

PRIRODNI GAS – ALTERNATIVA UGLJU ZA GREJANJE KRAGUJEVCA

NATURAL GAS AS AN ALTERNATIVE TO COAL FOR HEATING KRAGUJEVAC

MARIN A. IVOŠEV i SRĐAN VESOVIĆ,
“Energetika”, d.o.o., Kragujevac

Ovaj rad, u osnovi, čine tri grupe podataka: prvu grupu čine opšti podaci iz toplana Srbije, drugu čine podaci zasnovani na parametrima produkata sagorevanja, izmerenim u „Energetici”, u Kragujevcu, u grejnoj sezoni 2007/2008. god. na dva naša najveća industrijska parna kotla: jednom na uglalj, a drugom na prirodni gas; treća grupa podataka prikazuje ukupne godišnje količine opasnih i štetnih produkata sagorevanja iz toplana u Beogradu, Novom Sadu, Nišu i Kragujevcu. Ovakav izbor gradova je načinjen zato što je reč o četiri naša najveća grada, kao i zbog činjenice da između njih, sa ekološkog aspekta sagorevanja energenata, ima velikih razlika: Beograd se greje na sve tri vrste energenata: oko 290.000.000 nm³ prirodnog gasa, 57.000 tona mazuta i oko 7.000 tona uglja godišnje; Novi Sad na oko 100.000.000 nm³ prirodnog gasa godišnje, Niš na oko 2.500.000 nm³ prirodnog gasa i oko 8.000 tona mazuta i Kragujevac na oko 80.000 tona uglja, 700 tona mazuta i oko 14.000.000 nm³ prirodnog gasa godišnje. Upoređenjem sve ove tri grupe podataka, može se zaključiti

This paper essentially consists of three groups of data. The first group includes general data from the Serbian heating plants. The second group of data is based on the combustion products parameters measured in “ENERGETIKA” doo Kragujevac, in 2007/2008 heating season, on our two biggest industrial steam boilers: the one using coal and the other one using natural gas. The third group of data shows the total annual quantities of hazardous and harmful combustion products from the heating plants in Belgrade, Novi Sad, Niš and Kragujevac. This selection was made since these are the four biggest cities in Serbia and due to the fact that between them there are significant differences regarding the environmental aspects of fuel combustion: on a yearly basis, Belgrade heating plants use all three types of fuel (approx. 290,000,000nm³ of natural gas, 57,000 tons of crude oil and 7,000 tons of coal per annum), the heating plants in Novi Sad use natural gas (approx. 100,000,00nm³), the heating plants of Niš use natural gas (approx 2,500,000nm³) and crude oil (8,000 tons) and Kragujevac uses all three types of fuel (approx. 80,000 tons of coal, 700 tons of crude oil and 14,000,000nm³ of natural gas). By

da je za Kragujevac, u budućnosti, sa ekološkog aspekta sagorevanja energenata, jedina alternativna zamena uglja prirodnim gasom.

comparing all three groups of data, natural gas is the only alternative to coal for Kragujevac in the future, from the environmental aspect of fuel combustion.

Ključne reči: produkti sagorevanja; toplane Srbije; prirodni gas

Key words: combustion products; Serbian heating plants; natural gas

1. Opšti podaci o grejanju gradova Srbije

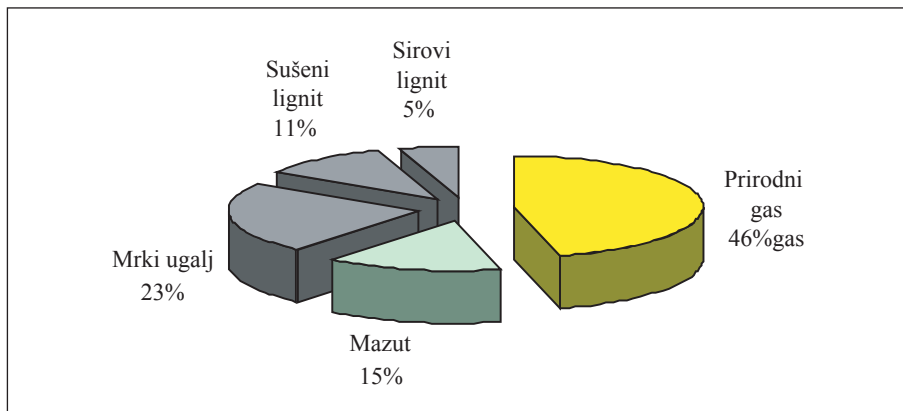
Ovog trenutka u Srbiji, po zvaničnoj evidenciji, ima 47 toplana. Ukupan broj izvora toplote je 732 (kotlova), a ukupna instalirana snaga postrojenja iznosi oko 6200 MW. Približna je i snaga priključenih potrošača – oko 5500 MW.

Najveća instalirana snaga toplotnih izvora je u Beogradu (2.445 MW). Sledi Novi Sad (809 MW), **Kragujevac (315 MW)**, Niš (237 MW), Bor, Pančevo, Subotica, Zrenjanin itd. [1].

2. Činjenice o potrošnji goriva

Struktura potrošnje primarne energije u svetu, zasnovana na sagorevanju tečnih naftnih derivata iznosi oko 33%, uglja oko 25%, prirodnog gasa oko 21%, obnovljivih izvora oko 14% i nuklearne energije oko 7% [2]. Ukupna potrošnja energenata u toplanama Srbije u 2008. godini iznosila je oko 190.000 tona uglja, oko 125.000 tona mazuta, oko 95.000 tona lož ulja i oko **484.000.000 nm³** prirodnog gasa [1].

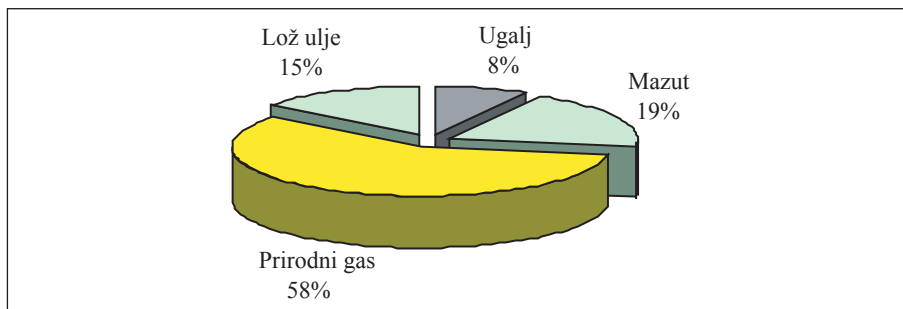
Energetski udeo potrošnje pogonskih goriva 1998. godine, u svim toplanama Srbije, ilustruje slika 1, a isti udeo pretvaranja energije goriva u toplotnu energiju, za 2008. godinu, slika 2 [3].



Slika 1. Udeo potrošnje energenata u 1998. godini

Već na osnovu prvih podataka da se zaključiti nekoliko važnih stvari. Udeo potrošnje prirodnog gasa u toplanama Srbije u 2008. godini u odnosu na 1998. godinu povećan je sa 46% na 58%, odnosno za 26%. Udeo uglja u ukupnoj potrošnji znat-

no je smanjen, sa 39% na 8%, a na račun ovoga smanjenja, povećan je i udeo tečnih naftnih derivata, sa 15% na 34%, odnosno za oko 27%.



Slika 2. Udeo potrošnje energenata u 2008. godini

Sa ekološkog aspekta, povećanje udela prirodnog gasa pozitivno utiče na kvalitet produkata sagorevanja i smanjuje degradaciju prirode od strane čoveka. Jasni pokazatelji ove pojave su smanjenje, ili potpuno eliminisanje, opasnih i štetnih produkata sagorevanja: sumpor-dioksida (SO_2), azotnih oksida (NO_x) i čvrstih čestica, pre svega pepela.

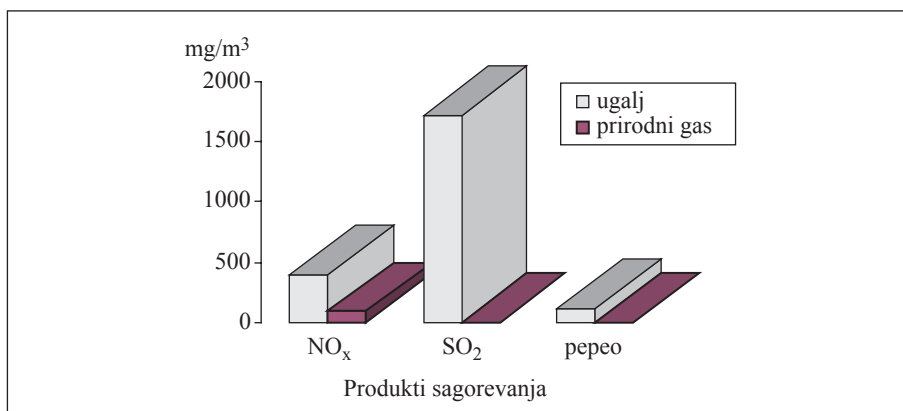
3. Poređenje produkata sagorevanja kotlova

Prethodnu konstataciju numerički ilustruju i konkretni primeri kontrolnih merenja parametara opasnih i štetnih produkata sagorevanja u „Energetici“. Ta merenja daju uporedne podatke o količinama produkata sagorevanja dva naša najveća industrijska parna kotla, instalirana u Kragujevcu, za potrebe grejanja grada i „Zastave“. Jedan kotao, od 64 MW, je na ugalj, a drugi, od 32 MW, na prirodni gas. Merenja energetske i ekološke efikasnosti oba kotla vršena su tokom grejne sezone 2007/2008. godine, a sistematizovana su i skraćeno prikazana u tabeli 1 [3, 4].

Tabela 1. Uporedne vrednosti produkata sagorevanja kotlova

Energent	Pregrejana para			Ložište Tl °C	O_2 %	CO ppm	CO_2 %	NO_x mg/m ³	SO_2 mg/m ³	pe-peo mg/m ³	η	
	bar	°C	t/h								%	%
Ugalj	24	409	76,3	732	9,9	3,5	9,7	403	1719	120	88,9	84,2
Prirodni gas	20	430	27	780	13	1	5,6	94	0	0	89	86

Bolja ekološka efikasnost kotla koji radi na prirodni gas, u poređenju sa ugljem, može se uočiti u tabeli 1. To se postiže poređenjem količina NO_x , SO_2 i pepela, na jednom i drugom parnom kotlu. Na to numerički ukazuje znatno manja količina azotnih oksida i potpuno odsustvo sumpor-dioksida i pepela u produktima sagorevanja prirodnog gasa. Ovo još jasnije ilustruje slika 3. Levi blokovi na histogramu prikazuju količine navedenih opasnih i štetnih produkata sagorevanja, u odnosu na jedinicu ukupne količine dimnih gasova [mg/m³], za ugalj, a desni za prirodni gas.



Slika 3. Produkti sagorevanja kotlova

4. Poređenje produkata sagorevanja u gradovima

Ukupne količine utrošenih energenata u 2008. godini u navedena četiri grada prikazane su u tabeli 2.

Izračunavanje količine opasnih i štetnih produkata vršeno je za: Beograd, Novi Sad, Niš i Kragujevac. Kragujevac je interesantan slučaj, zbog potrošnje relativno velikih količina uglja. U osnovi ovih proračuna, stoje (1) ukupne količine energenata koji se godišnje troše u četiri naše najveće toplane, i (2) jedinične količine produkata sagorevanja za čvrsta, tečna i gasovita goriva, koje su izračunate na osnovu elementarnog hemijskog sastava goriva i stehiometrijskih jednačina.

Tabela 2. Količine energenata u 2008. godini

	Ugalj	Mazut	Prirodni gas	Q	Nabavna cena jedinice goriva
	kg/god.	kg/god.	nm ³ /god.	kJ/god.	din./kJ
BG	6.507.000	56.040.000	280.400.000	11.572.884.000.000	0,922 x 10 ⁻³
NS	0	0	96.135.770	3.172.480.410.000	0,969 x 10 ⁻³
NI	0	8.000.000	24.000.000	1.124.300.000.000	0,896 x 10 ⁻³
KG	78.000.000	700.000	13.330.000	1.403.890.000.000	0,463 x 10 ⁻³

Pored ukupnih količina energenata, prikazanih u tabeli 2, izračunate su, a zatim prikazane i količine proizvedene toplote [kJ/god.], kao i nabavne cene jedinice energije u gorivu [din./kJ]. Izračunavanje ukupne količina proizvedene toplote po gradovima (Q), zasnovano je na toplotnim vrednostima (H_d) energenata: 12.000 kJ/kg za ugalj, 40.000 kJ/kg za mazut i 33.000 kJ/nm³ za prirodni gas. Nabavne cene jedinice goriva izračunate su na osnovu procenjene srednje cene uglja u toku 2008. godine u iznosu od 2.600 din./tona, mazuta 30.000 din./tona i prirodni gas 31 din./nm³ [3].

Na osnovu svih dosadašnjih navoda izračunate su još i teoretske količine sledećih produkata sagorevanja: (1) vazduha potrebnog za sagorevanje navedenih količina energenata [V]; (2) ugljen-dioksida [CO₂]; (3) sumpor-dioksida [SO₂]; (4) azota [N]; (5) vodene pare [V_{H₂O}]; (6) pepela [μ] i (7) ukupne količine produkata sagorevanja [V_g]. Svi ovi podaci su sistematizovani u tabeli 3.

Tabela 3. Godišnje količine produkata sagorevanja gradova

Red. br.	Teoretske količine produkata sagorevanja	Hemijska oznaka	Jed. mere	Beograd	Novi Sad	Niš	Kragujevac
1	Vazduh potreban za sagorevanje	V	nm ³ /god.	3.180.144.900	922.903.392	297.600.000	344.448.000
2	Ugljen-dioksid	CO ₂	nm ³ /god.	376.289.480	96.135.770	37.280.000	48.812.000
3	Sumpor-dioksid	SO ₂	nm ³ /god.	232.579	0	28.000	439.250
4	Azot	N	nm ³ /god.	2.963.208.700	884.449.084	273.600.000	291.056.000
5	Vodena para	VH ₂ O	nm ³ /god.	638.792.530	192.271.540	58.400.000	89.190.000
6	Pepeo	μ	mg/god.	2.811.024.000	0	0	33.696.000.000
7	Ukupna količina produkata sag.	V _g	nm ³ /god.	4.436.553.200	1.336.287.203	407.200.000	472.527.000
8	Broj stanovnika	/	/	200.0000	330.000	260.000	200.000

5. Komentari

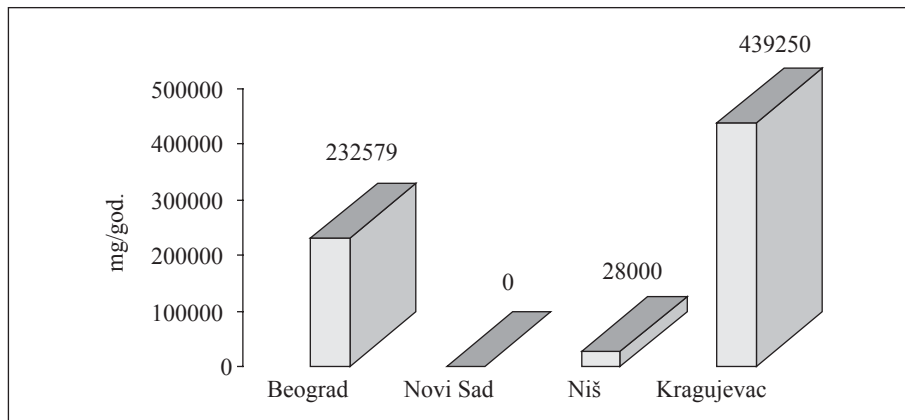
Na osnovu tabela se da zaključiti da je Beograd apsolutno najveći „potrošač“ čistog vazduha (V) i najveći „proizvođač“ ukupnih količina produkata sagorevanja (V_g). To je logično, zato što Beograd, u isto vreme, troši i najveće količine energenata.

Za komparaciju mogu da posluže i svi ostali parametri produkata sagorevanja u tabeli 3, ali kao poseban primer ovde se akcenat stavlja na koncentracije sumpor-dioksida i pepela u produktima sagorevanja. Ove ekološke parametre najbolje ilustruju slike 4 i 5.

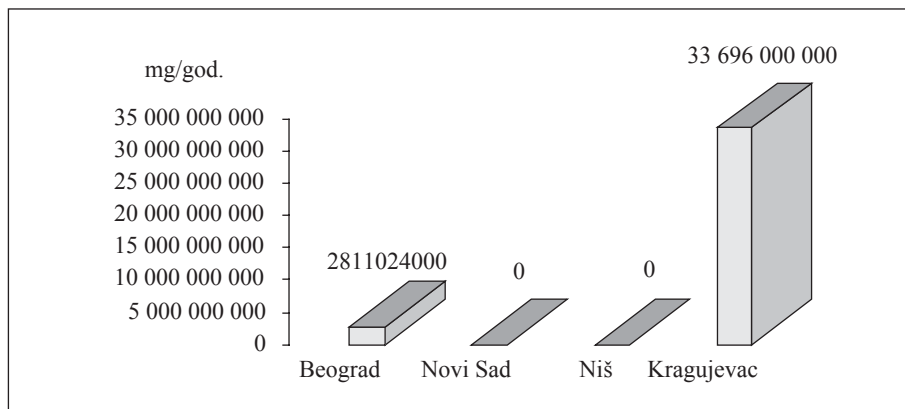
Gledano sa ekološkog aspekta sagorevanja energenata, obe slike jasno ukazuju na činjenicu da je u Kragujevcu postoji najveća problematika. To potvrđuje slika 4, na kojoj je u produktima sagorevanja predstavljena skoro dvostruko veća apsolutna količina SO₂ u odnosu na grad Beograd i višestruko veća količina sumpor-dioksida u

odnosu na grad Niš. Novi Sad u produktima sagorevanja od toplana praktično nema ovo opasno hemijsko jedinjenje, jer u svim kotlarnicama koristi prirodni gas.

Skoro identičan slučaj je i sa količinama pepela. Slika 5 ilustruje činjenicu da Novi Sad (i u ovom slučaju) i Niš, u produktima sagorevanja toplana uopšte nemaju ovu vrstu ekološke opasnosti. Vidi se da i u Beogradu još uvek, ali u znatno manjoj meri u odnosu na 1998. godinu, u produktima sagorevanja ima pepela, zbog kotlarnica na uglj: toplane „Dunav“, „Karaburma“, „Banovo brdo“, nešto „Cerak“ i najmanje na „Voždovcu“ [3].



Slika 4. Apsolutne količine SO₂ po gradovima



Slika 5. Apsolutne količine pepela po gradovima

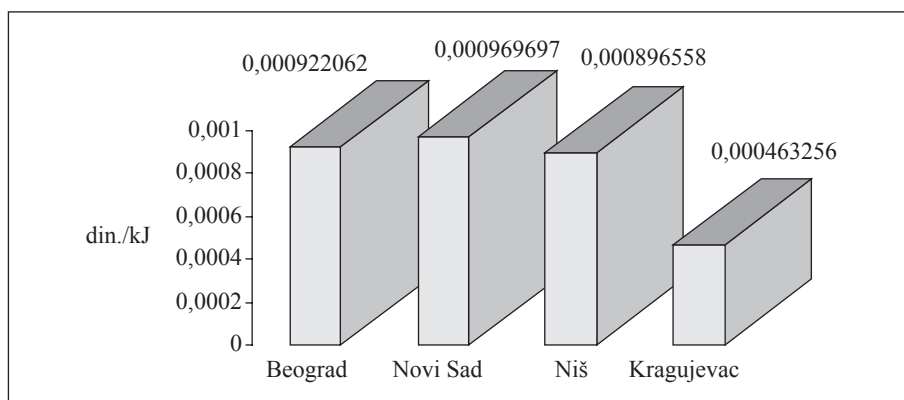
Od četiri naša najveća grada, Kragujevac je praktično jedini „ostao“ da koristi uglj (sada 78.000 t/god., nekada 200.000). Proračuni količina pepela zasnovani su na pretpostavci da prosečna količina pepela u Srbiji, u produktima sagorevanja iznosi 120 mg/nm³ ukupnih produkata sagorevanja [5]. Kod manjih kotlarnica ovaj iznos je veći, a kod većih, manja koncentracija pepela. Kada je „Zastava“ radila punim kapacitetom, potrošnja uglja se približavala cifri i od 200.000 tona godišnje. U to vre-

me je od oko 60.000 tona pepela, koliko se stvaralo sagorevanjem tako velikih količina uglja, sa emisijama produkata sagorevanja na dimnjak, „odlazilo“ oko 5%. To je oko 3.000 tona pepela godišnje. Ova količina je zasnovana na pretpostavci da je srednja efikasnost odvajanja pepela elektrofiltera, tokom kontrolnih merenja, bila između 94% i 96% [5], a projektovana efikasnost je 99,9%.

Od ostalih većih gradova, značajniju potrošnju imaju još Bor (oko 48.000 t/god.), Kruševac (oko 30.000 t/god.), pa Užice (oko 2.500 t/god.), Leskovac (oko 8.000 t/god.) itd. [1].

Zašto se sve ovo navodi?

Finansijski aspekt korišćenja prirodnog gasa umesto uglja u toplanama Srbije, može da se sagleda i iz jednog drugog ugla. Iz tabele 2 i prema slici 6, može da se grubo proceni da je nabavna cena jedinice energije (din./kJ) u uglju dvostruko manja od iste jedinice energije prirodnog gasa. Površno gledano, to može da znači da je isto toliko jeftinija i celokupna proizvodnja toplote na uglju u odnosu na prirodni gas.



Slika 6. Nabavna cena jedinice energije goriva

Da li je takav odnos i ukupnih troškova? Nije. Ugalj kao pogonsko gorivo, osim opasnih i štetnih produkata sagorevanja, stvara još niz dodatnih problema, ali i troškova: (1) deponovanje uglja; (2) tiho sagorevanje, pa često i samozapaljenje na samoj deponiji; (3) „tabanje“ mehanizacijom u cilju sprečavanja ove pojave; (4) pretovar; (5) interni transport od deponije do kotlova i odvajanje nečistoće i metalnih delova; (6) začepljenje uglja u međubunkerima i kotlovskim bunkerima; (7) zaglavljivanje uglja u dodavačima; (8) regulacija količine uglja; (9) mlevenje uglja u mlinskim postrojenjima; (10) sagorevanje u ložištu, itd.; to je samo *prva faza* složenog sistema pretvaranja potencijalne energije uglja u toplotu.

Drugu fazu problema sagorevanja uglja čini: (1) stvoreni pepeo, nesagoreli uglj i šljaka, (2) prljanje ekranskih cevi u ložištu, lepljenje za cevni sistem, (3) začepljenje pregrejačkih cevi, cevnog sistema ekonomajzera, (4) začepljenje zagrejača vazduha (!), (5) problematika taloženja u elektrofilteru (6) pneumatski transport posredstvom elevatora i kanala, (7) deponovanje u objektu otpeljeljivanja, (8) vlaženje i utovar u kamione, (9) transport kroz grad i (10) deponovanje, najčešće na nepropisno uređene deponije [6, 7, 9, 10].

Nijedna od navedenih pojava ne postoji u toplanama koje koriste prirodni gas, a svih deset navedenih pozicija znatno i finansijski opterećuju ukupne rezultate poslo-

vanya toplana Srbije, a **posebno kragujevačke**. To se pre svega odnosi na troškove ugradnje, složene, skupe i velikih gabarita industrijske opreme za sve navedene uređaje; zatim na troškove električne struje za pogon ove opreme, materijalne troškove preventivnog i interventnog održavanja opreme, generalnog remonta, troškove održavanja minimalnih uslova rada, troškove bezbednosti rada radnika, troškove protivpožarne zaštite, troškove radne snage itd., itd.

I ako bi se dalje analiziralo, došlo bi se do generalnog zaključka, da apsolutno sve govori da emisije opasnih i štetnih produkata sagorevanja uglja važe kao veliki zagađivači životne sredine gradova Srbije, **posebno Kragujevca** i da je ugajl, i fizički, u svim toplanama veoma problematičan energent.

6. Rezime rada

U svetu se od pedesetih godina prošlog veka povećava interesovanje naučnika za očuvanje životne sredine. U našem okruženju je ta aktivnost započela tek krajem devedesetih, odnosno početkom 21. veka. Suštinu problema ekološke prirode najbolje ilustruje jedna knjiga, još iz davne 1972. godine, o održivom razvoju čovečanstva, čiji je naziv „O granicama rasta“ [8]. Ona se bavi istraživanjem budućnosti planete Zemlje, a čija apokaliptična vizija budućnosti još uvek nije ozbiljnije osporena. Na to ukazuju i analize u ostalim naučnim publikacijama po kojima se među ključnim regulatorima budućeg razvoja čovečanstva na Zemlji javljaju *ekološka ograničenja*. To znači da se ispred ljudi koji planiraju, implementiraju, eksploatišu ili tehnički održavaju ovakve sisteme postavljaju prirodna ekološka ograničenja. Mora istovremeno postojati integralni pristup: (1) i za mehaničku pouzdanost, (2) i za energetku i finansijsku efikasnost, ali (3) i za **ekološku efikasnost** rada postrojenja [7, 11, 12, 13].

Zašto?

„Ipak je najveće ovozemaljsko blago, bilo je i biće, zdrav čovek, zdrave biljke i zdrave životinje, čista zemlja, čista voda i čist vazduh“ [5].

7. Glavni zaključak rada

Ovog trenutka prirodni gas, sa ekološkog aspekta, u svim toplanama Srbije, posebno kragujevačkoj, nema alternativu.

8. Izvori informacija

- [1] *** Poslovno udruženje toplana Srbije, *Pokazatelji daljinskog grejanja u toplanama članicama poslovnog udruženja „Toplane Srbije“*, 2007.
- [2] www.epa.gov
- [3] *** Interna dokumentacija „Zastave Energetike“, Kragujevac.
- [4] *** Stručni nalazi Instituta za kvalitet radne i životne sredine „1. maj“, Niš, 1997, i Instituta za javno zdravlje, Kragujevac, 2008.
- [5] **Ivošev, M.**, *Ekološki aspekti sagorevanja energenata na primeru Zastava Energetike*, magistarska teza, Maš. fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2002.
- [6] **Ivošev, M.**, *Ugalj... ali po koju cenu?*, Savetovanje toplana Jugoslavije, Beograd, 1997.
- [7] **Ivošev, M.**, *Upravljanje energetskim sistemima na čvrsta goriva promenljivog kvaliteta uz ekološka ograničenja*, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005.

- [8] **Meadows, Do., De Meadows, J. Randers, W. Behrens**, *Granice rasta*, „Stvarnost“, Zagreb, 1972.
- [9] **Ivošev, M.**, *Kako se greje Kragujevac?*, časopis „Energija“, br. 1–2, Beograd, 1997.
- [10] **Ivošev, M.**, *Rad velikih industrijskih sistema u uslovima restrikcija*, časopis „Energija“, br. 1, Beograd, 1998.
- [11] *** Kyoto Protocol, Kyoto, 1997.
- [12] *** Serija standarda JUS ISO 14000
- [13] **Ivošev, M.**, *Studija sistema daljinskog vrelovodnog grejanja „Zastave“ i grada Kragujevca – tehnološki projekat „Strategija razvoja do 2015. godine“*, “Zastava Energetika”, Kragujevac, 2000.

kgH