardni klinasti kaiševi usled trenja klizanja zahtevaju dodatnu jačinu struju iz elektromotora, tako da sinhroni kaiš obezbeđuje u proseku 2% veću efikasnost u odnosu na klinasti remen. Ugradnja sinhronih kaišnika na elektromotorima snage preko 15 kW, obezbediće period otplate od dve godine ili kraće kod rada u više smena [5].

Zamena dotrajalihi elektromotora, novim visokoučinskim, često je bolji izbor od naše uobičajene prakse ponovnog namotavanja motora. Ovi elektromotori smanjuju gubitke energije kroz poboljšanu konstrukciju, bolje materijale, uže tolerancije i poboljšane tehnike izrade. Uz pravilnu instalaciju, energetski efikasni motori rade na nižoj temperaturi i zato se lakše održavaju, imaju duži radni vek ležajeva i izolacije i smanjene vibracije. Prema podacima CDA

Slika 1 Prosečna potrošnja električne energije krajnjih potrošača industrije nameštaja [3]



Slika 2 Različiti tipovi kaiševa (remenja): a) pljosnati kaiš; b) klinasti; c) nazubljeni klinasti; d) sinhroni kaiš



(Copper Development Association) zamenjena starog, prema EPA kriterijumima energetske neefikasnosti, elektromotora snage 37 kW, će se isplatiti kroz uštedu energije za 15 meseci.

U slučajevima gde se vršna opterećenja mogu smanjiti, ugradnjom elektromotora manje snage potrošnja električne energije se može smanjiti za 1,2 %, dok je za elektromotore manjih snaga taj procenat i viši. Više studija pokazuju da je prosečan rok povraćaja ovakve investicije oko 1,5 god.

(Industrial Assessment Center (IAC) - http://oiepa-www.rutgers.edu/database/db_f.html).

Instalacija programabilnih termostata na manjim unitarnim sistemima, adekvatno podešavanje temperatura i odvajanje klimatizacije magacina od klimatizacije proizvodnih hala su osnovne preporuke za poboljšanje efikasnosti klimatizacijskih sistema. Ukoliko postrojenje poseduje više termostata, pogodno je uvesti centralizovani računarski sistem nadgledanja kontrole čime se mogu obezbediti uštede i do 20% [3].

Godišnji broj radnih sati (broj dnevnih smena) u preduzeću koje proizvodi drveni nameštaj je kritičan faktor koji određuje finansijsku atraktivnost primene mera koje se odnose na rasvetu. Zamenom T-12 fluorescentnih lampi sa magnetnim

balastima T-8 fluorescentnim lampama sa elektronskim balastima, zamenom inkadescentnih svetiljki fluorescentnim i zamenom živinim sijalicama visoko-pritisnim natrijumovim, kao i kontrolom rasvete (foto-senzorima) i korišćenjem aktivnog dnevnog osvetljenja, može se uštedeti i do 25% električne energije koja se troši na rasvetu [6]. U Tabeli 1 su prikazani periodi otplate zasnovani na tipu zamene osvetljenja i broju smena u kojima postrojenje radi [3].

Smanjenje i kontrola osvetljenja će takođe uštedeti energiju. Načini za smanjenje troškova osvetljenja su: korišćenje osvetljenja prema potrebama radnog mesta, smanjenje osvetljenja u oblastima minimalnog saobraćaja, upotreba svetlarnika (posebno u oblastima magacinskog prostora), bojenje zidova i podova svetlim reflektujućim bojama, upotreba dnevnog svetla, isključivanje svetla tokom neradnih sati i u oblastima gde se ne radi i isključivanje balasta sa lampi bez sijalica. Preporučuje se instaliranje foto-senzora za korišćenje dnevnog svetla i senzora pokreta u magacinskim prostorima radi kontrole osvetljenja [6].

Mogućnosti smanjenja utroška energije u sistemima sa komprimovanim vazduhom mogu se kategorisati na sledeći način (zajednički za većinu industrija):

- (1) generisanje komprimovanog vazduha,
- (2) priprema komprimovanog vazduha,
- (3) razvod sistema komprimovanog vazduha,
- (4) upotreba komprimovanog vazduha [4].

Kada se procenjuje korišćenje energije u sistemima sa komprimovanim vazduhom, ovi sistemi se moraju analizirati kao celina, a ne kao suma sastavnih delova. Izvođenje izmena u jednom delu sistema, bez uzimanja u obzir njegovog uzajamnog dejstva sa ostalim delom sistema, može dovesti do značajne redukcije u korišćenju vazduha – ali sa minimalnom redukcijom zahteva za energijom.

Najrasprostranjeniji metod komprimovanja vazduha u industriji drvenog i pločastog nameštaja je upotreba jednostepenog uljnog rotacionog zavojnog (vijčanog) kompresora. Malo sistema sa komprimovanim vazduhom radi pod punim opterećenjem sve vreme. Delimično opterećeni sistemi su, prema tome, kritični, i njihove performanse na prvom mestu zavise od tipa kompresora i strategije upravljanja. Za sistem koji ima jedan kompresor sa veoma ravnomernom potražnjom, prikladno rešenje je jednostavan upravljački sistem. Sa druge strane, kompleksan sistem sa nekoliko kompresora, potražnjom koja varira i sa mnogo krajnjih korisnika zahteva puno sofisticiraniju strategiju upravljanja.

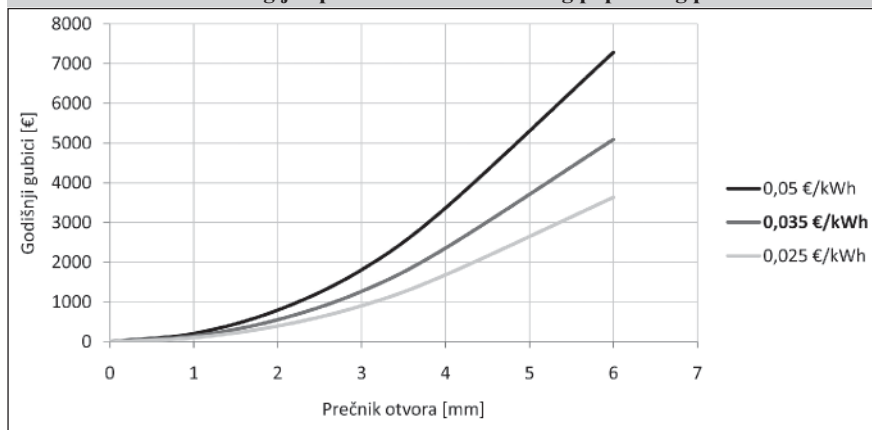
U smislu energetske efikasnosti, standardno modularno upravljanje (upravljanje prigušenjem – najčešće otvaranjem/zatvaranjem ulaznog ventila) je najmanje efikasno, a zatim slede razni modifikovani modularni sistemi, pa upravljanje tipa opterećenja/rastereti, kao efikasnije (u većini slučajeva neopterećeni rotacioni zavojni kompresor koristi 15 – 30 % snage od one koju bi koristio potpuno opterećen), do najefikasnijeg upravljanja regulisanjem broja obrtaja pri čemu se neprekidno prilagođava ugaona brzina elektromotora da bi se na taj način prilagodila promenljiva tražnja sistema komprimovanog vazduha. Kada se koristi više kompresora, treba koristiti centralni upravljački sistem koji raspoređuje kompresore na principu sistema prioriteta i zahtevanih pritisaka u distributivnom sistemu.

Druge preporuke u vezi smanjenja energije potrebne za rad kompresora uključuju korišćenje spoljašnjeg vazduha za hlađenje i na ulazu u

Tabela 1 Period finansijske isplativosti ugradnje efikasnijih svetlosnih izvora

Primenjena mera	Period otplate [god]	
	Rad u jednoj smeni	Rad u više smena
Zamena inkadescentnih sijalica T-8 fluorescentnim lampama sa elektronskim balastima	< 1	
Zamena T-12 fluorescentnih lampi sa magnetnim balastima T-8 fluo. lampama sa elektronskim balstima		< 2
Zamena živinih sijalica visoko-pritisnim natrijumovim		< 2

Slika 3 Godišnji troškovi zbog curenja vazduha kroz otvore u funkciji cene električne energije i prečnika otvora kružnog poprečnog preseka



kompresor i korišćenje sintetičkih sredstava za podmazivanje.

Priprema komprimovanog vazduha obuhvata sušenje komprimovanog vazduha, njegovo početno filtriranje i stabilizaciju pritiska u sistemu. Sušači treba da budu određeni i izabrani na osnovu performansi i potrošnje energije u sistemu. Važno je pripremiti stvarne tehničke specifikacije količine ulaznog vazduha koju treba sušiti, kao i njegovu temperaturu i pritisak. Ako je ulazna temperatura veća od projektovane temperature sušača, sušač će morati da otkloni više vlage od one za koju je projektovan, što zahteva više energije za regeneraciju sredstva za sušenje. Ostale preporuke se odnose na adekvatno održavanje filterskih elemenata u cilju održavanja predviđenog pada pritiska vazduha kroz njih.

Mere koje se odnose na razvod sistema komprimovanog vazduha uključuju: kontrolu i sprečavanje isticanja vazduha u sistemu i obezbeđenje adekvatnog kapaciteta skladištenja (rezervoara) komprimovanog vazduha

u sistemu. Najčešća preporuka u sistemima komprimovanog vazduha je da se redovno proveravaju cevi za vazduh radi otkrivanja i popravke pukotina. Samo na jednom otvoru prečnika 3 mm godišnje se gubi oko 2000 € zbog curenja komprimovanog vazduha (za cenu električne energije od 0,05 €/kWh – slika 3). Iskustvo u drvenoj industriji je pokazalo da je upravljanje curenjem bitan problem koji odnosi od 10% do 50% kapaciteta sistema kompresora u ekstremnim slučajevima [3].

Dimenzionisanje vodova je bitno za smanjenje pada pritiska. Ciljna vrednost za pad pritiska u sistemu ne bi trebalo da bude veća od 15-20 kPa u razvodnom sistemu [7]. Visok pad pritiska zahteva dodatnu energiju i često se manifestuje kao jasan nedostatak količine vazduha ili njegovog pritiska. Nivo komprimovanog vazduha uskladištenog u razvodnom sistemu može uticati na rad sistema. Neadekvatan kapacitet rezervoara, uslovljava potrebu korišćenja

kompresora većeg kapaciteta, kako bi se obezbedila količina vazduha za kratkotrajnu vršnu potražnju. U suprotnom slučaju, postojeće primetno smanjenje pritiska kod krajnjeg korisnika (čime se ne obezbeđuje potrebna snaga kod potrošača) ili se može javiti nedovoljna količina vazduha koja značajno usporava rad izvršnih organa.

Zahtevi potrošača za korišćenjem komprimovanog vazduha diktiraju izbor i dimenzionisanje svih komponenata sistema komprimovanog vazduha. Smanjenje zahteva potrošača za komprimovanim vazduhom, zahvaljujući efikasnijim i efektivnijim alternativnim metodama, utiče na proizvodnju vazduha i sisteme za pripremu. U nekim slučajevima, to može da uslovi da kompresor(i) mogu biti isključeni sa vodova i da redukuje opterećenje sušača vazduha – što rezultuje smanjenjem energetskih zahteva.

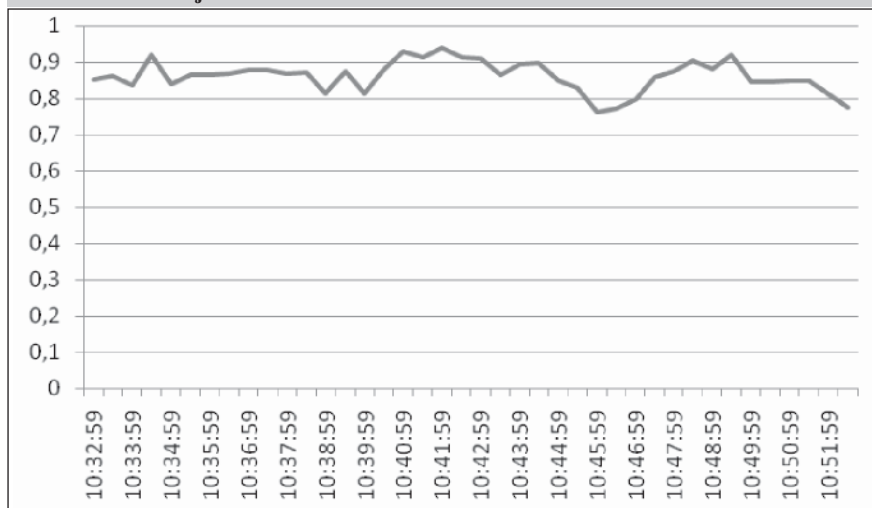
Sistem pneumatskog transporta se veoma često koristi u fabrikama za preradu drveta za izdvajanje strugotine, prašine i drugih ostataka sa proizvodnih mašina (kao što su testere, rendisaljke, glačalice, itd.) i transport ovih ostataka do filterskih sistema. Mere se odnose na izbor centrifugalnih ventilatora velike efikasnosti, smanjenje protoka vazduha u cevima tj. kontrolu optimalne brzine na usisu cevovoda (usaglašavanje sa potrebama mašina do nivoa koji nije mnogo veći od brzine taloženja materijala - smanjenje protoka u sistemu sakupljanja prašine za 10% dovodi do smanjenja potrošnje energije od skoro 30%) i saniranje curenja [3, 8].

Zbog prisustva relativno velikog broja elektromotornih pogona u proizvodnim postrojenjima ove industrije, faktor snage često odstupa od dozvoljene vrednosti (slika 4). Za korekciju problema vezanih za faktor snage (slika 4), koristite se najčešće kondenzatorske baterije za grupnu kompenzaciju. Popravkom faktora snage ugradnjom kondenzatorskih baterija mogu se smanjiti troškovi energije za oko 4 % sa periodom otplate do jedne godine ili manje, dok se upravljanjem aktiviranja energetskih potrošača može redukovati angažovana snaga postrojenja [3].

3.2. Mogućnosti uštede toplotne energije

Kotlovi su „srce“ sistema za generisanje toplotne energije i na njima su moguća značajna poboljšanja efikasnosti. Glavne mere za povećanje

Slika 4 Rezultat merenja faktora snage u domaćem preduzeću industrije nameštaja



efikasnosti se fokusiraju na poboljšanu kontrolu procesa, smanjene gubitke toplote i poboljšanu regeneraciju toplote. Osim ovih mera, važno je zapaziti da novi kotlovi treba da gotovo uvek budu konstruisani po želji/potrebama korisnika. Troškovi energenta za rad kotla se mogu značajno redukovati ukoliko se otpadna piljevina iz procesa koristi kao energent.

Još jedna preporuka u vezi smanjenja korišćenja energenta za grejanje (najčešće prirodnog gasa) je da se koristi otpadna toplota kompresora za grejanje prostorija u objektima. U posmatranim fabrikama u SAD, ponovna upotreba otpadne toplote kompresora ima potencijal smanjenja upotrebe prirodnog gasa za grejanje od 12% [3,4].

4. Zaključak

Svi pobrojani podaci o energetskeim efektima primenjenih mera dobijeni su na osnovu relevantnih svetskih iskustava. Predložene mere obezbeđuju uštedu od oko 10-15% ukupne uštede energije u prosečnom domaćem preduzeću industrije nameštaja. Izuzetno je važna činjenica da se ove mere mogu vrlo jednostavno implementirati i u drugim domaćim malim i srednjim preduzećima. U jednom prosečnom preduzeću industrije nameštaja srednje veličine, godišnje se može ostvariti ušteda od nekoliko hiljada €. S obzirom na relativno veliki broj kompanija i radionica (oko 5.000) koje se u našoj zemlji bave ovom delatnošću, finansijski efekti uštede energije mogu biti znatni.

- [5] Beals, C., Ghislian, J., Kemp, H. et. al, Improving Fan System Performance, U.S. Department of Energy, Industrial Technologies Program, Washington D.C., 2004.
- [6] Wood, D., Lighting Upgrades, A Guide for Facility Managers, The Fairmont Press, New York and Basel, 2004.
- [7] Yeaple, F., Fluid Power Design Handbook, Marcel Dekker inc., New York, 1996.
- [8] David Mills, Pneumatic Conveying Design Guide, Sec. Ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Great Britain, 2004.

Literatura

- [1] Morvay, Z., Gvozdenac, D., Applied Industrial Energy and Environmental Management, John Wiley & Sons Ltd, 2008
- [2] Republički zavod za statistiku, <http://webrzs.stat.gov.rs>
- [3] Emplaincourt, M., Kristoffer F., Hodge, B. Energy Conservation in the Wood-Furniture Industry, Proceedings of the 2003 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry, Rye, NY, July 2003., pp 2,29-2,37
- [4] Council of Forest Industries and CIPEC, Energy Efficiency Opportunities in the Solid Wood Industry, Cat. No. M27-01-828E, Canada, 1996