



Časopis Naučnog društva za pogonske mašine, traktore i održavanje
Journal of Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

TRAKTORI I POGONSKE MAŠINE

TRACTORS AND POWER MACHINES

4

UDK 631.372

ISSN 0354-9496

Godina 19

Dec. 2014.



Novi Sad, Srbija

Trakt. i pog. maš., Trac. and pow. mach., Vol. 19, No. 4, p.1-106, Novi Sad, Dec. 2014.

UVODNIK

Poštovani čitaoci,

Nastavljajući dugogodišnju tradiciju, časopis "Traktori i pogonske mašine" i ovog puta svoje stranice posvećuje naučnom skupu

"RAZVOJ TRAKTORA I PRIMENA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE"

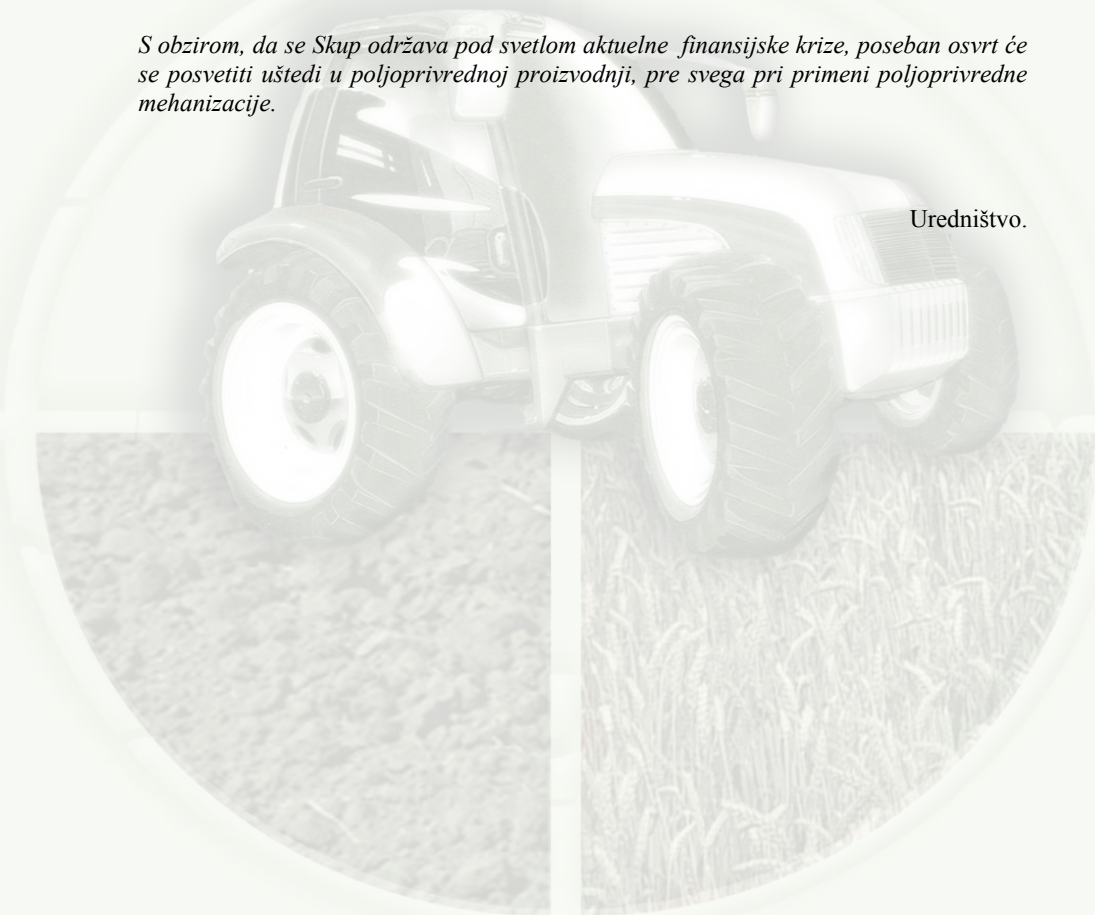
koji se po dvadesetiprvi put održava u Novom Sadu na Poljoprivrednom fakultetu, dana 05.12.2014. godine.

U časopisu su objavljeni radovi koji prikazuju trend razvoja i korišćenja savremenih traktora, mobilnih sistema i ostalih sredstava mehanizacije u poljoprivredi.

Zbog povećanog interesovanja za alternativne i obnovljive izvore energije, u časopisu je objavljen veći broj radova iz ove oblasti. Posebna pažnja posvećena je informisanju čitalaca u vezi proizvodnje i korišćenja biodizela.

S obzirom, da se Skup održava pod svetlom aktuelne finansijske krize, poseban osvrt će se posvetiti uštedi u poljoprivrednoj proizvodnji, pre svega pri primeni poljoprivredne mehanizacije.

Uredništvo.



Izdavač – Publisher



Naučno društvo za pogonske mašine, traktore i održavanje
Scientific Society of Power Machines, Tractors and Maintenance

Suizdavač – Copublisher

Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad
 Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Novi Sad

Glavni urednik – Editor in chief

Dr Milan Tomić

Urednici - Editors

Dr Lazar Savin**Dr Timofej Furman****Dr Ratko Nikolić****Dr Ivan Klinar****Dr Radojka Gligorić**

Tehnički urednik - Technical Editor

Dr Mirko Simikić

Tehnički sekretar - Technical Secretary

Nevenka Žigić

Uređivački savet - Editorial Committee

Dr Timofej Furman, Novi Sad**Dr Ratko Nikolić, Novi Sad****Dr Ferenc Časnji, Novi Sad****Dr Radojka Gligorić, Novi Sad****Dr Tripo Torović, Novi Sad****Dr Ivan Klinar, Novi Sad****Dr Božidar Nikolić, Podgorica****Dr Milan Tomić, Novi Sad****Dr Rajko Radonjić, Kragujevac****Dr Zlatko Gospodarić, Zagreb****Dr Laszlo Mago, Gödöllő, Madarska****Dr Aleksandar Šeljcin, Moskva, Rusija****Mr Milan Kekić, Bečej****Dr Radivoje Pešić, Kragujevac****Dr Klara Jakovčević, Subotica****Dr Jozef Bajla, Nitra, Slovačka****Dr Roberto Paoluzzi, Ferrara, Italija****Dr Hasan Silleli, Ankara, Turska****Dr Valentin Vladut, Rumunija**

Adresa – Adress

Poljoprivredni fakultet**Trg Dositeja Obradovića br. 8****Novi Sad, Srbija****Tel.: ++381(0)21 4853 391****Tel/Fax.: ++381(0)21 459 989****e-mail: milanto@polj.uns.ac.rs**

Časopis izlazi svaka tri meseca

Godišnja pretplata za radne organizacije je 1500 din, za
 Inostranstvo 5000 din a za individualne predplatnike 1000 din
 Žiro račun: 340-4148-96 kod Erste banke

Rešenjem Ministarstva za informacije Republike Srbije, Br.651-115/97-03 od 10.02.1997.god., časopis je upisan u registar pod brojem 2310
 Prema Mišljenju Ministarstva za nauku, Republike Srbije ovaj časopis je "PUBLIKACIJA OD POSEBNOG INTERESA ZA NAUKU"

Jurnal is published four times a year

Subscription price for organization is 40 EURO, for
 foreign organization 80 EURO and individual
 subscribes 15 EURO

Štampa – Printed by
 Štamparija "Feljton" Novi Sad, Štražilovska 17
 Tiraž 300 primeraka

SADRŽAJ – CONTENTS

<i>Mićić R., Tomić M., Simikić M.</i>	
FINALIZACIJA BIODIZELA, PREGLEDNI RAD	
BIODIESEL FINALIZATION, REVIEW	7
<i>Milojević S., Pešić R.</i>	
PRIMENA BIOMETANA U MOTORNIM VOZILIMA	
APPLICATION OF BIOMETHANE IN MOTOR VEHICLES	16
<i>Ješić D., Kovač P., Golubović D., Cvijanović N., Samardžija M.</i>	
PRIMENA ENERGIJE VETRA I SUNCA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA	
POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA	
THE USE OF WIND AND SOLAR ENERGY FOR AGRICULTURAL SURFACES	
WATERING	26
<i>Savić S., Bukvić L., Babić M., Šušteršič V., Vukašinović V.</i>	
UVOĐENJA SISTEMA KOGENERACIJE U INDUSTRIJSKI OBJEKAT U CILJU	
UŠTEDE ENERGIJE	
INTRODUCTION OF COGENERATION SYSTEM INTO INDUSTRIAL FACILITIES IN	
ORDER TO SAVE ENERGY	34
<i>Savić S., Mitić J., Babić M., Šušteršič V., Gordić D.</i>	
KORIŠĆENJE PROGRAMA RETSCREEN ZA ANALIZU UŠTEDE ENERGIJE PRI	
UGRADNJI KOGENERACIONIH POSTROJENJA U ŠKOLE	
THE USE OF RETSCREEN SOFTWARE FOR ANALYSIS OF ENERGY SAVINGS	
WHEN A COGENERATION PLANT IS USED IN SCHOOLS	44
<i>Rakić N., Canović D., Jurišević N., Šušteršič V., Babić M.</i>	
KOMBINOVANA PROIZVODNJA TOPLOTNE I ELEKTRIČNE ENERGIJE	
KOGENERATIVNIM GASNIM MODULOM „VITOBLOC 200 EM-20/39“	
COMBINED HEAT AND POWER PRODUCTION BY COGENERATIVE GAS MODUL	
„VITOBLOC 200 EM-20/39“	54
<i>Popović S., Mijić R., Grublješić Ž.</i>	
PROCENA PROIZVODNE I POLJOPRIVREDNE OPREME U SKLOPU UKUPNOG	
VREDNOVANJA POLJOPRIVREDNOG PREDUZEĆA	
EVALUATION OF PRODUCTION AND AGRICULTURAL EQUIPMENT WITHIN	
THE OVERALL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL COMPANY	61
<i>Popović S.</i>	
KONTROLNE FUNKCIJE U VOĐENJU FINANSIJSKE EVIDENCIJE TRAKTORA	
KONKRETNOG POLJOPRIVREDNOG PREDUZEĆA	
CONTROL FUNCTIONS IN MAINTAINING FINANCIAL RECORDS OF TRACTOR	
SPECIFIC AGRICULTURAL ENTERPRISE	67

Gajić Lj., Medved I.

**OBRAČUN TROŠKOVA PO AKTIVNOSTIMA U POLJOPRIVREDNOJ
PROIZVODNJI**

ACTIVITY-BASED COSTING IN AGRICULTURAL PRODUCTION

73

Danilović M., Dorđević Z., Antić S.

TRANSPORT OGREVNOG DRVETA U RAVNIČARSKOM PODRUČJU SRBIJE

TRANSPORT OF STACK WOOD IN LOWLAND AREAS OF SERBIA

82

Barać S., Biberdžić M., Dikić A., Milenković Bojana, Koprivica R.

**REZULTATI ISPITIVANJA PIK-AP PRESA PRI SPREMANJU LUCERKINOG SENA
RESULTS OF TESTING THE PICK-UP PRESSES WHILE PREPARING THE
ALFALFA HAY**

92

Božić M., Koprivica R., Bošković N., Veljković B.

**MERNO AKVIZICIONI SISTEM ZA MERENJE SILE OTVARANJA PLODOVA
POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

**DATA ACQUISITION SYSTEM FOR MEASUREMENT THE FORCE CRACKING OF
HARVESTED CROPS**

98



KORIŠĆENJE PROGRAMA RETSCREEN ZA ANALIZU UŠTEDE ENERGIJE PRI UGRADNJI KOGENERACIONIH POSTROJENJA U ŠKOLE

THE USE OF RETSCREEN SOFTWARE FOR ANALYSIS OF ENERGY SAVINGS WHEN A COGENERATION PLANT IS USED IN SCHOOLS

Savić S.¹, Mitić J., Babić M., Šušteršič V., Gordić D.

REZIME

Predmet ovog rada je utvrđivanje mogućnosti ugradnje kogeneracijskih postrojenja u škole u Republici Srbiji. Istraživanje je izvršeno na primeru osnovne škole "Dimitrije Tucović" u Kraljevu. U radu je objašnjen pojam kogeneracije, izvršena je klasifikacija kogeneracijskih postrojenja i analizirana je njihova ekonomičnost. Korišćenjem softverskog paketa RETScreen pri analizi pokazano je pod kojim uslovima je moguće povećati energetska efikasnost škole i ostvariti uštedu u finansijskom smislu.

Ključne reči: kogeneracija, energetska efikasnost, škola, program RETScreen

SUMMARY

This paper studies the possibility to use a cogeneration plant in schools in the Republic of Serbia. The study was performed for Primary School Dimitrije Tucović in Kraljevo. The paper explains cogeneration, gives classification of cogeneration plants and analyzes their cost effectiveness. Using RETScreen software package for the analysis, it was shown in which conditions it was possible to increase energy efficiency and achieve savings.

Keywords: cogeneration, energy efficiency, school, RETScreen software

UVOD

Smanjenje zaliha fosilnih goriva i prirodnog gasa su, između ostalog, jedan od glavnih razloga što energija više nije jeftina. Savremeno društvo uspešno funkcioniše prvenstveno zahvaljujući toplotnoj i električnoj energiji, kao osnovnim vidovima energije [1]. Svedoci smo konstantnog poskupljenja električne energije. U Republici Srbiji se najveći deo električne energije proizvodi u termoelektranama, gde se 10% - 15% te energije ispusti u vidu gasova a čak 45% - 60 % u vidu rashladne vode. Dakle, prilikom proizvodnje električne energije konvencionalnim sistemima za proizvodnju, energetska efikasnost je veoma mala, budući da se približno trećina ukupnog potencijala goriva pretvara u korisnu energiju. Neiskorišćeni energetska potencijal, u

¹ Prof. dr Slobodan Savić, Janko Mitić, ing., prof. dr Milun Babić, prof. dr Vanja Šušteršič, prof. dr Dušan Gordić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, e-mail: ssavic@kg.ac.rs

vidu suvišne toplotne energije, se odbacuje [2]. Logično je da se nameće potreba povećanja energetske efikasnosti. Kogeneracija predstavlja jedan od načina na koji se to može postići. Osnovu procesa kogeneracije čini kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije uz korišćenje samo jednog pogonskog goriva.

KOGENERACIJSKA POSTROJENJA

Kogeneracijsko postrojenje sastoji se od skupa elemenata povezanih u celinu u cilju realizovanja kogeneracijskog procesa. Svako kogeneracijsko postrojenje sastoji se od osnovnih elemenata kao što su:

- Motor kao generator električne i toplotne energije (motor SUS, gasna turbina sa rekuperacijom toplote, gasno-parne turbine, protivpritisna parna turbina, gasne mikroturbine, Stirling mašine, gorive ćelije, parni motori, kondenzaciona parna turbina sa oduzimanjem pare i sl.);
- Električni generator (sinhroni, asinhroni);
- Sistem za rekuperaciju toplote (kotlovi-utilizatori);
- Sistem upravljanja.

Kogenerativna postrojenja nalaze izuzetno široku primenu, kako u industriji, tako i u domaćinstvima. Neki od konkretnih objekata gde se ona mogu upotrebiti [2] su:

- industrija (prehrambena, građevinska, hemojska, farmaceutska, industrija papira, industrija piva),
- objekti (bolnice, hoteli i restorani, stambene zgrade, škole, sportski centri).

Kogeneracijska postrojenja se prema svojoj snazi dele na [3]:

- Kogeneracijska postrojenja instalirane snage do 1 MW, priključena na distributivnu mrežu:
 - a) Mikro kogeneracija (do 50 kW)
 - b) Mini kogeneracija (od 50 kW do 1 MW),
- Kogeneracijska postrojenja instalirane snage veće od 1 MW, priključene na prenosnu ili distributivnu mrežu:
 - a) Srednja kogeneracija (od 1 MW do 25 MW),
 - b) Velika kogeneracija (25 MW i više)
- Individualna kogeneracijska postrojenja koja nisu priključena na prenosnu ili distributivnu mrežu.

Upotrebom kogenerativnog postrojenja otpadna toplotna energija, u vidu vodene pare i tople vode koja se oslobodila prilikom primarnog procesa generisanja električne energije, nalazi primenu u tehnološkim procesima ili za grejanje prostora, čime se značajno podiže energetska efikasnost primarnog goriva.

EKONOMIČNOST KOGENERACIJE

Visoka energetska efikasnost kogeneracionih procesa kao i smanjeni štetni uticaj na životnu sredinu povećavaju interesovanje i potrebu uvođenja ovakvih postrojenja. Veća energetska efikasnost i smanjena potrošnja goriva dovodi do niže cene proizvedene energije, što ovakve procese u upravljanju energijom čini opravdanim.

Ulaganja u sisteme kogeneracije uključuju cenu kogeneracionog postrojenja, električnu opremu potrebnu za priključak na mrežu, prilagođenje postojećeg sistema i potrošača toplotne energije, sistem za hlađenje i ventilaciju pogonskog agregata, sistem za korišćenje ispušnih gasova i

ostale troškove instalacije i montaže koji podrazumevaju inženjering i finansijske usluge. Isplativost kogeneracionog postrojenja najviše zavisi od utroška primarnog energenta, odnosno goriva i cene električne energije. Troškovi goriva direktno zavise od vrste korišćenog goriva i karakteristika pogonskog agregata, tako da predstavljaju najznačajnije pogonske troškove koji mogu dostići i do 80 % ukupnih troškova [4].

Instaliranje kogeneracionih postrojenja ima smisla i ekonomično je samo u slučaju kada postoji potrošnja ukupne proizvedene toplote iz spregnutog procesa. Analiza ekonomičnosti kogeneracionog postrojenja počinje poređenjem ekonomičnosti proizvodnje toplotne i električne energije u kogeneracionom postrojenju sa direktnom proizvodnjom toplotne energije u sopstvenoj kotlarnici i nabavkom električne energije iz centralizovanog elektroenergetskog sistema. Analiza potencijala za primenu kogeneracionih sistema se usmerava na ekonomičnost pogona i u svakom konkretnom slučaju treba da se dokaže da takvo postrojenje radi ekonomično (sa manjim troškovima nego uobičajeno odvojeno snabdevanje električnom energijom i toplotom) [5].

SOFTVERSKA ANALIZA OPRAVDANOSTI PRIMENE KOGENERACIJE

U radu je analizirana mogućnost ugradnje kogeneracijskog postrojenja u škole, u cilju postizanja veće energetske efikasnosti i zaštite životne sredine (smanjenjem emisije gasova pri upotrebi ovakvih postrojenja). Na primeru osnovne škole „Dimitrije Tucović“ u Kraljevu i uz pomoć softverskog paketa *RETScreen* urađena je analiza izvodljivosti ovakvog postrojenja [6].

RETScreen je besplatan softverski paket razvijen od strane vlade Kanade. Koristi se za analize projekata vezanih za čistu energiju. Kao svoj krajnji cilj ima utvrđivanje podataka na osnovu kojih se može odlučiti da li je projekat isplativ i održiv. Pomoću njega moguće je realizovati različite projektne modele kao što su: ispitivanja kogeneracije, projekte vezane za energetska efikasnost, upotrebu obnovljivih izvora energije, grajanje, hlađenje i sl.

Sam program je podeljen u nekoliko koraka analize, u zavisnosti od odabranog modela analize. U radu je korišćen model 2, i njegovih 6 od 8 radnih listova [7, 8]: početna strana, mreža i opterećenje, energetska analiza, analiza troškova, analiza emisije i finansijska analiza. Radni listovi analiza rizika i alati nisu korišćeni.

Na prvom radnom listu (sl. 1) nalaze se opšte informacije o projektu.

U prvom polju za unošenje podataka potrebno je uneti ime projekta, zatim se unosi lokacija na kojoj se vrši izvođenje projekta kao i podaci koji opisuju kome je namenjen projekat i ko ga je

The screenshot displays the 'Project information' and 'Site reference conditions' sections of the RETScreen software. The 'Project information' section includes fields for Project name (kogeneracija škole), Project location (Kraljevo), Prepared for (Fakultet inženjerskih nauka), Prepared by (Janko Mijat), Project type (Combined heating & power), Grid type (Central-grid), Analysis type (Method 2), Heating value reference (Lower heating value (LHV)), Show settings (checked), Language - Langue (English - Anglais), User manual (English - Anglais), Currency (User-defined), Symbol (RSD), and Units (Metric units). The 'Site reference conditions' section includes a field for Climate data location (Kraljevo) and a 'Show data' checkbox.

Project information		See project database
Project name	kogeneracija škole	
Project location	Kraljevo	
Prepared for	Fakultet inženjerskih nauka	
Prepared by	Janko Mijat	
Project type	Combined heating & power	
Grid type	Central-grid	
Analysis type	Method 2	
Heating value reference	Lower heating value (LHV)	
Show settings	<input checked="" type="checkbox"/>	
Language - Langue	English - Anglais	
User manual	English - Anglais	
Currency	User-defined	
Symbol	RSD	
Units	Metric units	

Site reference conditions		Select climate data location
Climate data location	Kraljevo	
Show data	<input type="checkbox"/>	

Sl.1. Informacije o projektu

Fig. 1 Project information

izvodio. Nakon ovih podataka potrebno je odabrati koji tip projekta se sprovodi. U konkretnom slučaju reč je o kogeneraciji. Potom je potrebno odabrati vrstu mreže na koju je objekat trenutno priključen (u radu je to centralna mreža). Izabrano je da program u narednim kalkulacijama računa donju toplotnu moć goriva, odnosno to znači da voda u produktima sagorevanja goriva ostaje u stanju pare. Prilikom proračuna neophodno je uneti lokaciju na kojoj se nalazi objekat. Na ovaj način usvajaju se klimatski podaci izmereni za taj grad u prethodnoj godini po mesecima (dnevno toplotno zračenje, atmosferski pritisak, brzina vetra, temperature vazduha i zemlje) (sl. 2).

	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Jan	0.7	81.4%	1.64	94.4	1.4	-2.0	536	0
Feb	1.6	74.2%	2.39	94.2	1.6	-0.4	459	0
Mar	5.7	69.1%	3.36	94.1	2.1	4.7	381	0
Apr	11.5	66.0%	4.11	93.9	1.8	10.0	195	45
May	16.6	68.5%	4.96	94.1	1.4	15.7	43	205
Jun	19.5	70.2%	5.83	94.1	1.2	19.5	0	285
Jul	21.8	68.2%	5.92	94.1	1.2	22.2	0	360
Aug	21.7	66.5%	5.26	94.2	1.2	22.2	0	363
Sep	17.0	72.7%	3.85	94.3	1.3	17.0	30	210
Oct	11.8	77.5%	2.64	94.5	1.5	11.1	192	56
Nov	5.3	79.9%	1.60	94.3	1.7	4.3	381	0
Dec	1.3	82.8%	1.32	94.4	1.5	-0.9	518	0
Annual	11.3	73.1%	3.56	94.2	1.5	10.3	2,736	1,523
Source	Ground	Ground	NASA	NASA	Ground	NASA	Ground	Ground

Sl. 2. Klimatski podaci grada Kraljeva
Fig. 2. Climate data for Kraljevo

Radni list mreža i opterećenje sastoji se iz dva dela: projekta grejanja i elektroenergetskog projekta. U prvom delu radnog lista potrebno je uneti informacije vezane za grejanje objekta (sl. 3): na koliko zgrada se promenjuje kogeneracija, kolika je površina celog objekta, koje se gorivo koristi, koliko je toplotno opterećenje zgrade i sl.

Heating project	Unit
Base case heating system	Single building - space heating
Heated floor area for building	m² 2,691
Fuel type	Coal
Seasonal efficiency	% 70%
Heating load calculation	
Heating load for building	W/m² 110.0
Domestic hot water heating base demand	% 5%
Total heating	MWh 625
Total peak heating load	kW 296.0
Fuel consumption - annual	t 99
Fuel rate	RSD/t 8000,000
Fuel cost	RSD 789,309
Proposed case energy efficiency measures	
End-use energy efficiency measures	% 5%
Net peak heating load	kW 281.2
Net heating	MWh 593

Sl. 3. Projekat grejanja
Fig. 3. Heating project

Kao energnet koristi se mrki ugalj čija je cena 8000 RSD po toni. Potrebe grejanja sanitarne vode nisu veće od 5%, mera energetske efikasnosti je, takođe, približno 5%. Toplotno opterećenja objekta zavisi od izolacije objekta. Ova škola pripada grupi slabo izolovanih objekata, pa je njeno toplotno opterećenje približno 110 W/m². U drugom delu radnog lista mreža i opterećenje potrebno je uneti informacije vezane za potrošnju električne energije. Potrebno je uneti snagu srednjeg opterećenja električne mreže u KW (sl. 4) i cenu električne energije po kWh, koja u konkretnom slučaju iznosi približno 7 RSD.

Power project		Unit	
Base case power system			
Grid type		Central-grid	
Base case load characteristics			
Month	Power gross average load kW	Power net average load kW	
January	15	15	
February	19	19	
March	16	16	
April	12	12	
May	10	10	
June	8	8	
July	8	8	
August	8	8	
September	12	12	
October	18	18	
November	16	16	
December	15	15	
System peak electricity load over max monthly average		10.0%	
Peak load - annual		21	21
Electricity	MWh	114	114
Electricity rate - base case	RSD/kWh	7,000	7,000
Total electricity cost	RSD	797,634	RSD 797,634

Sl. 4. Elektro energetski projekat

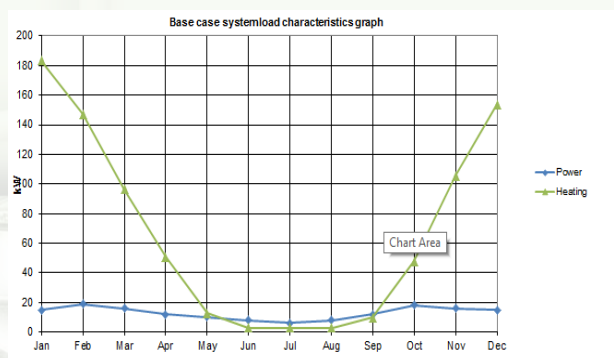
Fig. 4. Power project

Za prekoračeni pik iznad maksimalne mesečne vrednosti usvaja se vrednost od 10 %, odnosno 21 KW snage. Na osnovu unetih podataka dobijen je grafik potrošene toplotne i električne energije na godišnjem nivou (sl. 5).

Ako se usvoje kao mere energetske efikasnosti od 5 %, predložen slučaj potrošnje će izgledati kao na slici 6.

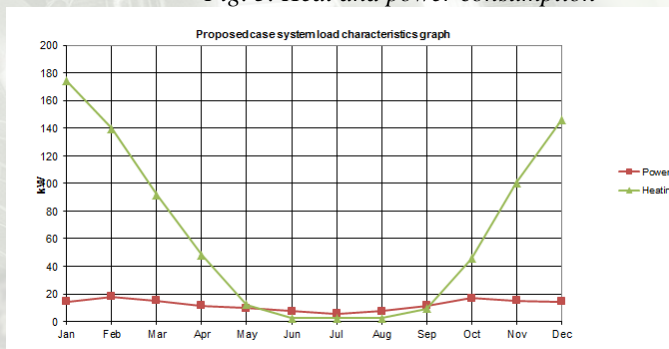
Između ovog i prethodog grafika uočava se velika sličnost. Razlika je u tome što je, na osnovu predloženih mera energetske efikasnosti od 5 %, potrošnja toplote i električne energije nešto smanjena, pa će ključne tačke grafika biti niže u pravcu ose koja pokazuje potrošnju u kW [7].

Podaci koji se unose na listu *energetski model* vezani su za izbor kogeneracione tehnologije. To su (sl. 7) podaci o kapacitetu mašine, broj radnih sati mašine, vrsta i cena primarnog goriva



Sl. 5. Potrošnja toplotne i električne energije

Fig. 5. Heat and power consumption



Sl. 6. Predloženi slučaj potrošnje

Fig. 6. Proposed consumption case

koje koristi ta mašina.

Proposed case power system			
System selection	Base load system		
Base load power system			
Technology	Reciprocating engine		
Availability	h	2.800	32.0%
Fuel selection method	Single fuel		
Fuel type	Natural gas - m ³		
Fuel rate	RSD/m ³	39.150	
Reciprocating engine			
Power capacity	kW	10	50.4%
Minimum capacity	%	50.0%	
Electricity delivered to load	MWh	26	23.8%
Electricity exported to grid	MWh	2	
Manufacturer			
Model			
Heat rate	kJ/kWh	12,000	
Heat recovery efficiency	%	47.0%	
Fuel required	GJ/h	0.1	
Heating capacity	kW	11.0	3.9%

Sl. 7. Energetski model

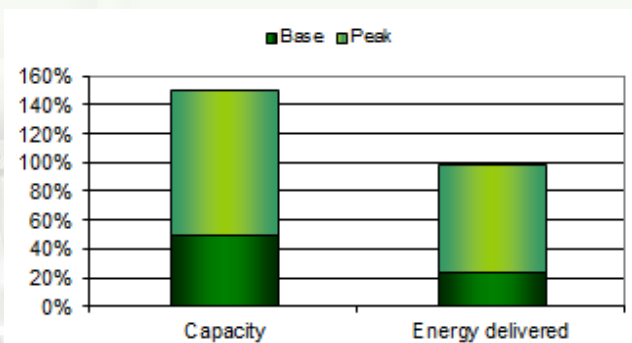
Fig. 7. Energy model

Za konkretne potrebe koristi se mali motor snage 10 kW/h koji, kao primarno gorivo, koristi prirodan gas. U odnosu na radne dane u toku meseca kada je škola u funkciji unosi se 2800 radnih sati, tj. 32% vremena. Na ovom radnom listu može se videti i cena primarnog goriva, kao i snaga i opterećenje koje motor zadovoljava. Princip rukovođenja je zadovoljavanje srednjeg opterećenja koje

iznosi 50,4 % ukunog kapaciteta. Minimalni kapacitet kojim motor može da radi je 50 %. Na osnovu ovih podataka dostavlja se 23.8% električne energije iz kogeneracijskog postrojenja. Kapacitet ovakvog sistema i njegovo iskorišćenje pokazani su na slici 8.

Maksimalni kapacitet sistema može se pročitati sa grafika, pri čemu se vidi da on iznosi 150 %. Tu spada električna energija koju obezbeđuje izabrani motor, dok ostalih 100% potiče od elektrodistributivne mreže na koju je objekat priključen. Treba naglasiti da je motor izabran tako da ispunjava bazni model opterećenja, koji iznosi oko 50 % [7].

Drugi deo radnog lista - energetski model, vezan je za toplotnu energiju. Princip je sličan kao i kod električne energije, a relevantni podaci prikazani su na slici 9.



Sl. 8. Kapacitet električne energije i isporučena energija

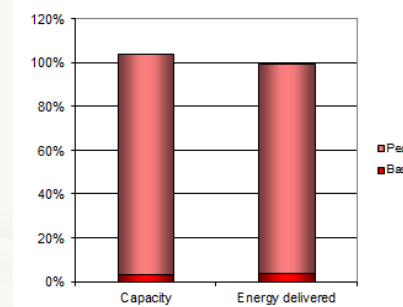
Fig. 8. Power capacity and delivered energy

heating				
Base load heating system				
Technology		Reciprocating engine		
Capacity	kW	11.0		4.1%
Heating delivered	MWh	24		3.9%
Intermediate load heating system				
Technology		Not required		
Peak load heating system				
Technology		Boiler		
Fuel type		Natural gas - m ³		
Fuel rate	RSD/m ³	39.150		
Suggested capacity	kW	281.2		
Capacity	kW	282		100.3%
Heating delivered	MWh	569.0		95.9%
Manufacturer				See PDB
Model				
Seasonal efficiency	%			
Back-up heating system (optional)				
Technology				
Capacity	kW			

Sl. 9. Toplotni model
Fig. 9. Heating model

Ukupan kapacitet u pogledu toplotne energije koji motor zadovoljava iznosi 4.1 %, a isporučena toplota je 3.9 %. Ovi podaci su prikazani na slici 10.

Analiza troškova predstavlja četvrti radni list na kome su prikazani troškovi instalacije postrojenja, troškovi samog motora, održavanja i zamene delova. Na slici 11 su prikazani početni troškovi projekta (sl. 11).



Sl. 10. Kapacitet toplotne energije i isporučena energija
Fig. 10. Heating energy capacity and delivered energy

Initial costs (credits)	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	Relative costs
Feasibility study					
Feasibility study	cost		RSD 100,000	RSD -	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Development					
Development	cost		RSD 80,000	RSD -	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Engineering					
Engineering	cost			RSD -	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Power system					
Base load - Reciprocating engine	kW	10.00	RSD 224,200	RSD 2,242,000	
Peak load - Grid electricity	kW	20.00		RSD -	
Road construction	km			RSD -	
Transmission line	km			RSD -	
Substation	project			RSD -	
Energy efficiency measures	project			RSD -	
User-defined	cost			RSD -	
Sub-total:				RSD 2,242,000	100.0%
Heating system					
Base load - Reciprocating engine	kW	11.0		RSD -	
Peak load - Boiler	kW	282.0		RSD -	
Energy efficiency measures	project			RSD -	
User-defined	cost			RSD -	
Sub-total:				RSD -	0.0%
Balance of system & miscellaneous					
Spare parts	%			RSD -	
Transportation	project			RSD -	
Training & commissioning	p-d			RSD -	
User-defined	cost			RSD -	
Contingencies	%		RSD 2,242,000	RSD -	
Interest during construction	%		RSD 2,242,000	RSD -	
Sub-total:			Enter number of months	RSD -	0.0%
Total initial costs				RSD 2,242,000	100.0%

Sl. 11. Početni troškovi
Fig. 11. Initial costs

Prva stavka koju je potrebno uneti je upravo vezana za troškove studija izvodljivosti-za ove potrebe izdvojeno je 100 000 RSD. Studije izvodljivosti su jako bitne jer se na taj način utvrđuje mogućnost realizacije ovakvog projekta. Što su studije izvodljivosti preciznije, cena je

viša. Nakon ove stavke nailazi se na polje koje se odnosi na razvoj projekta koje podrazumeva modifikacije u vidu povećanja izolacije u objektu na kome se izvodi projekat, kao i same troškove priključka ovakvog sistema. Cena motora koji je potrebno instalirati u sistem predstavlja najveće ulaganje u ovakvom projektu. U konkretnom slučaju iz baze podataka pronađena je cena motora od 10 KW koja iznosi 224 200 RSD. Smanjenjem snage motora povećava se njegova cena po kW radne snage. Zato se preporučuje da zahtevi objekta budu takvi da je potrebna ugradnja postrojenja što veće snage, kako bi projekat kogeneracije bio isplativ.

Annual savings	Unit	Quantity	Unit cost	Amount
Fuel cost - base case				
Electricity	MWh	114	RSD 7,000,000	RSD 797,634
Coal	t	99	RSD 8,000,000	RSD 789,309
Sub-total				RSD 1,586,943

Sl. 12. Godišnja ušteta

Fig. 12. Annual savings

Pored početnih troškova, postoje i troškovi za kredit, koji u konkretnom slučaju nije realizovan. Na kraju se dolazi do godišnje uštete (sl. 12) koja iznosi 1 586 943 RSD.

Osim povećanja energetske efikasnosti, kogeneracioni procesi značajno utiču i na smanjenje emisije štetnih gasova. Softver *RETScreen* u svom sastavu sadrži i deo koji se bavi ovom problematikom (sl. 13).

GHG emission reduction summary				
	Base case GHG emission tCO2	Proposed case GHG emission tCO2	Gross annual GHG emission reduction tCO2	Net annual GHG emission reduction tCO2
Combined heating & power project	344.8	41.7	303.1	303.1
Net annual GHG emission reduction 303 tCO2 is equivalent to 55.5 <input type="text" value="Cars & light trucks not used"/>				

Sl. 13. Analiza redukcije gasova

Fig. 13. Gas emission reduction analysis

Upotrebom konvencionalnih tehnologija, za ovakav školski objekat je na osnovu potrošnje električne i toplotne energije procenjeno da emisija gasova iznosi 344.8 t. Korišćenjem kogeneracionog postrojenja ta vrednost bi se svela na 41.7 t, tj. smanjila bi se za 303,1 t. Ovi podaci prikazani su na slici 13.

Financial parameters		
General		
Fuel cost escalation rate	%	2.0%
Inflation rate	%	8.0%
Discount rate	%	6.0%
Project life	yr	20

Sl. 14. Finansijski parametri

Fig. 14. Financial parameters

Pored zaštite životne sredine i očuvanja energije jedan od ključnih faktora analiziranja mogućnosti primene ovakvih kogeneracijskih postrojenja je ekenomski aspekt, tj. finansijska isplativost i održivost projekta. Na slici 14 se vidi da je planirani životni vek ovakvog projekta približno 20 godina. Da bi ovakav projekat bio realan potrebno je uzeti u obzir stopu inflacije koja iznosi 8% kao i promenu cene goriva, tj. rast cene od 2 %, što je empirijski utvrđeno.

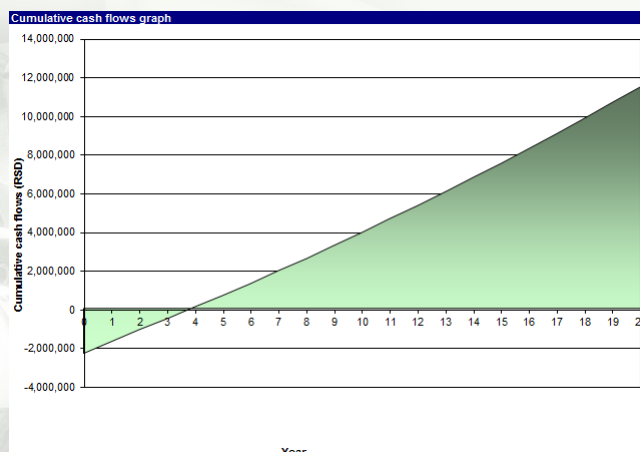
Ukupni početni kapital potreban za ugradnju kogeneracionog postrojenja, godišnji troškovi goriva i održavanja, kao i tok novca za svaku godinu pojedninačno, a u ukupnom intervalu od 20 godina predstavljani su na slici 15.

Project costs and savings/income summary				Yearly cash flows			
Initial costs				Year	Pre-tax	After-tax	Cumulative
				#	RSD	RSD	RSD
Power system	100.0%	RSD	2,242,000	0	-2,242,000	-2,242,000	-2,242,000
Heating system	0.0%	RSD	0	1	568,593	568,593	-1,673,407
				2	579,608	579,608	-1,093,799
				3	590,844	590,844	-502,956
				4	602,304	602,304	99,348
				5	613,994	613,994	713,342
				6	625,917	625,917	1,339,259
Balance of system & misc.	0.0%	RSD	0	7	638,079	638,079	1,977,338
Total initial costs	100.0%	RSD	2,242,000	8	650,484	650,484	2,627,823
				9	663,138	663,138	3,290,960
				10	676,044	676,044	3,967,004
				11	689,208	689,208	4,656,212
				12	702,636	702,636	5,358,848
Annual costs and debt payments				13	716,332	716,332	6,075,181
O&M		RSD	0	14	730,302	730,302	6,805,483
Fuel cost - proposed case		RSD	1,046,972	15	744,552	744,552	7,550,035
Total annual costs		RSD	1,046,972	16	759,087	759,087	8,309,122
				17	773,912	773,912	9,083,034
Periodic costs (credits)				18	789,034	789,034	9,872,068
				19	804,458	804,458	10,676,526
				20	820,191	820,191	11,496,716
Annual savings and income							
Fuel cost - base case		RSD	1,586,943				
Electricity export income		RSD	17,822				
Total annual savings and income		RSD	1,604,765				

Sl. 15. Cena projekta i njegova isplativost
Fig. 15. Project copsts and cost effectiveness

Svi podaci koji se nalaze na slici 15 mogu se predstaviti dijagramom prikazanim na slici 16 koji daje bolji uvid u ukupnu investiciju, vreme otplate i uštedu koja se dobija ovakvim vidom postrojenja.

Sa grafika (sl. 16) se može videti da je početna suma novca koji je potrebno uložiti 2 242 600 RSD. Period otplate uloženog novca je nešto manji od četiri godine, posle ovog perioda postiže se ušteda koja bi za period od 20 godina iznosila skoro 11 496 716 RSD, što je gotovo 5 puta više od uloženih sredstava.



Sl. 16. Grafik toka novca
Fig. 16. Cash flow graph

ZAKLJUČAK

Sve što nas okružuje predstavlja svet koji se zasniva na korišćenju energije čija proizvodnja i potrošnja stalno rastu [9]. Konvencionalni sistemi koji su najrasprostranjeniji, lagano zastarevaju i njihova energetska efikasnost [10] može biti unapređena samo novim tehnološkim postrojenjima kao što su kogeneracijska.

Nakon izvođenja studija slučaja i razmatranja mogućnosti uvođenja kogeneracijskog

postrojenja u osnovnu školu "Dimitrije Tucović" dolazi se do zaključka da su finansijska ulaganja u početku značajna. Povratak ovih investicija odvija se u relativno kratkom vremenskom periodu, nakon čega se one višestruko isplate. Obzirom na broj škola koje se nalaze u Republici Srbiji, primenom ovakvih tehnoloških postrojenja došlo bi se do znatne uštede energije na nivou cele države, što bi doprinelo ekonomskom razvitku, daljem razvoju energetskog sektora [11], kao i očuvanju životne sredine.

Softverski paket *RETSscreen* omogućio je potpuni uvid u značaj i mogućnost ugradnje ovakvih sistema, kako u ekonomskom, tako i u ekološkom smislu.

Uz podizanje svesti kod ljudi na individualnom nivou [12] da energija nije besplatna i da se uz malo ulaganja može postići znatna ušteda bez gubitka komfora, mogu se postići i neki viši ciljevi očuvanje energije na globalnom nivou. Samim tim će se smanjiti emisija gasova koji stvaraju efekat staklene bašte i stvoriti realni preduslovi za očuvanje naše planete Zemlje.

ZAHVALNICA

Ovaj rad predstavlja deo istraživanja realizovanih na projektu III 42013, finasiranom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1.] www.cnti.info/energija/page2.html
- [2.] www.esco.rs/kogeneracija.html
- [3.] Marković, D., Procesna i energetska efikasnost, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.
- [4.] Nacionalni izveštaj o kogeneraciji, Potencijal kogeneracije u Srbiji, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Beograd, 2007.
- [5.] Jančićević, N., Analiza kogeneracionih potencijala primenom baze podataka komunalnih deponija i postrojenja za tretman otpadnih voda, Master rad, Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu, Kragujevac, 2011.
- [6.] http://www.retsscreen.net/ang/g_combine.php
- [7.] Vulović, A., Jovanović, N., Savić, S., Gordić, D., Neke mogućnosti povećanja energetske efikasnosti zatvorenog bazena sportskog centra Park u Kragujevcu, 7. Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Festival kvaliteta 2012, Kragujevac, 2012, 7-9. jun, B 73-B 76.
- [8.] Vulović, A., Jovanović, N., Savić, S., Gordić, D., Šuštersič, V., Uvođenje sistema trigeneracije u cilju uštede energije, Traktori i pogonske mašine, 17(4), 102-110.
- [9.] Nikolić, R., Furman, T., Tomić, M., Simikić, M., Samardžija, M. (2011). Korišćenje obnovljivih izvora energije u Srbiji. Traktori i pogonske mašine, 16(3), 7-14.
- [10.] Radosavljević, D., Nikolić, R., Šotra, D., Šotra, V. (2012). Energetska efikasnost i zelena energija. Traktori i pogonske mašine, 17(4), 15-28.
- [11.] Sokolović, S. (2006). Stanje i pravci razvoja energetike Srbije. Traktori i pogonske mašine, 11(1), 7-10.
- [12.] Desnica, E., Letić, D., Gligorić, R. (2012). Obrazovanje inženjera u skladu sa prirodom-korisnost obnovljivih izvora energije. Traktori i pogonske mašine, 17(4), 87-93.

Rad primljen: 03.11.2014.

Rad prihvaćen: 12.11.2014.