

**Предраг Љ. Стефановић, Зоран Ј. Марковић*,
Вукман В. Бакић, Дејан Б. Цвејиновић,
Валентијина М. Турањанин, Марина П. Јовановић**

Лабораторија за термотехнику и енергетику,
Институт за нуклеарне науке „Винча”, Универзитет у Београду, Београд, Србија

Емисија гасова са ефектом стаклене баште у топланама јавних предузећа даљинског грејања у градовима Србије

Стручни рад
УДК: 504.7:662.71/.74

Сматра се да је емисија гасова са ефектом стаклене баште (Green House Gasses – GHG) један од главних узрочника актуелних климатских промена. Стога је неопходно да се нејресано ради на смањењу емисије GHG. Република Србија, као не-Анекс I држава чланица Оквирне конвенције УН о промени климе и Кјото протокола настоји да допринесе остварењу основних циљева Конвенције. Један од првих корака у том смислу је израда националних комуникација као стратежских националних докумената. Циљ ових докумената је информисање о стању сировођења Конвенције, најорима и предвиђеним акцијама државе које доприносе борби против климатских промена. Следећи корак је припрема свеобухватног националног програма мера за ублажавање. Програм подразумева унапређење модела пројекције емисија GHG за релевантне привредне секторе, анализу могућности смањења емисија GHG у секторима, прорачунавање пројекција потребних за сировођење различитих сценарија, као и утврђивање укљученог потенцијала за смањење емисија GHG на националном нивоу.

За потпуно и квалитетно сировођење ових активности, неопходно је израдити дејалан инвентар емисија GHG у појединим секторима. У оквиру посебне студије су директно од јавних комуналних предузећа која се баве испоруком топлотне енергије за 50 градова у Србији прикуљени подаци о потрошњи енергије, произведеној топлотној енергији и грејној површини стамбеног и пословног простора по годинама у периоду 1990–2008. Као репрезентативне године периода изабране су 1990, 1998. и 2008. година. У овом раду су приказани подаци о потрошњи енергије и резултати прорачуна емисије GHG при производњи топлотне енергије у топланама јавних предузећа даљинског грејања у Србији за репрезентативне године. Прорачун емисије GHG је сроведен према ревидираној IPCC методологији која пописује стандардне вредности доње топлотне моћи и емисионих фактора за коришћена фосилна горива.

У раду је даја и пројекција емисије GHG до 2012. и 2015. године услед сагоревања фосилних горива која се користе за производњу топлотне енергије, за два различита сценарија. Први сценарио предвиђа повећање емисије GHG под претпоставком сукцесије чврстих горива природним гасом, а други предстља случај када би природни гас у потпуности био замењен мазујом. Очекивано повећање производње топлотне енергије за оба сценарија је 10% до 2012. и 15% до 2015. године у односу на базу 2008. годину.

Кључне речи: емисија гасова стаклене баште, Србија,
топлане, ревидирана IPCC методологија, ублажавање

* Одговорни аутор; електронска адреса: zoda_mark@vinca.rs

Увод

Неопходно је да се непрестано ради на смањењу и ограничавању емисије гасова са ефектом стаклене баште (*GHG*). Република Србија је чланица Оквирне конвенције [1] Уједињених нација о промени климе (UNFCCC – у даљем тексту Конвенција) и Кјото протокола [2], са статусом земље у развоју (не-Анекс I држава). У првом обавезујућем периоду, Србија нема обавезу квантификованог смањења емисија *GHG*. Међутим, Србија је ратификацијом Конвенције преузела обавезе утврђивања и спровођења активности које се односе на анализу и извештавање о могућностима смањења емисија *GHG*.

Један од првих корака у том правцу је израда иницијалне [3], а затим и осталих националних комуникација као стратешких националних докумената. Циљ ових докумената је информисање о статусу спровођења Конвенције, напорима и предвиђеним акцијама државе које доприносе борби против климатских промена, као и дефинисање националних потреба у процесу прилагођавања измењеним климатским условима.

Следећи корак је израда свеобухватног националног програма мера за ублажавање [4]. Овај програм треба да дефинише израду модела за пројекцију емисија *GHG* у релевантним секторима (енергетика, саобраћај, пољопривреда, отпад и шумарство), унапређење усвојених модела, анализу могућности смањења емисија *GHG* у релевантним секторима, процену трошкова остваривања различитих сценарија као и утврђивање укупног националног потенцијала за смањење емисије.

Израда адекватног модела пројекције (сценарија) и оцена могућности за ограничење емисија *GHG* заснива се на детаљној анализи емисија *GHG* у претходном периоду (укупно и појединачно по гасовима и секторима), очекиваним променама укупне емисије у односу на претпостављене технолошке и социјално-економске токове у посматраном периоду и анализи законских и стратешких националних и међународних докумената. Резултати дефинисаних сценарија се даље користе за формирање климатских модела који омогућавају процену могућих промена климатских услова у зависности од изабраног сценарија.

Сматра се да се највећи потенцијал за смањење емисије *GHG* из енергетског сектора Србије до 2015. године налази у повећању енергетске ефикасности коришћења енергије [3] (ревитализацијом постојећих производних капацитета енергетске индустрије) и све интензивнијем коришћењу обновљивих извора енергије. То су два од пет главних приоритета Стратегије развоја енергетике у Републици Србији до 2015. године [5]. У јавном сектору за централно снабдевање топлотном енергијом и топлом водом, могућности смањења емисије *GHG* [3] сагледавају се у:

- смањењу специфичне потрошње топлотне енергије по грејној површини увођењем система мерења и наплате по утрошеној количини енергије,
- смањењу специфичне потрошње топлотне енергије по грејној површини путем побољшања термоизолације стамбеног фонда,
- супституцији угља и мазута природним гасом и/или биомасом, и
- увођењу савремених технолошких решења (комбинована производња електричне и топлотне енергије и постројења са гасно-парним циклусом и когенерацијом).

У овом раду су коришћени подаци о потрошњи енергената за производњу топлотне енергије, произведеној топлотној енергији и грејној површини стамбеног и пословног простора по годинама у периоду 1990–2008. године у јавном сектору за даљинско грејање у Србији, прикупљени и обрађени у оквиру студије [6]. Подаци обрађени у овој студији добијени су путем упитника за достављање потребних података директно од јавно комуналних предузећа која се баве испоруком топлотне енергије у 50 градова у Србији. Прикупљени подаци су проверени и допуњени на основу расположивих статистичких годишњака Завода за статистику Савезне Републике Југославије, Завода за статистику Републике Србије и царинских органа за период 1990–2008. Детаљан списак расположивих статистичких годишњака коришћених у изради ове студије дат је у прегледу литературе [3, 6]. Подаци за топлане у Приштини, Баковици, Косовској Митровици и Звечану за период 2000–2008. су преузети из [7]. Прикупљени подаци не обухватају топлане које нису у саставу јавних предузећа (ЈПТ), као ни термоелектране–топлане које су у саставу ЈП „Електропривреда Србије”.

За топлане за које у појединим годинама не постоје подаци о потрошњи одређеног горива, узета је просечна потрошња тог горива у претходном периоду. Прорачун количина емитованих гасова стаклене баште у 1990, 1998. и 2008. године извршен је према упутству [8] метода *Tier 1*.

Потрошња енергената у ЈПТ у 1990, 1998 и 2008. години

На основу података и резултата студије [6] као репрезентативне су изабране 1990, 1998 и 2008. године и за ове године је припремљен инвентар *GHG*. Подаци о потрошњи течног и гасовитог горива у топланама за 1990, 1998. и 2008. године сумирани су у табл. 1, док су подаци о потрошњи чврстог горива приказани у табл. 2 [6].

Таблица 1. Потрошња течног и гасовитог горива у ЈПТ за производњу топлотне енергије

Година	Гас [m ³]	Мазут [t]	Лож-уље [t]
1990.	183613877	260701,6	1348,7
1998.	388516808	116157,5	1515,6
2008.	463539345	149875,3	574,1

Таблица 2. Потрошња чврстог горива у ЈПТ за производњу топлотне енергије

Година	Лигнит из подземне експлоатације [t]	Сушени лигнит [t]	Камени угаљ [t]	Мрки угаљ [t]
1990.	20084,8	9804,4	12788,0	309364,8
1998.	41811,9	14733,5	2280,9	218089,3
2008.	27071,5	8587,7	3437,0	139192,0

Након смањења потрошње фосилних горива у енергетске сврхе у Србији крајем прошлог века, ниво потрошње током последњих десет година је константно растао. Истовремено је дошло и до промена у процентуалним уделима коришћених

горива. Удео природног гаса у укупној потрошњи значајно је порастао у односу на потрошњу у базној 1990. (112% за 1998. годину и 152% за 2008. годину, табл. 1). Удео осталих горива је варирао од године до године. Након значајног пада потрошње у периоду 1990–1998. године потрошња мазута се до 2008. године усталила на око 58% потрошње у 1990. години. Количине осталих коришћених течних горива су мале и нису узете у обзир у прорачунима.

Уочава се тенденција смањења количине мрког угља (пад од 29% у 1998. години и 55% у 2008. години) у односу на 1990. годину (табл. 2). Количина лигнита из подземне експлоатације потрошеног у производњи топлотне енергије је до 2008. године смањена на 65% од количине потрошене у 1998. години, док је количина сушеног лигнита у 1998. години порасла за 50% у односу на базну 1990, а затим пала у наредном периоду испод нивоа потрошње оствареног у 1990. години.

Коришћење биомасе у облику брикета и пелета у топланама у Србији почиње у мањим количинама од 1998. године. Потрошене количине огревног дрвета и брикета биомасе нису узете у обзир у масеним и енергетским билансима.

Укупан енергетски потенцијал једне врсте фосилног горива које се током године сагори у топланама у градовима Србије је:

$$AC^i = m^i H_d^i \quad (1)$$

при чему је: m^i [t] – потрошња фосилног горива на годишњем нивоу, а H_d^i [ТЈкt⁻¹] – препоручена вредност доње топлотне моћи за сирову и прерађена чврста и течна горива [8]. Годишња потрошња природног гаса изражава се у m³, а доња топлотна моћ у MJ/m³. Вредност доње топлотне моћи природног гаса у TJ/kt добија се на основу усвојене вредности за густину природног гаса од 0,752 kg/m³. Препоручене вредности [8] за доњу топлотну моћ (ефекат) фосилних горива која се користе у топланама у Србији приказане су у табл. 3.

Таблица 3. Препоручене вредности доње топлотне моћи горива коришћених у ЈПТ

	Камени угаљ	Мрки угаљ	Лигнит из подземне експлоатације и ковински лигнит	Сушени лигнит	Дизел и лож уље	Мазут	Природни гас (суви)
H_d [ТЈкt ⁻¹]	23,55	16,90	11,00	18,10	43,33	40,19	45,22*

* $H_d = 34,0 \text{ MJ/m}^3 / 0,752 \text{ kg/m}^3 = 45,22 \text{ TJ/kt}$

Вредности за бруто специфичну топлоту добијене су на основу расположивих података о грејној површини стамбеног и пословног простора прикљученој на систем даљинског грејања у посматраној години. Инсталирана снага котловских постројења у периоду 1990–2008. године била је око 5500 MW.

Вредности бруто произведене топлотне енергије (изражене у TJ и милионима тона еквивалентне нафте – Mтоe) и бруто специфичне топлотне енергије у топланама у градовима Србије за 1990, 1998. и 2008. годину дате су у табл. 4.

Производња топлотне енергије се до 1998. године задржала на скоро истом нивоу (пад од 1,3% производње у односу на базну 1990. годину) а затим порасла за око 8,8% до 2008. године (табл. 4). Вредност остварене бруто специфичне топлоте пратила је одговарајуће промене укупно произведене топлотне енергије и годишње повећање површине грејног простора прикљученог на даљинско грејање, тако да је производња 2008. године била већа за око 8,7% у односу на базну 1990. (табл. 4). Пораст у производњи топлотне енергије омогућио је остваривање виших вредности бруто специфичне топлоте односно квалитетније грејање.

Таблица 4. Бруто произведена и бруто специфична топлота у ЈП „Топлане”

Година	Топлотна енергија		Бруто специфична топлота
	[TJ]	[Mtoe]	[kWhm ⁻²]
1990.	22707	0,542	168,2
1998.	22411	0,535	166,0
2008.	24695	0,590	182,9

Емисија гасова са ефектом стаклене баште из ЈПТ за 1990, 1998. и 2008. годину

Током процеса производње, трансформације и потрошње фосилних горива у енергетске сврхе долази до емисије различитих гасова за које се сматра да изазивају ефекте стаклене баште. Укупна емисија *GHG* из енергетских система у општем смислу може да се подели на емисију током процеса сагоревања фосилних горива и фугитивну емисију. За најзначајније *GHG* који се ослобађају приликом сагоревања фосилних горива сматрају се угљен диоксид (CO_2), метан (CH_4), азот субоксид (N_2O), азотни оксиди (NO_x), угљен моноксид (CO), не-метанска испарљива органска једињења (non-methane volatile organic compounds* – *NMVOC*) и сумпорни оксиди (SO_x). Фугитивну емисију, до које долази током процеса експлоатације, прераде, преноса и складиштења горива, у највећој мери чини ослобађање CH_4 при ископавању угља и извлачењу, транспорту и складиштењу сирове нафте и природног гаса.

Прорачун укупне емисије *GHG* услед сагоревања фосилних горива за производњу топлотне енергије у ЈПТ у Србији спроведен је према ревидираној *IPCC* методологији за израду инвентара *GHG* [8], при чему фугитивна емисија није узета у обзир. Коришћена методологија дефинише стандардне вредности емисионих фактора ослобођених полутаната за сва фосилна горива. Стандардне препоручене вредности емисионих фактора [8] за домаћа и увозна чврста, течна и гасовита горива приказане су у табл. 5.

Угљен диоксид је гас стаклене баште који се у значајној мери емитује услед антропогених активности. Процењује се да је емисија CO_2 данас за преко 60% виша у односу на емисију у преиндустријском периоду [9]. Највећи извор емисије CO_2 је процес оксидације угљеника при сагоревању фосилних горива и чини око 70–90% укупне

* Не-метанска испарљива органска једињења, сви угљеводоници, укључујући и оне у којима је атом водоника делимично или у потпуности замењен другим атомом (S, N, O, халогени елементи), испарљиви на собној температури

Таблица 5. Стандардне препоручене вредности емисионих фактора за сирову и прерађена чврста, течна и гасовита горива

Емисиони фактор	C	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NMVOC	CO	SO ₂ *
	[tTJ ⁻¹]	[kgTJ ⁻¹]					
Камени угаљ	25,8	1,0	1,4	300,0	5,0	20,0	2882,8
Мрки угаљ из подземне експлоатације	26,2						1309,7
Лигнит из подземне експлоатације	27,6						1027,6
Сушени лигнит	26,7						862,4
Дизел и лож-уље	20,2	3,0	0,6	200,0	5,0	15,0	921,3
Мазут	21,1						993,3
Природни гас (суви)	15,3	1,0	0,1	150,0	5,0	20,0	–

* одређено на основу једн. (3) и (4)

емисије CO₂ услед антропогених утицаја. Количина тако емитованог CO₂ првенствено зависи од количине угљеника у сагореваном фосилном гориву. Осим кроз емисију CO₂, део угљеника се из горива ослобађа у облику CO, CH₄, или не-метанских угљоводоника, који даље оксидирају у CO₂ у атмосфери у периоду од неколико дана до 10 година.

Количина CO₂ која се емитује приликом сагоревања одређене врсте горива одређује се на основу једн. (2) [8]:

$$EM_{CO_2}^i = \frac{AC^i}{1000} EF_C OC^i \frac{44}{12} \quad (2)$$

при чему је: AC^i – енергетски потенцијал количине фосилног горива потрошеног у току једне године, једн. (1), EF_C – емисиони фактор угљеника (табл. 5), и OC^i – проценат угљеника који је оксидирао током сагоревања посматраног горива (према Tier I методи [8] усвојене су вредности: 98% за угљеве свих врста, 99% за сва течна горива и 99,5% за природни гас).

За разлику од релативно једноставног начина одређивања количине емитованог CO₂, количине CH₄, N₂O, NO_x, CO и NMVOC емитованих при сагоревању фосилног горива зависе од типа горива, технологије и услова сагоревања, погонских услова, технологије и политике контроле емисије посматраног гаса, старости и начина одржавања опреме и др. Услед недостатка свих потребних података, метода Tier I дефинише количине EM_j^i [Gg] емитованих CH₄, N₂O, NO_x, CO и NMVOC као производ емисионог фактора EF_j^i полутанта (j) за посматрано гориво (i) и енергетске вредности горива AC^i :

$$EM_j^i = \frac{EF_j^i AC^i}{10^6} \quad (3)$$

Сумпор диоксид не спада у категорију примарних GHG. CO₂ у атмосфери реагује са разним фотохемијски произведеним оксидансима стварајући сулфатне аеросоле. Сматра се да услед стварања ових аеросола долази до појаве ефекта локалног снижавања просечне температуре ваздуха [10]. Сагоревањем фосилних горива која садрже сумпор, концентрација ових честица у атмосфери се повећава. Процена је да је више од 80% емисије SO₂ услед антропогених утицаја последица сагоревања угља [11]. Услед недостатка прецизнијих информација о садржају сумпора у коришћеним горивима, методологија [8] препоручује да се за процену емитованог SO₂ користи једн. (3) узимајући за вредности емисионог фактора SO₂ израженог у kg/TJ:

$$EF_{SO_2}^i = 2 \frac{PR_S^i}{100} \frac{1}{H_d^i} \frac{100}{100} \frac{RA_S^i}{100} \frac{100}{100} \frac{AE_S^i}{100} 10^6 \quad (4)$$

У једн. (4) PR_S^i је садржај сумпора у гориву [%], RA_S^i – садржај сумпора у пепелу [%], AE_S^i – проценат одстрањивања сумпора из процеса (занемарен у овом прорачуну), и H_d^i – доња топлотна моћ горива [TJkt⁻¹].

За садржај сумпора у горивима PR_S^i преузете су стандардне препоручене вредности [8] и то: у мазуту и лож-уљу 2%, каменом угљу 3,65%, мрком угљу 1,19%, сушеном лигниту 0,51% и лигниту из подземне експлоатације 1%. Због малог садржаја сумпора у природном гасу, емисија SO₂ при сагоревању природног гаса није узета у обзир у овом прорачуну. За садржај сумпора у пепелу RA_S^i усвојено је 7% за сва чврста горива и 0,2% за сва течна горива.

Вредности прорачунатих количина емитованих GHG при производњи топлотне енергије у ЈПТ у Србији за 1990, 1998. и 2008. годину дате су у табл. 6. У табlici су приказане и нето емисије ових гасова изражених у CO₂ еквиваленту (CO₂ екв.). Ова вредност се добија коришћењем стандардних вредности за потенцијале глобалног загревања (1 за CO₂, 21 за CH₄ и 310 за N₂O). У табл. 6 су дате и вредности укупно емитованог CO₂ укуп., дефинисаног као збир вредности емисија CO₂ и CO₂ екв.:

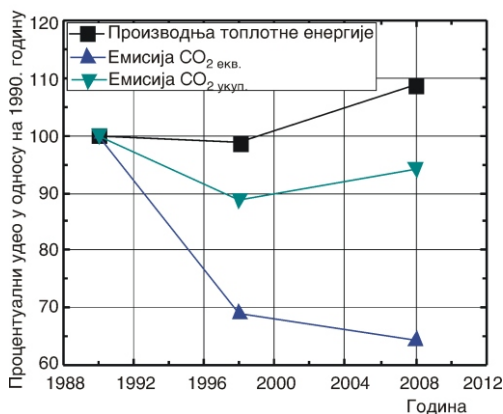
Таблица 6. Годишња емисија GHG при производњи топлотне енергије у ЈПТ у Србији

Година	Количина емитованог гаса [t]								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NM _{VO} C	CO	SO ₂	CO ₂ екв.	CO ₂ укуп.
1990.	1714343	43,78	15,24	4822	113,53	401,45	18643	5645	1719988
1998.	1522984	31,88	10,42	4268	112,05	424,54	10598	3898	1526882
2008.	1616328	36,79	9,25	4440	123,48	463,66	9905	3639	1619967

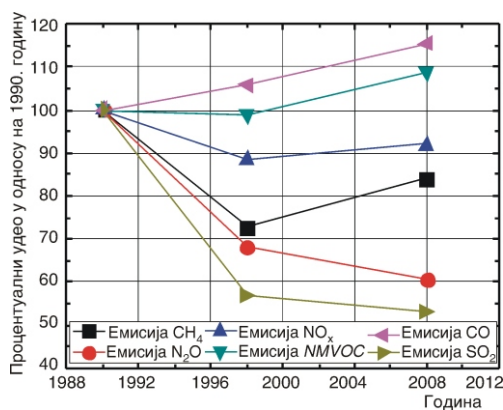
Емисија CO₂ из топлана у 1998. години износила је око 88,83% емисије у 1990. години при потрошњи горива од 0,535 Mtoe, док је 2008. године при потрошњи горива

од 0,590 Мтое, емисија CO_2 достигла ниво од 94,28% емисије у 1990. години. Промена количине произведене топлотне енергије и количине емитованог CO_2 , $\text{CO}_2_{\text{екв.}}$ и $\text{CO}_2_{\text{укуп.}}$ током посматраног периода приказана је на сл. 1. Приказане вредности су релативне у односу на вредност емисије у 1990. години.

Количина емитованих гасова CH_4 , N_2O , NO_x , CO , NMVOC и SO_2 у периоду 1990–2008. године је на сл. 2 приказана релативно у процентуалном у делу количина емитованих базне 1990. године.



Слика 1. Промена количине произведене топлотне енергије и количине емитованог CO_2 у периоду 1990–2008. године



Слика 2. Промена емитованих количина CH_4 , N_2O , NO_x , CO , NMVOC и SO_2 у периоду 1990–2008. године

До смањења емисије CO_2 у 2008. години у односу на 1990. годину уз истовремено повећање количине произведене топлотне енергије од 8,85%, дошло је захваљујући чињеницама да је у посматраном периоду остварена повећана потрошња горива у производњи топлотне енергије и да је значајно повећана количина коришћеног природног гаса, а смањена потрошња мазута и угља. Повећање процентуалног учешћа природног гаса у укупној потрошњи горива је довело и до значајног смањења емисије већине GHG у 2008. години. Тако је емисија N_2O смањена за 39,5%, NO_x за 7,92%, CH_4 за 15,97% и SO_2 за 46,87%, док су емисије CO и NMVOC увећане за 15,5% односно 8,8% у односу на 1990. годину.

Процентуални удео емисије CO_2 услед сагоревања природног гаса у емисији $\text{CO}_2_{\text{екв.}}$ порастао је са 20,26% у 1990. на 54,31% у 2008. години (табл. 7), док се удео учешћа течних горива смањило са 46,91% у 1990. на 28,59% у 2008. години. Удео чврстих горива у емисији $\text{CO}_2_{\text{екв.}}$ смањило се са 32,50% у 1990. на 16,87% у 2008. години.

Несигурност прорачуна емисије GHG одређена је према IPCC упутству [12]. У табл. 7 дат је преглед кључних извора емисије CO_2 и одговарајуће вредности комбиноване несигурности израчунате на основу несигурности за активности/количине горива и несигурности за емисиони фактор тог извора.

Таблица 7. Кључни извори емисије и комбинована несигурност њихове процењене емисије GHG у Србији за 1990. 1998. и 2008. годину

Година		1990.			1998.			2008.			Несигурност одређивања [%]
Кључне категорије извора		CO ₂ екв. [Gg]	Ниво [%]	Кум. [%]	CO ₂ екв. [Gg]	Ниво [%]	Кум. [%]	CO ₂ екв. [Gg]	Ниво [%]	Кум. [%]	
CO ₂ при стационарном сагоревању	Лож-уље	15	0,25	0,25	17	0,32	0,32	6	0,11	0,11	7
	Мазут	2609	46,66	46,91	1162	23,42	23,74	1500	28,48	28,59	7
	Камени угаљ	137	1,62	48,53	24	0,33	24,06	37	0,46	29,06	–
	Мрки угаљ	2379	28,62	77,15	1677	22,73	46,79	1070	13,67	42,73	12
	Сушени лигнит	81	0,99	78,14	121	1,68	48,47	71	0,92	43,65	7
	Подземни лигнит	101	1,27	79,41	209	2,99	51,45	135	1,82	45,47	7
	Природни гас	325	20,26	99,67	687	48,29	99,74	820	54,31	99,78	7

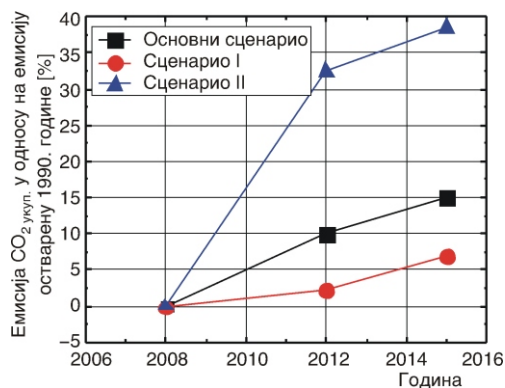
Пројекције емисије GHG сагоревањем фосилних горива за производњу топлотне енергије

Израда националних акција за ублажавање, од стране не-Анекс I чланица Конвенције, један је од кључних циљева Оквирне конвенције УН о промени климе и смањењу GHG на глобалном нивоу [4]. Спровођењем националних акција за ублажавање држава Србија би потврдила одређеност да у складу са својим могућностима ограничава емисије GHG и развија своју економију на принципима одрживог развоја.

Под претпоставком да ће се производња топлотне енергије до 2012. повећати за 10%, а до 2015. године за 15% у односу на базну 2008. годину (основни сценарио), уз непромењено процентуално учешће фосилних горива која су базне 2008. године коришћена за производњу топлотне енергије, извршени су прорачуни емисије GHG за два различита сценарија.

Таблица 8. Пројекција емисија GHG према сценаријима I и II

Година/сценарио	Количина емитованог гаса [t]								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NM _{VOC}	CO	SO ₂	CO ₂ екв.	CO ₂ укуп.
2008.	1616328	36,79	9,25	4440	123,48	463,66	9905	3639	1619967
2012.	1777961	40,47	10,17	4884	135,82	510,03	10896	4003	1781963
2015.	1858777	42,31	10,63	5106	142,00	533,21	11391	4185	1862962
2012–I	1654443	40,47	6,04	4407	135,82	510,03	6607	2723	1657166
2015–I	1729645	42,31	6,32	4608	142,00	533,21	6907	2847	1732492
2012–II	2138098	75,14	18,84	5750	135,82	423,35	28116	7418	2145516
2015–II	2235284	78,56	19,70	6012	142,00	442,59	29394	7755	2243039



Слика 3. Пројекције емисије CO_2 укуп. за 2012. и 2015. годину према сценаријима I и II

Први сценарио (I) предвиђа промену емисије GHG у односу на базну 2008. годину под претпоставком супституције чврстих горива природним гасом. Други сценарио (II) представља случај када би се уместо потребне количине природног гаса користила одговарајућа количина мазута. Прорачун емисије GHG за 2012. и 2015. годину спроведен је према методологији [8] и добијени резултати су приказани у табл. 8. Дијаграмима на сл. 3 су добијени резултати приказани релативно у односу на вредност укупне емисије CO_2 у базној 2008. години.

Утицај структуре коришћених горива на емисију CO_2 укуп. се најдиректније огледа у чињеници да очекивано повећање емисије CO_2 у 2015. години у односу на 2008. годину према сценарију (I) износи 113 Gg, док према сценарију (II) то повећање износи скоро 5,5 пута више тј. 623 Gg. Према сценарију (I) емитивана количина CO_2 у 2012. години би, без обзира на претпостављено повећање производње, била већа за 2,36% у односу на емисију у базној 2008, а 7,73% мања од очекиване емисије у 2012. години према основном сценарију, док би повећање према сценарију (II) износило 32,28% у односу на базну 2008. годину односно 25,72 према основном сценарију. Емитивана количина CO_2 у 2015. години би према сценарију (I) била већа за 7,01% од емисије у базној 1998. години, а према сценарију (II) то повећање би износило 38,29%.

Емисија CH_4 у 2015. години добијена према сценарију (II) је за 86% већа него вредност емисије према сценарију (I). Аналогно, вредност емисије N_2O у 2015. години је према сценарију (II) већа за 212%, а емисија SO_2 за 197% од емисија добијених на основу сценарија (I).

Закључак

Сматра се да је емисија GHG један од главних узрочника актуелних климатских промена. Стога је неопходно да се непрестано ради на смањењу емисије GHG . Сматра се да се велики потенцијал за смањење емисије GHG у јавном сектору за централно снабдевање топлотном енергијом и топлом водом у Србији налази у супституцији угља и мазута природним гасом и/или биомасом и у увођењу савремених технолошких решења (комбинована производња електричне и топлотне енергије и постројења са гасно-парним циклусом и когенерацијом).

У овом раду су приказани подаци о потрошњи енергената и резултати прорачуна емисије GHG при производњи топлотне енергије у топланама јавних предузећа даљинског грејања у Србији за изабране репрезентативне године. У оквиру посебне студије, директно од јавних комуналних предузећа која се баве испоруком топлотне

енергије за 50 градова у Србији прикупљени су подаци о потрошњи енергената, произведеној топлотној енергији и грејној површини стамбеног и пословног простора по годинама у периоду 1990–2008. Као репрезентативне године наведеног периода изабране су 1990, 1998. и 2008. година. Прорачун укупне емисије *GHG* услед сагоревања фосилних горива за производњу топлотне енергије спроведен је према ревидираној *IPCC* методологији за израду инвентара *GHG*, при чему су у прорачуну коришћене стандардне препоручене вредности за доњи топлотни ефекат и емисионе факторе коришћених горива.

На основу прикупљених и обрађених података уочено је да је у периоду од 1990. до 2008. године дошло до значајног пораста коришћења природног гаса, а смањења потрошње мазута и угља, што је било праћено повећањем производње топлотне енергије (потрошње горива) на годишњем нивоу. До смањења емисије CO_2 у 2008. години за 5,72% у односу на 1990. годину, уз истовремено повећање количине произведене топлотне енергије од 8,85%, дошло је захваљујући чињеницама да је у посматраном периоду остварена повећана потрошња горива у производњи топлотне енергије и да је значајно повећана количина коришћеног природног гаса, а смањена потрошња мазута и угља. Повећање процентуалног учешћа природног гаса у укупној потрошњи горива је довело и до значајног смањења емисије већине *GHG* у 2008. години у односу на 1990. годину.

Прорачуната је емисија *GHG* у 2012. и 2015. години услед сагоревања фосилних горива која се у ЈПТ користе за производњу топлотне енергије, за два различита сценарија. Први сценарио предвиђа повећање емисије *GHG* под претпоставком супституције чврстих горива природним гасом, а други представља случај када би природни гас у потпуности био замењен мазутом. Очекивано повећање производње топлотне енергије за оба сценарија је 10% до 2012. и 15% до 2015. године у односу на базну 2008. годину.

Прорачуном је добијено да је емисија CO_2 у 2015. години у односу на 2008. годину скоро 5,5 пута виша према сценарију (II) него вредност емисије добијена према сценарију (I). Емисија CH_4 у 2015. години добијена према сценарију (II) је за 86% већа него вредност емисије према сценарију (I). Аналогно, вредност емисије N_2O у 2015. години је према сценарију (II) већа за 212%, а емисија SO_2 за 197% од емисија добијених на основу сценарија (I). Добијени резултати омогућавају да се квантитативно оцени утицај процентуалног учешћа одређене врсте горива чијим сагоревањем се производи топлотна енергија на емисију *GHG* и предност једног у односу на други сценарио.

Ознаке

- EF_c – емисиони фактор угљеника, [tTJ^{-1}]
- H_d^i – доња топлотна моћ, [TJkt^{-1}]
- m^i – годишња потрошња фосилних горива, [t]
- $M_{\text{тое}}$ – милиона тона еквивалентне нафте, [10^6 t]
- OC^i – проценат оксидираног угљеника, [%]
- PR_S^i – садржај сумпора у гориву, [%]
- RA_S^i – садржај сумпора у пепелу, [%]
- TJ – тераџул, [10^{12} J]

Литература

- [1] ***, Службени лист СРЈ, Међународни уговори, број 2/97, 1997.
- [2] ***, Закон о потврђивању Кјото протокола уз Оквирну конвенцију Уједињених нација о промени климе („Службени гласник РС”, бр. 88/07, 2007)
- [3] ***, Прва (Иницијална) национална комуникација Републике Србије – http://www.ekoplan.gov.rs/sr/upload-centar/dokumenti/razno/inicijalna_nacionalna_komunikacija.pdf
- [4] ***, IPCC, Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change, IPCC Technical Paper I, 1996, <http://www.ipcc.ch/pub/techrep.htm>
- [5] ***, Министарство рударства и енергетике: Програм остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период од 2007. до 2012. године, Београд, 2007.
- [6] Предраг Стефановић и др., Емисија гасова са ефектом стаклене баште у топланама у градовима Републике Србије у периоду од 1990. до 2008. године, Интерни извештај НИВ-ИТЕ 445, 2010.
- [7] www.ero-ks.org
- [8] ***, The Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, *Tier 1*, 1996
- [9] ***, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), New York, 1992
- [10] Houghton, J., Global Warming, the Complete Briefing, Oxford, UK, 1994
- [11] Vernon, J. L., Coal and Environmental Quality throughout the 1990s and Sulphur Emissions Worldwide, *Energy Business Review*, 1 (1990), 2, 35-60
- [12] ***, IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Geneva, Switzerland, 2000

Abstract

Emissions of Greenhouse Gases within the Public District Heating Plants of Serbia

by

Predrag Lj. STEFANOVIĆ, Zoran J. MARKOVIĆ,
Vukman V. BAKIĆ, Dejan B. CVETINOVIC,
Valentina M. TURANJANIN, and Marina P. JOVANOVIĆ*

**Laboratory for Thermal Engineering and Energy,
Vinča Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, Belgrade, Serbia**

It is evident that global climate change has led to significant changes of Serbia climate characteristics. Each of the scenarios of climate change in the region of Serbia shows that some of economic sectors will be highly affected by the expected changes. It is therefore necessary to continually work on greenhouse gases (GHG) emissions reduction.

Republic of Serbia, a non-Annex I member States of the Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), seeks to contribute in achieving the basic objectives of the Convention, in accordance with their capabilities and the principles of sustainable development. Preparation of national communications and related documents is one of the most important obligation of non-Annex I countries.

Prerequisites for these activities are preparation of the inventory of GHG emissions in relevant sectors such as the energy, transport, agriculture, waste, and forestry. For the purpose of a separate study, building of data base on energy consumption in Republic Serbia, have been collected data on generated heat energy and total heating area in the period 1990-2008 from the public district heating plants located in 50 cities of Serbia. As a representative of the aforementioned period, the years of 1990, 1998, and 2008 have been selected. Paper presents results of calculation of GHG emissions as a result of the fossil fuels combustion in public district heating enterprises in Serbia for the heat production. Calculation of GHG emissions was carried out according to the revised IPCC methodology, which provides standard net calorific values and emission factors for fossil fuels of interest.

The paper also presents estimation of GHG emissions from the heat production in the public district heating plants for years 2012 and 2015 using two different scenarios. The first scenario predicts an increase of GHG emissions under the assumption that solid fuels are substituted by the natural gas, and the second one represents the case where the natural gas is completely replaced by liquid oil fuel. The expected increase of heat production is 10% by 2012 and 15% by 2015 in comparison to the base year of 2008 for both scenarios.

Key words: *greenhouse gas emissions inventory, Republic of Serbia, public district heating plants, revised IPCC methodology, mitigation*

* Corresponding author; e-mail: zoda_mark@vinca.rs

Рад примљен: 20. јуна 2011.
Рад ревидиран: 22. јуна 2011.
Рад прихваћен: 29. јуна 2011.