Kontinualno praćenje rada toplotnih izvora u cilju poboljšanja energetske efikasnosti sistema u JP Toplana Kraljevo

Goran Cvetkov^{1*}, Dragan Balšić¹, Vukašin Simeunović¹

¹ JP „Toplana“ Kraljevo

Učešće daljinskog grejanja u gradovima u Srbiji je u povećanju i sve se više nameće kao najefikasniji i najekonomičniji oblik grejanja. Energetska efikasnost sistema daljinskog grejanja je imperativ na dobrobit isporučilaca toplotne energije, krajnjih korisnika i društva u celini. Učešće troškova energenata nameće različite aktivnosti u cilju ekonomičnijeg poslovanja, a stepen tehnološke nesavršenosti naših sistema daljinskog grejanja je poznat, tako da imamo dosta prostora za unapređenje postojećeg stanja. Kontinualno praćenje parametara rada sistema daljinskog grejanja od bitnog je značaja za procenu efikasnosti rada i ukazuje na pravce daljeg delovanja.

Ključne reči: daljinsko grejanje, energetska efikasnost, toplotni izvor, mazut, prirodni gas, toplana, stepen korisnosti, regulacija

1. OSNOVNI PODACI O JP „TOPLANA“ KRALJEVO

Javno energetske preduzeće „Toplana“ Kraljevo nastala je 1966. godine u okviru tadašnjeg stambenog preduzeća. Danas JP „Toplana“ radi samostalno, sa svojom osnivačkom delatnošću – proizvodnja i distribucija toplotne energije, kao i sa dodatnim delatnostima: postavljanje cevnih instalacija, izvođenje montažnih mašinskih radova, projektantske usluge i ostali poslovi iz oblasti grejanja i klimatizacije. JP „Toplana“ Kraljevo u svom sastavu poseduje pet toplotnih izvora različitih toplotnih kapaciteta:

„Centralna toplana“ sa instalisanom snagom kotlovnih postrojenja od 32,0 MW, koja kao osnovno gorivo koristi prirodni gas a kao alternativno gorivo mazut. Na osnovu regulacionog plana grada Kraljeva planira se proširenje instalisane snage na 50 MW.

Kotlarnica „Nova Kolonija“ ima instalisanu snagu od 27.3 MW koja kao osnovno gorivo koristi prirodni gas a kao alternativno gorivo mazut. U ovoj kotlarnici predviđena je na osnovu KfW – III programa zamena kotlova uz povećanje kapaciteta na 31.5 MW.

Kotlarnica „Zelena Gora“ ima instalisanu snagu od 8.5 MW i kao gorivo koristi mazut. U narednom periodu planira se uvođenje prirodnog gasa, odnosno konverzija kotlarnice sa mazuta na prirodni gas.

Kotlarnica „OŠ Svetozar Marković“ ima instalisanu snagu od 2,5 MW i kao gorivo koristi mazut. U narednom periodu planira se gašenje kotlarnice i priključenje na „Centralnu kotlarnicu“.

Kotlarnica „Higijenski Zavod“ ima instalisanu snagu od 1,7 MW i kao gorivo koristi na gas. U narednom periodu planira se uvođenje prirodnog gasa, odnosno konverzija kotlarnice sa mazuta na prirodni gas.

JP „Toplana“ Kraljevo trenutno ima instalisanu snagu od 73.12 MW, dok je toplotni konzum potrošača 84 MW. Preduzeće greje oko 550.000 m² prostora od čega je 450.000 m² stambenog prostora, 70.000 m² poslovnog prostora i 30.000 m² povlašćenog prostora (škole, dečija obdaništa i sl.).

2. PREGLED OSNOVNIH PARAMETARA RADA SISTEMA

Povećanje cene energenata, njihova uvozna zavisnost, koji primarno utiču na poslovanje energetske subjekta, nametnulo je potrebu za uvođenjem mera energetske efikasnosti. U cilju povećanja energetske efikasnosti rada sistema u Toplani Kraljevo krenulo se sa realizacijom kontinualnog monitoringa procesa proizvodnje i distribucije toplotne energije. U tabeli 1. dat je zbirni mesečni prikaz osnovnih parametara sistema daljinskog grejanja.

Tabela 1: Mesečni pregled osnovnih parametara proizvodnje

Godina	Mesec	Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
21580	januar	3516150	263350	-	35,708.7517	-2.1	654.1
	februar	902410	157110	-	10,180.6249	3.5	434
	mart	604500	85605	-	6,596.8251	7.3	362.7
	april	85011	41750	-	1,264.9371	12.3	100.5
	oktobar	117644		-	1,339.6758	10.3	130.5
	novembar	320901	127030	-	4,427.9526	10	270

* JP „Toplana“ Kraljevo, Srbija, office@toplanakv.rs

	decembar	699845	292430	-	9,831.5270	4.1	461.9
		6246461	988855	0	69,350.2941		2413.7
Godina		Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
	Mesec	[Nm³]	kg	[m³]	[MWh]	°C	[/]
2001	januar	965090	238680	-	11,689.7166	3.5	480.5
	februar	571721	316700	-	8,914.7265	4.3	411.6
	mart	499825	99880	-	5,784.7873	11.2	241.8
	april	281800	106000	-	3,825.4056	8.8	153
	oktobar	148000	40550	-	1,837.4647	10.6	126
	novembar	915460	157460	-	10,306.0349	4.5	435
	decembar	1565700	305145	-	18,033.1041	-3.2	688.2
		4947596	1264415	0	60,391.2397		2536.1

Godina		Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
	Mesec	[Nm³]	kg	[m³]	[MWh]	°C	[/]
2002	januar	1322280	227425	533	14,885.8238	0.7	567.3
	februar	657440	119320	415	7,472.1264	6.6	347.2
	mart	535490	99270	443	6,109.7464	9.5	294.5
	april	313261	53580	461	3,523.2006	10.7	124.5
	oktobar	269977	51900	572	3,101.3510	11.9	106.5
	novembar	672250	97340	1012	7,360.4687	9.7	279
	decembar	1460447	263040	1192	16,575.7747	-0.3	598.3
		5231145	911875	4628	59,028.4917		2317.3
Godina		Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
	Mesec	[Nm³]	kg	[m³]	[MWh]	°C	[/]
2003	januar	1401138	257640	857	15,962.5815	0.05	587.45
	februar	1342886	250860	959	15,343.5613	-1.65	578.2
	mart	939818	163530	793	10,601.5941	6.4	390.6
	april	356965	69230	400	4,107.5181	7.6	171
	oktobar	458611	87317	425	5,258.6781	6.78	183.3
	novembar	747345	138666	720	8,528.3195	8.25	322.5
	decembar	1293410	238791	693	14,746.1765	1.42	544.98
		6540173	1206034	4847	74,548.4291		2778.03
Godina		Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
	Mesec	[Nm³]	kg	[m³]	[MWh]	°C	[/]
2004	januar	1495220	274384	664	17,028.1112	-1	620
	februar	1092470	222188	576	12,687.8741	3.07	446.04
	mart	818480	149678	457	9,315.2564	8.08	338.52
	april	254675	46848	492	2,901.6172	12.28	100.8
	oktobar	248578	45304	447	2,827.3568	14.65	65.25
	novembar	928662	163576	811	10,498.3034	7.06	358.2
	decembar	1250495	222777	849	14,165.0696	4.08	462.52
		6088580	1124755	4296	69,423.5887		2391.33

Godina	Mesec	Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
2005	januar	1410550	260249	788	16,079.7775	1.44	544.36
	februar	1464000	279719	810	16,798.1440	-0.95	558.6
	mart	1048340	195707	1054	11,976.6606	5.7	412.3
	april	362940	69407	511	4,165.1278	11.11	118.35
	oktobar	410450	73534	740	4,654.0762	10.58	126.3
	novembar	1114359	201546	1090	12,657.2767	4.75	427.5
	decembar	1324936	259350	472	15,272.8881	2.99	496.31
		7135575	1339512	5465	81,603.9508		2683.72

Godina	Mesec	Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
2006	januar	1638670	398934	686	19,776.6356	-1.96	649.76
	februar	1324320	242545	717	15,076.4191	1.23	497.56
	mart	1031991	186647	554	11,721.6930	6.08	400.52
	april	274896	53156	160	3,161.3806	11.77	108.45
	oktobar	332478	56225	450	3,732.0463	10.2	132
	novembar	980690	169521	920	11,049.9286	6.2	384
	decembar	1401138	257640	1050	15,962.5815	2.4	514.6
		6984183	1364668	4537	80,480.6847		2686.89

Godina	Mesec	Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Prosečna temperatura	Stepen dani
		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
2007	januar	1210070	208822	480	13,630.5033	6.2	396.8
	februar	832838	334505	300	11,546.6520	6.4	352.8
	mart	276432	607523	480	9,467.7394	9.5	294.5
	april	105112	288371	110	4,251.1364	9.8	138
	oktobar	633332	110102	650	7,143.1638	7.4	174
	novembar	1351542	239746	510	15,297.9663	3.48	465.6
	decembar	1715085	311862	560	19,499.4525	0.2	582.8
		6124411	2100931	3090	80,836.6137		2404.5

Tabela 2: Zbirni pregled osnovnih parametara proizvodnje

Godina	Prirodni gas	Mazut	Voda	Isporučena toplotna energija	Stepen dani	Grejna površina
	[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	[/]	[m ²]
2000	6246461	988855	0	69.350,2941	2413,7	372700
2001	4947596	1264415	0	60.391,2397	2536,1	393400
2002	5231145	911875	4628	59.028,4917	2317,3	398500
2003	6540173	1206034	4847	74.548,4291	2778,03	412000
2004	6088580	1124755	4296	69.423,5887	2391,33	435200
2005	7135575	1339512	5465	81.603,9508	2683,72	457200
2006	6984183	1364668	4537	80.480,6847	2686,89	487200
2007	6124411	2100931	3090	80.836,6137	2404,5	520000
2008	3817020	863694	2130	45.322,4186	2853,7	550000

Kontinualno praćenje parametara rada sistema kao što su: potrošnja goriva, gubitak vode u transportu do

korisnika, potrebe za količinom toplote u funkciji spoljne temperature, od bitnog su značaja za procenu efikasnosti

rada sistema, na osnovu kojih dolazimo do potrebnih podataka za planiranje novih mera energetske efikasnosti.

Mere su usmerene na:

- toplotne izvore,
- distributivnu mrežu,
- toplotnoprjednane podstanice.

Dijagram 1: isporučene toplotne energije po m²

Na dijagramu 1. vidi se očigledno smanjenje proizvedene toplotne energije nakon primenjenih prvih mera energetske efikasnosti iako se na dijagramu broj 2. vidi da je došlo do povećanja proizvodnje i isporuke toplotne energije u periodu posle 2004. godine.

Dijagram 2: godišnje isporučena toplotna energija MWh

Dijagra 3: isporučene toplotne energije MWh u zavisnosti od stepen dana SD

Dijagram 4: promena vrednosti stepena dana po godinama

Da bi se realnije sagledali energetske efekti analizirane su izmerene vrednosti utrošene energije za grejanje u zavisnosti od klimatskih pokazatelja koji su se menjali od godine do godine. Ovo je predstavljeno u dijagramu broj 4.

Kad su u pitanju toplotni izvori predviđena je zamena dotrajalih postojećih kotlova (starosti preko 30 godina), novim kotlovima savremene konstrukcije visokog stepena korisnosti, malog opterećenja plamene cevi, malog stepena emisije zagađujućih komponenti (NO_x, CO₂) opremljeni modernim automatskim sistemima vođenja gorionika prema procentu O₂ u dimnim gasovima i frekventno upravljanim ventilatorima.

Ugradnja razmenjivača toplote dimnih gasova – ekkonomajzera, radi povećanja ukupnog stepena korisnosti kompletnog kotlovskog postrojenja.

Ugradnja glavnih cirkulacionih pumpi sa frekventnom regulacijom koje imaju mogućnost vođenja sa $\Delta p = \text{const.}$ prema toplovodnoj mreži. Ovo omogućava upravljanje podstanicama lokalnom automatskom kvanitativno-kvalitativnom regulacijom (regulacija zapreminskog protoka i regulacija temperature u sekundarnom delu instalacije).

Ugradnja sonde radi prikupljanja svih radnih parametara i uvođenje u SCADA sistem koji omogućava kontinualno praćenje i upravljanje sistemom, u cilju optimalnog rada sistema.

Šema sistema data je na sledećoj slici:

Sistemima za automatsko praćenje i kontrolu parametara toplinskih izvora opremljene su dve najveće kotlarnice, kotlarnica „Centralna toplana“ i „Nova Kolonija“. Ceo sistem se upravlja na osnovu spoljašnje temperature kao ulazne veličine, koja je obrađena preko funkcije kliznog dijagrama.

Jednačinu kliznog dijagrama izlazne temperature određuje polinom 3. stepena :

$$y = -0.00034603 \cdot x^3 + 0.01325 \cdot x^2 - 2.70818 \cdot x + 78.53691$$

, gde je x spoljna temperatura, a y vrednost izlazne temperature.

Potprogram za proračun kliznog dijagrama, po standardu IEC 1131.3

Proračunata vrednost postaje set point regulacionih krugova izlazne temperature, gde su izvršni organi trokraki regulacioni ventili. Drugi regulacioni krug kotlarnice predstavlja regulacija pritiska - frekventnim

regulatorima kao izvršnim elementima. Procesor u svakom trenutku prati zadati i ostvareni dp, čija se razlika, obradjena PID regulatorom, daje zadati broj obrtaja motora pumpe.

Najnovija saznanja i dostignuća u oblasti kotlovskih postrojenja nameću i primenu normi za kvalitet napojne i kotlovske vode, sa praćenjem i analizom propisanih parametara. Sistem za postizanje kvaliteta kvaliteta napojne vode je kombinacija jonskih izmenjivača i dozirno-regulacionih sistema za kondicioniranje vode,

čime se u zatvorenom cirkulacionom sistemu daljinskog grejanja kontinualno kontroliše kvalitet vode u cirkulaciji. Ovo je omogućeno kontrolisanim dodavanjem adekvatnog kompleksnog proizvoda za kondicioniranje vode u cirkulaciju, čime se ispunjavaju sve propisane karakteristike kvaliteta vode.

Postojeća distributivna mreža je vrelodovna, ukupne dužine preko 25 km, različitih nazivnih prečnika. Prethodnih godina izvršena je zamena dotrajanih cevi, novim predizolovanim cevima sa malim koeficijentom provođenja toplote i uvođenje sistema za kontinualno praćenje – detekciju curenja. Ovo nam omogućava pouzdan rad sistema sa minimalnim gubicima omekšane vode, kao i brzu i preciznu dijagnostiku eventualnih havarija. Uporedo sa zamenom distributivne mreže vrši se polaganje fiber optičkih kablova čime izgrađujemo infrastrukturu za razvoj računarsko-komunikacionog sistema Toplane.

Kada su u pitanju toplotne podstanice, u toku je zamena direktnih toplotnih podstanica sa kompaktnim indirektnim podstanicama, koje se povezuju sa centralnim sistemom nadzora i upravljanja.

Дијаграм бр. 5 и бр. 6 показује смањење трошкова реактивне електричне енергије у односу на укупне трошкове електричне енергије у периоду 2001-2008.

Dijagram 5.
CONSUMPTION
2001-2008

Dijagram 6.

COSTS OF ELECTRICITY
2001-2008

3. ZAKLJUČAK

Sprovođenjem najnužnijih mera proteklih godina došli smo do zaključka da samo kontinualnim monitoringom parametara rada sistema poboljšali efikasnost rada celokupnog sistema daljinskog grejanja. Analizirajući dobijene podatke dobili smo realnu osnovu za planiranje novih mera za dalje poboljšanje energetske efikasnosti, jer su sprovedene mere samo početak planiranih aktivnosti. Odluka rukovodstva preduzeća da se aktivnije krene u revitalizaciju sistema daljinskog grejanja je bitan korak u pokretanju programa koji vode racionalnom iskorišćenju energije.

LITERATURA

- [1] Todorović, B.: Projektovanje postrojenja za centralno grejanje, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.
- [2] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković, Grejanje i klimatizacija, Interklima, Vrnjačka Banja, 1995.
- [3] Todorović, B., Klimatizacija, SMEITS, Beograd, 1998.
- [4] Sokolov, J., Toplifikacija i toplotne mreže, Građevinska knjiga, Beograd, 1985
- [5] Vučetić, R.: Priručnik o uravnoteženju cevni mreža u grejanju, ventilaciji i klimatizaciji, SMEITS, Beograd, 1996

Energy Efficiency Improvement in the District Heating Company JP Toplana Kraljevo by Continual Monitoring of Working Parameters

Goran Cvetkov^{1*}, Dragan Balšić¹, Vukašin Simeunović¹

¹ JP „Toplana“ Kraljevo

The expansion of the district heating systems in Serbia imposes these systems as the most efficient and economic form of heat supply. Energy efficiency of the district heating systems is the imperative for the sake of thermal energy producers, consumers and the whole society. The share of the fuel cost entails different activities for more economical managing of affairs, and the degree of technological imperfection of our district heating systems is known, so there is a lot of space for improvement of the present state. Continual monitoring of working parameters of the district heating systems is of high importance for the evaluation of the efficiency and points out the direction of the future activities.

Key words: district heating, energy efficiency, heat source, heavy fuel, natural gas, thermo power plant, utilization rate, regulation

1. BASIC INFORMATION ABOUT THE PUBLIC DISTRICT HEATING COMPANY JP „TOPLANA“ KRALJEVO

Public district heating company “Toplana” Kraljevo was established in 1966 as a part of the housing company that existed at that time. Today JP “Toplana” works independently with its founding activity – production and distribution of heat energy, and with additional activities: laying of pipe installations, construction, drawing up the plans for heat installations, and other heating, ventilating and air conditioning businesses. JP “Toplana” Kraljevo comprises five boiler rooms with different capacities:

Central boiler room has the total installed capacity 32.0 MW, which as the primary heat source uses natural gas and with heavy fuel oil as an alternative. The regulation plan for the town Kraljevo plans enlargement of this boiler room to the capacity of 50 MW.

The boiler room “Nova Kolonija” has installed capacity of 27.3 MW and uses as the main heat source natural gas and as the alternative heavy fuel oil. In this boiler room, it was planned under the KfW – III program substitution of the present boilers with the enlargement of the capacity to 31.5 MW.

The boiler room “Zelena Gora” has installed capacity of 8.5 MW and uses heavy fuel oil as a heat source. There is

a plan to convert this boiler room from heavy fuel oil to natural gas.

The boiler room “OŠ Svetozar Marković” has installed capacity of 2,5 MW and uses heavy fuel oil as a heat source. There is a plan for this boiler room to be shutdown and consumers to be connected to the Central boiler room. The boiler room “Higijenski Zavod” has installed capacity of 1,7 MW and uses heavy fuel oil as a heat source. It was planned for this boiler room too, to be connected to the national natural gas grid.

JP „Toplana“ Kraljevo at present has the capacity of 73.12 MW, while at the same time consumers have the heat demand of 84 MW. The district heating company heats 550.000 m² that consists of 450.000 m² residential area, 70.000 m² commercial area, and 30.000 m² so-called reduced fare area (schools, kindergarten etc.).

2. REVIEW OF THE BASIC WORKING PARAMETERS

The rise of fuel prices, their import dependence, which primary influence managing of affairs of a district heating company, imposed the need for implementation of energy efficiency measures. In order to improve its energy efficiency the company has started with continually monitoring of the production and distribution of heat energy.

Table 1: Monthly review of the basic heat production parameters

Year	Month	Natural gas	Heavy fuel oil	Water	Delivered heat energy	Average temperature	Degree days
		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
21580	januar	3516150	263350	-	35,708.7517	-2.1	654.1
	februar	902410	157110	-	10,180.6249	3.5	434
	march	604500	85605	-	6,596.8251	7.3	362.7
	april	85011	41750	-	1,264.9371	12.3	100.5
	october	117644		-	1,339.6758	10.3	130.5
	november	320901	127030	-	4,427.9526	10	270
	december	699845	292430	-	9,831.5270	4.1	461.9

* Corresponding author : JP „Toplana“ Kraljevo, Srbija, office@toplanakv.rs

		6246461	988855	0	69,350.2941		2413.7
Year	Month	Natural gas [Nm³]	Heavy fuel oil kg	Water [m³]	Delivered heat energy [MWh]	Average temperature °C	Degree days [°C]
2001	januar	965090	238680	-	11,689.7166	3.5	480.5
	februar	571721	316700	-	8,914.7265	4.3	411.6
	march	499825	99880	-	5,784.7873	11.2	241.8
	april	281800	106000	-	3,825.4056	8.8	153
	october	148000	40550	-	1,837.4647	10.6	126
	november	915460	157460	-	10,306.0349	4.5	435
	december	1565700	305145	-	18,033.1041	-3.2	688.2
		4947596	1264415	0	60,391.2397		2536.1

Year	Month	Natural gas [Nm³]	Heavy fuel oil kg	Water [m³]	Delivered heat energy [MWh]	Average temperature °C	Degree days [°C]
2002	januar	1322280	227425	533	14,885.8238	0.7	567.3
	februar	657440	119320	415	7,472.1264	6.6	347.2
	march	535490	99270	443	6,109.7464	9.5	294.5
	april	313261	53580	461	3,523.2006	10.7	124.5
	october	269977	51900	572	3,101.3510	11.9	106.5
	november	672250	97340	1012	7,360.4687	9.7	279
	december	1460447	263040	1192	16,575.7747	-0.3	598.3
		5231145	911875	4628	59,028.4917		2317.3
Year	Month	Natural gas [Nm³]	Heavy fuel oil kg	Water [m³]	Delivered heat energy [MWh]	Average temperature °C	Degree days [°C]
2003	januar	1401138	257640	857	15,962.5815	0.05	587.45
	februar	1342886	250860	959	15,343.5613	-1.65	578.2
	march	939818	163530	793	10,601.5941	6.4	390.6
	april	356965	69230	400	4,107.5181	7.6	171
	october	458611	87317	425	5,258.6781	6.78	183.3
	november	747345	138666	720	8,528.3195	8.25	322.5
	december	1293410	238791	693	14,746.1765	1.42	544.98
		6540173	1206034	4847	74,548.4291		2778.03
Year	Month	Natural gas [Nm³]	Heavy fuel oil kg	Water [m³]	Delivered heat energy [MWh]	Average temperature °C	Degree days [°C]
2004	januar	1495220	274384	664	17,028.1112	-1	620
	februar	1092470	222188	576	12,687.8741	3.07	446.04
	march	818480	149678	457	9,315.2564	8.08	338.52
	april	254675	46848	492	2,901.6172	12.28	100.8
	october	248578	45304	447	2,827.3568	14.65	65.25
	november	928662	163576	811	10,498.3034	7.06	358.2
	december	1250495	222777	849	14,165.0696	4.08	462.52
		6088580	1124755	4296	69,423.5887		2391.33
Year	Month	Natural gas	Heavy fuel oil	Water	Delivered heat energy	Average temperature	Degree days

		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
2005	januar	1410550	260249	788	16,079.7775	1.44	544.36
	februar	1464000	279719	810	16,798.1440	-0.95	558.6
	mart	1048340	195707	1054	11,976.6606	5.7	412.3
	april	362940	69407	511	4,165.1278	11.11	118.35
	oktobar	410450	73534	740	4,654.0762	10.58	126.3
	novembar	1114359	201546	1090	12,657.2767	4.75	427.5
	decembar	1324936	259350	472	15,272.8881	2.99	496.31
		7135575	1339512	5465	81,603.9508		2683.72

Year	Month	Natural gas	Heavy fuel oil	Water	Delivered heat energy	Average temperature	Degree days
		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
2006	januar	1638670	398934	686	19,776.6356	-1.96	649.76
	februar	1324320	242545	717	15,076.4191	1.23	497.56
	mart	1031991	186647	554	11,721.6930	6.08	400.52
	april	274896	53156	160	3,161.3806	11.77	108.45
	oktobar	332478	56225	450	3,732.0463	10.2	132
	novembar	980690	169521	920	11,049.9286	6.2	384
	decembar	1401138	257640	1050	15,962.5815	2.4	514.6
		6984183	1364668	4537	80,480.6847		2686.89
Year	Month	Natural gas	Heavy fuel oil	Water	Delivered heat energy	Average temperature	Degree days
		[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	°C	[/]
2007	januar	1210070	208822	480	13,630.5033	6.2	396.8
	februar	832838	334505	300	11,546.6520	6.4	352.8
	mart	276432	607523	480	9,467.7394	9.5	294.5
	april	105112	288371	110	4,251.1364	9.8	138
	oktobar	633332	110102	650	7,143.1638	7.4	174
	novembar	1351542	239746	510	15,297.9663	3.48	465.6
	decembar	1715085	311862	560	19,499.4525	0.2	582.8
		6124411	2100931	3090	80,836.6137		2404.5

Table 2: Summed review of the basic heat production parameters

Year	Natural gas	Heavy fuel oil	Water	Delivered heat energy	Degree days	Surface
	[Nm ³]	kg	[m ³]	[MWh]	[/]	[m ²]
2000	6246461	988855	0	69.350,2941	2413,7	372700
2001	4947596	1264415	0	60.391,2397	2536,1	393400
2002	5231145	911875	4628	59.028,4917	2317,3	398500
2003	6540173	1206034	4847	74.548,4291	2778,03	412000
2004	6088580	1124755	4296	69.423,5887	2391,33	435200
2005	7135575	1339512	5465	81.603,9508	2683,72	457200
2006	6984183	1364668	4537	80.480,6847	2686,89	487200
2007	6124411	2100931	3090	80.836,6137	2404,5	520000
2008	3817020	863694	2130	45.322,4186	2853,7	550000

distribution network, the energy need in dependence on the outdoor temperature, are important to estimate the efficiency of the system and present the basis for planning future energy efficiency measures. The measures are focused onto:

Continual monitoring of the following working parameters: fuel consumption, the water loss in the heat

- heat sources,
- distribution network, and
- thermal substations.

Diagram 1: Delivered heat energy per m^2 .

Delivered heat energy per m^2

During the analyzed period the total heated area increased but as it can be seen from the Diagram 1 the specific heat consumption per m^2 decreased due to the implementation of the energy efficiency measures. Although, the company increased the production of heat as it can be seen from the Diagram 2.

Diagram 2: Delivered heat energy per year in MWh

Produced heat energy (MWh)

Diagram 3: Delivered heat energy in Mwh in dependence of degree days

Diagram 4

In order to obtain a better picture on implemented measures the measured values of consumed energy in dependence on climate parameters were analyzed. This was shown in the diagram 4.

The substitution of the old boilers (older than 30 years) that are at the end of their life span was planned, with new contemporary, energy efficient boilers, with small flame pipes loads, and with smaller degree of pollutant emission (NO_x , CO). The new boilers should be equipped with automatic burner that are controlled according to the amount of O_2 in the flue gases, and that have frequency regulated ventilators.

Addition of the heat exchangers – economizer on the boilers in order to increase the energy efficiency was planned too.

The use of the main circulation pumps with frequency regulation, which have possibility to be driven with $\Delta p = \text{const.}$ towards heat distribution network. This enables thermal substations to be run with local automatic quantitative-qualitative regulation (regulation of the volume flow and temperature regulation in the building part of installation).

In order to gather all working parameters and to continually monitor and optimally operates the system, the company mounted probes and implemented the SCADA system that enables continual monitoring and operating the system.

The scheme of the system is given in the following figure:

The two largest boiler rooms “Centralna Toplana” and “Nova kolonija” are equipped with the system for continual monitoring and control of the parameters of a district heating system. The whole system is controlled by the ambient temperature that was an input value, and is determined by a sliding diagram.

The water temperature that enters into the distribution network on the sliding diagram is determined by the third order polynomial equation:

$$y = -0.00034603 \cdot x^3 + 0.01325 \cdot x^2 - 2.70818 \cdot x + 78.53691$$

, where x is ambient temperature, and y is the water temperature that enters into distribution network.

The subprogram for calculation of the sliding diagram was taken according to the standard IEC 1131.3.

The calculated value becomes the set point of the regulation circles, where executive devices are tree-way regulated valves. The second regulation circle of the boiler room is regulation of the pressure difference in the

network with frequency regulators as executive devices. The processor follows the assigned and realized dp, whose value is determined by a PID regulator that gives the rpm of the pump motor.

The newest achievements in the boiler's technique impose implementation of the norms for the water quality in the district heating network. The norms require permanent monitoring of the water in the network. This system comprises a combination of ionic exchangers and dosing and regulating systems for water conditioning.

By this system the quality of the water is continually monitored in the closed system of the heat distribution network. By adding these additives all characteristics of the water according to regulation are fulfilled.

The present hot water distribution network is 25 km long with varying pipe diameters. In the analyzed period the company substituted old pipes with new preinsulated pipes. These pipes have low thermal transmittance coefficient and the system for leakage monitoring. This enables a reliable functioning of the system with minor losses of soft water, and prompt detection of potential damages of the piping network. In parallel with the substitution of pipes the company lays the optic cables for development of the communication and control system in the network.

At present the company substitutes direct heat substations with the indirect compact ones. These are connected to the central system for monitoring and control.

The diagram No 5 & No 6 show the decreasing of expences for reactive electric energy comparing total expences for electric energy in period 2001-2008.

Diagram 5.
CONSUMPTION
2001-2008

Diagram 6.

COSTS OF ELECTRICITY
2001-2008

3. CONCLUSION

By performing measures of continual monitoring and central control we improved the efficiency of the whole district heating system. Analyzing the results of this monitoring we got the real basis for implementation of new energy efficiency measures, because the realized activities presents just the beginning of what was planned. The decision of the management of the company to revitalize the whole system is an important step in achieving an energy efficient district heating system.

LITERATURE

- [1] Todorović, B.: Projektovanje postrojenja za centralno grejanje, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.
- [2] Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković, Grejanje i klimatizacija, Interklima, Vrnjačka Banja, 1995.
- [3] Todorović, B., Klimatizacija, SMEITS, Beograd, 1998.
- [4] Sokolov, J., Toplifikacija i toplotne mreže, Građevinska knjiga, Beograd, 1985
- [5] Vučetić, R.: Priručnik o uravnoteženju cevni mreža u grejanju, ventilaciji i klimatizaciji, SMEITS, Beograd, 1996