

Владимир Валенић*, **Милорад Крговић**,
Марина Кршикаја, **Срећко Николић**

Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

Потенцијали обновљивих извора енергије у Србији

Стручни рад

Указује се на енергетску ситуацију Републике Србије за период 2003–2015. године. Процењено је да Србија располаже са око 4,3 Мтеп (или $5 \cdot 10^4$ GWh) енергије у обновљивим изворима енергије. У њим изворима енергије са око 63% доминира биомаса. Енергији зрачења Сунца припада око 14%, енергији ветра око 4,5%, геотермалној енергији 4,5% и до 2013. године неискоришћеном хидропотенцијалу великих и малих река у Србији припада око 14% технички расположивог потенцијала. Дата је структура, доња топлоћна моћ и означен је значај обновљивих извора енергије.

Кључне речи: енергија, енергетски потенцијали Србије, обновљиви извори енергије

Увод

Енергија игра важну улогу у развоју сваке државе и њеног друштвеног потенцијала укључујући ту примену знања, пласиране иновативности и конкурентности. Због тога се стручни тимови из свих области људске делатности, у којима се и енергија јавља као део нужне претпоставке за рад, за стваралаштво у области материјалних и духовних добара, рационалног коришћења расположивог природног и човеком реализованог богатства упрежу да се то искористи на ефикасан начин.

Енергетски потенцијали у основи се деле на *необновљиве* и *обновљиве изворе енергије*. С циљем уочавања њихове процене у табл. 1 наводе се ресурси енергије за планету Земљу [1]. Из података садржаних у табл. 1 може се закључити да се као највећи, статистички гледано, јављају извори везани за нуклеарне реакције (фузија и фисија). Неспорно је да ће решењем техничко-технолошких захтева за термонуклеарну реакцију (која се одвија и на Сунцу током сагоревања водоника¹, ослобађања огромних количина енергије и настајања хелијума) човечанство на милијарде година бити обезбеђено енергијом.

Рад је презентован на 19. Међународном симпозијуму из области целулозе, папира, амбалаже и графике, 25–28. јун 2013, Златибор, Србија

¹ Процењено је да у току једне секунде на сунцу сагорева око 650 t водоника. Астрофизичари процењују да ће термонуклеарна реакција на Сунцу трајати око 5–10 милијарди година (људског трајања).

* Одговорни аутор; електронска адреса: valent@tmf.bg.ac.rs

Много извесније прогнозе везују се за фосилна горива (на садашњем нивоу њихове експлоатационе резерве се процењују од 70 до чак на 1000 година) и нуклеарну реакцију фисије. Многа истраживања и процене говоре да се ти показатељи своде на закључак да су потенцијали енергије фосилних горива ограничени и исцрпљиви [2], понекад и тешко доступни.

Из наведених разлога, а посебно након светске енергијске кризе средином 7. деценије 20. века, пажња научно-стручне јавности се повећано усмерила на обновљиве изворе енергије. Евидентно је, сагласно проценама (табл. 1) да међу тим изворима прво место заузима енергија зрачења Сунца, а по слободној процени и највероватније и енергија биомасе с обзиром на развијеност коришћења хидропотенцијала, потенцијала површинских водотокова. Њихов значај није везан само за расположиви потенцијал енергије већ и за чињеницу да је то облик енергије чије коришћење, и преображавање, практично не изазива загађивање и на друге начине еколошки не доводи до штетних ефеката по живи и неживи свет на планети Земљи.

Таблица 1. Процењени енергијски потенцијали планете Земље (ресурси) [1]

Извор	[MWh]
Необновљиви извори енергије	
– термонуклеарна енергија (фузија)	100 000 10 ¹²
– нуклеарна енергија (фисија)	545 10 ¹²
– хемијска енергија сагорљивих органских супстанција	55 10 ¹²
– геотермална енергија планете Земље	0,134 10 ¹²
Једнократно обновљиви извори енергије	
– енергија зрачења Сунца која доспева до површи Земље	580 10 ¹²
– енергија зрачења Сунца апсорбована у јоносфери	0,000012 10 ¹²
– енергија морских струја	70 10 ¹²
– енергија ветра	1,7 10 ²
– енергија река	0,018 10 ¹²
– енергија биомасе	?

Захваљујући процени да је искористиви потенцијал енергије зрачења Сунца, која доспева до површи Земље око 1,9 10⁸ TWh, као и податку да је 2010. године укупно коришћена енергија на планети Земљи процењена [3] на око 1,3 10⁵ TWh може се закључити да се том извору енергије посвети велика пажња као и да тај потенцијал за неколико хиљада пута премашује износ енергије који је почетком 21. века човечанство користило током једне календарске године.

Хидропотенцијал укључујући и акумулациона језера је веома важан с обзиром на то да служи како за претварање енергије воде у електричну енергију тако и за комуналне потребе, снабдевање градова водом за пиће.

Хидропотенцијал површинских водотокова у свету, и у Србији, је значајно искоришћен. Тај потенцијал представља енергијски извор који стоји на располагању и за изградњу малих хидроелектрана снаге до 10 MW као и хидроелектрана мањих од те снаге. Неспорно је да хидропотенцијал спада у оне облике енергије, једнократно обновљиве, који такође не загађује околину, да пружа локалном подручју убрзани развој и туристичку понуду, оплемењује околину али не узрокујући и не доприносећи појави глобалног климатског отопљења премда има утицаја на климу, флору и фауну на микрорегиону.

Коришћење енергије морских струја скопчано је са мноштвом техничко–технолошких захтева. Тај извор енергије, како је то наведено у табл. 1, премда по износу значајан, није обезбедио потребне износе енергије који би били од утицаја на билансе енергије било које приморске државе.

Енергија ветра и кретања ваздушних маса све више добија на значају. Током трансформације у електричну енергију, или у друге облике енергије, та трансформација није праћена загађивањем околине. Ипак, ветроелектране (електране на ветар) прати повећана бука, а техничка решења (елисе) стварају препреке за птичји свет и отпоре различитих средина.

Стратешки циљеви и потенцијали обновљивих извора енергије у Србији

Веома је респектабилно располагати са подацима о (једнократно) обновљивим изворима енергије, а пре свега оним изворима који доминирају на локалном и регионалном подручју. На подручју Србије истраживања показују да то припада пре свега биомаси, а у затно мањој мери органском (нешкодљивом) отпаду. На располагању стоји мноштво процена; тешко је тврдити да су све те процене поуздане. Извесно је да се и такве процене користе за планирање енергијске будућности у свету како на регионалном тако и на локалном нивоу [4].

Потенцијални облик искористиве енергије, а који потиче из биомасе и органског отпада, добија на значају како у свету, тако и у региону и у Србији. Његовим коришћењем обезбеђује се рационална употреба енергије и разрешава мноштво еколошких проблема везаних за загађивања околине, емисију угљен-диоксида и других гасова, чађи и прашине у атмосферу као и других обавеза које проистичу из међународних договора о заштити околине и о климатским променама на планети Земљи.

Процене енергијских потенцијала у Србији. Сагласно документима Републике Србије [4] у области енергетике и коришћења различитих примарних извора енергије дефинисани су приоритети¹ како је то наведено. С циљем да се укаже на дугорочност таквих одлука наводе се, без коментара, најпре енергетски приоритети у Србији.

Први приоритет означава технолошки континуитет. Њиме се обухватају технолошке и оперативне перформансе енергетских извора и објеката (модернизација, ревитализација) у оквиру (пет) енергетских сектора Србије.

¹ Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2015. године усвојила је Народна скупштина маја 2005. године. Обавеза је Владе Републике Србије да ту стратегију анализира, у законом предвиђеном року, ажурира и предлаже додатне мере.

С обзиром на изворе и расположивост извора енергије у Србији, улагања енергије ради производње јединице масе-количине-запремине производа, коришћење енергије у домаћинствима и у јавним/комуналним услугама и у индустрији, намере с правом указују на *други приоритет* који представља *рационалну примену енергије као и на повећање енергетске ефикасности*. Тај приоритет је везан за програме рационалне примене квалитетних енергената, а посебно супституцију електричне енергије која се користи за топлотне енергетске услуге у сектору зградарства и на намере да се преусмеравањем иде ка коришћењу природног гаса као извора енергије у тој области. Значајна је тежња да се повећа централизовано снабдевање топлотом најширег конзума, пре свега градског, са повећањем броја корисника централног грејања. Повећање енергетске ефикасности односи се како на енергетске производне-дистрибутивне системе као и крајње кориснике енергетских услуга какви су домаћинство и јавне-комерцијалне делатности. Иако се посебно не спомиње индустријска производња извесно је да је од велике важности енергетска ефикасност у раду свих индустријских грана и тежња да се по јединици насталог производа користи што мања количина енергије. У том смислу то опредељење је посебно занимљиво за индустрију целулозе и папира с обзиром на то да је та индустријска грана у врху по интензивности коришћења енергије [2].

Сазнање да су светски и домаћи извори енергије (угаљ, нафта, гас) релативно мали, а исцрпљиви (у краћем или дужем временском року), као и да је расподела угља (лигнита¹) највећим делом на југу Србије² *трећи приоритет обухвата програм селективног коришћења нових обновљивих извора енергије* (биомаса, сунчева, еолска, геотермална и преостали техничко искористив и економски исплатив хидропотенцијал река у Србији, или на њеним државним границама, посебно на укупно око 900 процењених малих електрана – хидроелектрана снаге мање од 10 MW). У трећи приоритет спадају и програми нових енергетски и еколошки прихватљивих технологија као што су нове технологије сагоревања угља, биомасе и органског отпада, технологије за децентрализацију електричне енергије и коришћења топлоте на бази природног гаса и технологије малих и мини електрана. Извесно је да је друштвени интерес постизање енергетске независности и повећане самодовољности, а тиме и циљ за смањивање потрошње увозних енергената као и за смањивање негативних утицаја рада енергетских постројења, енергетских капацитета у индустрији као и коришћења енергије у домаћинству и за потребе јавних комуналних служби и утицаја тог коришћења (емисијом гасова, чађи и прашине³) на животну средину (атмосферу, тле, површинске и подземне водотокове).

Функционисање привредног система и стања у друштву захтева претпоставку да може доћи до поремећаја. Ти поремећаји могу имати природни а непредвидив карактер, а могу бити узроковани друштвеним процесима, који на дуг временски пе-

¹ У билансима Републике Србије [4] доминира енергијски нискоквалитетан угаљ тресет-лигнит [17] са укупним учешћем у резервама од преко 92%.

² Преко 76% билансних резерви лигнита [4] налази се на подручју Аутономне покрајине Косова и Метохије док се преостале билансне резерве лигнита налазе у Колубарском басену (око 14%), у Костолцу (3,3%) као и на подручју Сјенице и Ковина (око 2,7%).

³ Циљ је смањити емисију [4] угљен-диоксида (CO₂), сумпор-диоксида (SO₂), угљен-монооксида (CO), оксида азота (N_xO_y), метана (CH₄) и других гасова, чађи и прашине. Приликом усвајања Стратегије Републике Србије емисија честица је процењена на око 5 10⁵ тона годишње док је емисија пепела била преко 5,5 10⁶ тона по години.

риод такође имају непредвидив карактер. Због тога *четврти приоритет* има *опциони карактер* са планом ванредних мера за услове неповољног привредно-економског развоја и неповољних услова производње, рада система и извора енергије. Томе се додаје очекивање значајног повећања енергијске ефикасности као и повећање коришћења природног гаса. У опциони карактер друштвеног развоја планер је назначио и краткорочне енергетске изворе и улагања у постројења гасно–парних циклуса.

Реализација планова захтева капитална улагања и план енергетских извора који ће задовољити потребе развоја али и трајне одрживости развоја као и енергетског и другог повезивања на локалном, регионалном и ширем плану. У том смислу *пети приоритет* утврђује *капитална улагања* у нове енергетске изворе/објекте и стратешка одређења на нивоу регионалног и паневропског тржишта.

Планирана структура стратегијом дефинисане финалне енергије у Републици Србији за период 2003–2015. године дат је у табл. 2. Према подацима из плана евидентно је да је удео нових извора енергије (у које треба убројити и обновљиве изворе енергије) невеликог удела у односу на планиран економски раст (са два сценарија: динамичан или успорен раст). Удео обновљивих извора енергије је добио, у том планском документу, значајнију државну подршку. То не искључује ангажовање приватног интереса и капитала из иностранства нити допуне тог документа од стране надлежних и законом одређених институција државе.

Таблица 2. Структура енергената у пројекцијама стратегијом дефинисане финалне енергије у Републици Србији [4]

Извор енергије [Mten*]	Динамичан економски раст					Успорен економски раст				
	2003.	2006.	2009.	2012.	2015.	2003.	2006.	2009.	2012.	2015.
Година										
Чврсто гориво	0,91	0,98	1,04	1,11	1,17	0,91	0,95	0,99	1,04	1,09
Течно гориво	2,71	2,88	3,05	3,24	3,44	2,71	2,82	2,92	3,05	3,17
Гасовито гориво	1,52	1,72	1,92	2,13	2,38	1,52	1,69	1,84	2,00	2,18
Електрична енергија	2,16	2,33	2,48	2,64	2,81	2,16	2,27	2,39	2,52	2,65
Нови извори енергије	0,00	0,12	0,17	0,18	0,20	0,00	0,01	0,06	0,06	0,07
Укупно	7,31	8,03	8,66	9,30	10,0	7,31	7,74	8,20	8,67	9,16
Учешће електричне енергије [%]	29,5	29,0	28,6	28,4	28,1	29,5	29,3	29,1	29,1	28,9

*Mten – милион тона еквивалентне нафте; 1 Mten = 42,87 10⁻³ TJ/t = 11630 kWh = Mteo

Статистичке процене о расположивости и за коришћење погодних обновљивих извора енергије на територији Србије указују на то да на прво место, од обновљивих извора енергије, долази биомаса [4–8, 10] и уз њу органски отпад. Сви остали извори енергије, мада су евидентни, расположиви су у мањем износу. Уз то ти извори захтевају знатна улагања у преображавање примарног облика енергије у секундарне изворе енергије или у електричну енергију. На економској и техничко-технолошкој науци и пракси је да установи како оправданост тако и техничке услове који ће са минималним порастом ентропије система и минималним губицима ексергије [1], као и

других материјалних и духовних добара, обезбедити рационалан, термодинамички, техничко-технолошко-еколошки прихватљив облик трансформације, као и с тим у вези економски исплативу изградњу постројења за преображавање и дистрибуцију расположиве енергије.

Биомаса. Процењено је да за једну календарску годину технички потенцијал обновљивих извора енергије у Србији од око 4,3 Mten (или $5 \cdot 10^4$ GWh) енергије. У тој процени [4–13], уважавајући и оцену о променама [8] насталим током претходних година, оријентационо би се могло узети да биомаса учествује са око 2,7 Mten с тим да око 1,7 Mten припада пољопривредним производима, а целокупној дрвној маси око 1,0 Mten. Те процене говоре да биомаси припада 63% од технички расположивог потенцијала обновљивих извора енергије.

Одабрани подаци о дрвној и пољопривредној биомаси дати су у табл. 3.

Таблица 3. Укупан енергетски потенцијал одабране биомасе [5–8] у Србији (процена)

Врста биомасе	[Mten]	[%]
<i>Дрвна биомаса</i>	1 527 678	45,07
Огревно дрво	1 150 000	33,93
Шумски отпад	163 760	4,83
Остаци од прераде дрвета	179 563	5,30
Дрвна биомаса од дрвећа изван шума	34 355	1,01
<i>Пољопривредна биомаса</i>	1 670 240	49,28
Остаци од пољопривредних култура	1 023 000	30,18
Остаци од гајења воћа и виноградарства	605 000	17,85
Течно стајско ђубриво (за производњу биогаса)	42 240	1,25
<i>Биоџориво за саобраћај</i>	19 130	5,64
Укупно	3 389 223	100,00

– Mten = Mteo

Хидропоптенцијал Србије [4] је процењен на 1,46 Mten (17000 GWh) од чега је искоришћено око 10000 GWh. Износ од 7000 GWh се сматра искористивим. Ти подаци указују на то да неискоришћеном хидроптенцијалу припада око 14% од укупног потенцијала обновљивих извора енергије у Србији.

Процене говоре да у Србији има речних површинских водотокова са око 900 погодних локација за градњу малих хидроцентрала (снаге до 10 MW). Претпоставља се да би тај потенцијал енергије могао да обезбеди, у току једне године, око 1800 GWh годишње. Сматра се да је остало неискоришћено око 0,5 Mten (5815 GWh) хидроптенцијала Србије.

Геотермални извори [4] на подручју Србије су недовољно истражени. Процењује се да су геотермали извори са температуром воде најчешће мањом од 60 °C. Геотермалним изворима у Србији припада око 0,2 Mten (2326 GWh) што одговара износу од око 4,5%. Стручна јавност сматра да је енергијски геотермални потенцијал Србије за око 5 пута већи од до сада искоришћеног.

Енергија ветра – еолска енергија – на подручју Србије практично је на самом почетку коришћења [4–8]. Процењује се да њен потенцијал износи око 0,2 Mten (2326 GWh) и да са око 4,5% учествује у укупном потенцијалу обновљивих извора енергије у Србији.

Соларна енергија [4–8] која би могла бити коришћена на подручју Србије процењена је на око 0,6 Mten (6978 GWh); то чини око 14% од потенцијала обновљивих извора енергије. Њено коришћење, иако спада у извор енергије који не загађује околину и у огромном је износу на располагању човечанству (табл. 1), на подручју Србије је тек у повоју.

Коришћење биомасе. У табл. 4 налазе се подаци аутора [7, 9, 10] који предлажу компромисно решење у вези коришћења масе пољопривредних остатака. По том мишљењу 25% од укупне масе пољопривредних остатака се заорава током обраде земљишта, 25% чини сточну храну, 25% служи као простирка и на тај начин се враћа на пољопривредно земљиште док би се 25% могло користити за енергијске потребе реализоване путем сагоревања биомасе. Подаци о једној од процена као и о доњој топлотној моћи биомасе (осушеног горива) сабрани су у табл. 4.

Таблица 4. Процењени потенцијали енергије пољопривредне биомасе у Србији [7, 9, 10]

Врста биомасе за сагоревање	Биомаса за сагоревање (25% од биомасе)	Доња топлотна моћ	Еквивалентна вредност лаког уља за ложење
	10^3 t	$[\text{MJkg}^{-1}]$	$q_d \cdot 10^3 \text{ t}$
Пшенична слама	747,75	14	247,97
Јечмена слама	103,13	14,2	34,87
Овсена слама	6,4	14,5	2,21
Ражена слама	3	14	1
Кукурузовина	1787,5	13,5	574,55
Семенски кукуруз	21,56	13,85	7,11
Окласак	357	14,7	124,95
Љуска сунцокрета	30	17,55	12,54
Слама соје	80	15,7	29,9
Стабљике дувана	0,26	13,85	0,09
Стабљике хмеља	1,98	14	0,66
Стабљике уљане репице	75	17,4	31,07
Остаци резидбе у воћњацима	289,44	14,5	97,5
Остаци од резидбе у виноградима	71,55	14	23,85
Стајњак	110	23	60,24
Укупно	3880,57	14,26	1317,24

– доња топлотна моћ лаког уља за ложење $q_d = 41,87 \text{ MJ/kg}$

Наведеним подацима као допуна и као критичка процена може да послужи анализа стања биомасе у Србији у односу на 2000. годину. Према тој анализи [8] „... утврђено је да у ратарској производњи има 9,68 милиона тона отпадне биомасе, у воћарско–виноградарској производњи 600 хиљада тона, у сточарској 14 милиона тона, у шумарској и дрвопрерађивачкој производњи 771 хиљада тона и органског комуналног отпада 1,2 милиона тона. Дакле, укупна годишња продукција биомасе у Србији износи 26,4 милиона тона или за 20 до 30% мање у поређењу на раније деценије. На основу постојећег начина употребе биомасе у Србији оцењено је да за енергетске сврхе може да се користи од 30% до 40% од укупно произведене количине биомасе ...”. И та анализа [8] указује на нужну опрезност у прогнозама и у будућим ефектима коришћења биомасе.

Занимљиво је да се у многим анализама не помиње интерес за рецикловањем органског отпада нити се помињу поступци рецикловања органског отпада погодног за сагоревање нити погодног за прераду у друге производе (корисне за друге намене). На поступке рецикловања посебно се, овде, указује и то на полиолефински (ПП), полиетиленски (ПЕ) и полистиренски (ПС) отпад који се прерадом преображава у органско гориво и друге корисне производе. С тим у вези указује се на данас један од најсавременијих поступака рецикловања који је еколошки, економски, енергијски, процесно-техничко-технолошки¹ атрактивна и исплатива високофункционална технологија [8, 14, 15].

Подаци у табл. 4 указују на чињеницу, уважавајући и друге процене [8], да Србији оријентационо и у највећем износу стоји на располагању кукурузовина, пшенична слама и остаци од резидбе у воћњацима и виноградима (дендромаса [13]). Наведени подаци о доњој топлотној моћи у табл. 4 присутне биомасе указују на то да је та топлотна моћ биомасе на нивоу топлотне моћи лигнита Србије [17]. С те тачке гледишта оправдано је ту врсту биомасе прерађивати у брикете и пелете [1, 13]. Брикетована и пелетизована биомаса [8], у односу на огромну запремину полазне сировине, сведена је на запремину и на облике који се аутоматизованим поступцима лако могу користити као гориво. Уз то биомаса садржи веома мало пепела, у поређењу са лигнитом [17], и високе је вредности доње топлотне моћи.

С обзиром на поступке прераде стајњака, његову вишенаменску корисност, стајњаку треба посветити посебну пажњу. Циљ треба да буде везан за изградњу постројења за прераду стајњака и као енергетског извора из којег ће се искористити сагорљиве гасовите фазе – биогаз (у биогазу има око 52–72 vol% метана², док остатак чине угљен-диоксид, водена пара и други гасови) настале биолошким процесима разградње стајњака или гасификацијом стајњака. Вишенаменско коришћење стајњака пре свега се односи на велика (индустријских размера) товилишта и одгајалишта живине и стоке.

Конференције које су организоване под покровитељством Уједињених нација, а везане су за глобално отопљавање и са њим повезане климатске промене на

¹ Т – Технологија, Tokarz, Z., Poland, Аутроска права Т – Technology дефинисана су у патентима Р – 856361 (2004), Р – 370314 (2004), WO 2005/078049 и Euro – РСТ 1691917 (2006. година)

² Правилник о начину разврставања и поступака са споредним производима животињског порекла, ветеринарско-санитарним условима за изградњу објеката за скупљање, прераду и уништавање споредних производа животињског порекла, начину спровођења службене контроле и самоконтроле, као и условима за сточна гробља и јама гробнице, Службени гласник РС бр. 31/2011

планети Земљи, предочиле су могуће и штетне последице за живу и неживу природу на Земљи [16]. С тим у вези су и емисије загађивача у атмосферу и из тога произашле обавезе човека. На то се надовезују и захтеви о ограничењу емисије загађивача у атмосферу и установљене квоте емисије појединих загађивача, а пре свега угљен-диоксида. Томе припадају и услови обезбеђивања чистог развоја (CDM¹ процедуре) одабраног простора. У том смислу и Република Србија има значајне и дугорочне обавезе.

Ради оријентационог увида у емисију угљен-диоксида у табл. 5 наведена је емисија из одабраних горива током њиховог сагоревања². Наведени подаци документују да је дендромаса (све врсте дрвета) најмањег утицаја на емисију угљен-диоксида у атмосферу. У том смислу је од интереса биомасу сагоревати у котловима³ са високим ефектима преображавања енергије. Један од поступака који могу имати велику економску предност је у томе да се енергијски потенцијал биомасе искоришћава путем когенеративних поступака [1] и то у облику добијене електричне енергије као и у облику топлоте (за потребе грејања) и тај потенцијал ставља на располагање најширем друштвеном конзуму.

За трансформацију енергије обновљивих извора у друге облике енергије, а пре свега у електричну енергију државни органи у Европи сматрали су потребним да

за те трансформације уведу повлашћене тарифе (*feed in* тарифни системи⁴, систем квота у Румунији обавезан законски минимум који се производи из биомасе, или систем зеленог бонуса у Чешкој Републици дотације за енергију насталу употребом биомасе) за продају електричне енергије јавним електроенергетским мрежама и системима. Разлог увођења повлашћене тарифе лежи у чињеници да су трансформације енергије биомасе, енергије ветра, геотермалне и енергије зрачења Сунца почетком друге декаде 21. века биле финансијски недовољно

Таблица 5. Емисија угљен-диоксида за одабрана горива

Врста горива	Емисија угљен-диоксида kg(CO ₂)/kWh
Угаљ (просек)	0,38
Мазут	0,27
Пропан – бутан меша	0,23
Дрво – дендромаса (просек)	0,021
Дрвени брикети	0,03
– пелети	0,03
– сечка	0,03

¹ Механизам чистог развоја (CDM – Clean Development Mechanism) је проистекао из Кјото протокола (1997. године) који омогућава (Конвенција: Анекс I), по основи успостављеног режима трговине емисијама штетних гасова у атмосферу планете Земље, инплементацију пројеката који ће водити смањивању емисија гасова са ефектима стаклене баште.

² Предвиђени емисиони фактор CO₂ за Србију је: 0,82 t CO₂/MWh.

³ У Републици Србији највећи парни котлоу на биомасу је инсталисане снаге 18 MW. Котлоу је пуштен у погон 21. децембра 2012. у Панонским термоелектранама–топланама у Сремској Митровици (гориво: сунцокретова љуска: доња топлотна моћ сунцокретове љуске је 16,691 MJ/kg; дозвољени притисак у котлу је 12 бар; коефицијент ефикасности котла износи 86%).

⁴ Ознака Ct – евроцент. *Feed in* – подстицање цене за електричну енергију из обновљивих извора енергије – тарифе у Србији – за 2013. годину су: ветроелектране 9,2 Ct/kWh, соларне електране снаге до 0,03 MW цена 16,25 Ct/kWh а за инсталисане снаге 0,03–0,5 MW цена 9,38–20,94 Ct/kWh, геотермалне електране 9,67 Ct/kWh, електране на биомасу 8,2–13,26 Ct/kWh, електране на отпад 8,57 Ct/kWh. Крајем 2012. године у Савезној Републици Немачкој *feed in* тарифе су биле (од мање ка већој снази постројења); за хидроелектране од 12,70–3,40 Ct/kWh, за биомасу од 14,30–6,00 Ct/kWh, за геотермалне изворе (за првих 5 година) 8,93 Ct/kWh, за ветроелектране (за првих 12 година) 19,00 Ct/kWh, а за соларне ћелије и системе 24,43–18,33 Ct/kWh.

атрактивне у поређењу са финансијским улагањима потребним за електричну енергију насталу трансформацијом енергије фосилних горива.

Имајући у виду рад индустријских капацитета и рад са смањеним обимом производње, рад енергетских постројења у којим је у употреби фосилно гориво као и коришћење биомасе у домаћинствима Србија није могла да достигне квоту емисије загађивача атмосфере. То ипак није разлог за велико задовољство у погледу заштите животне средине, а поготову не у погледу предузетих мера за смањивање емисије свих врста загађивача како у атмосферу тако и за загађивање тла и водотокова. С тим појавама и понашањима људи су спрегнути и људска свест и обученост људи као и друштвене акције и мере да се располаже са знањем, које ће се свакодневно примењивати и ефективним поступцима обезбеђивати предуслове да се загађивање околине сведе на еколошки па тиме и здравствено најмање штодљив утицај како на живи тако и неживи свет на планети Земљи.

Коришћење обновљивих извора енергије скопчано је са њиховим економским, техничким, технолошким, еколошким, социјалним, културолошким и образовним, а тиме и укупно друштвеним интересима. То коришћење обновљивих извора енергије захтева повећана финансијска улагања у инвестициону опрему, има дугачак рок отплативости, нижег је енергијског потенцијала у односу на многа фосилна горива и често захтева сложјену техничку експлоатацију. Међутим, коришћење обновљивих извора енергије и њихових технологија заправо води ка култивисању људског окружења чиме доприноси (добровољним укључењем земаља у развоју) и у обезбеђење механизма чистог развоја (CDM процедуре). За сваки географски простор то има посебан значај и исход.

Размотрени и искоришћени подаци као и анализе мноштва истраживача, из поменутих области, показују да је за рационално коришћење енергије, коришћење различитих извора како фосилних тако и обновљивих извора енергије потребна и нужна синергија научних, практичних знања и доказане праксе. Та знања и пракса у свом јединству обухватају потенцијале сабране у економским, техничко-технолошким, социјалним, културолошким и наукама о заштити екосистема. У том смислу евидентна је условљеност људског деловања које ће обухватити знање, хуману свест, све врсте промена у окружењу и трајну одрживост како развоја тако и екосистема у целисти своје егзистенције и природне хармоније.

Закључак

Расположиви подаци документују да је коришћење обновљивих извора енергије на подручју Србије на самом почетку. До краја 2015. године очекује се да ти извори у билансима енергије државе достигну удео од око 2%. Процене о тим изворима указују на значајне потенцијале енергије везане за биомасу (дендромаса и пољопривредни отпад). Указано је и на то да ће повећано коришћење обновљивих извора енергије допринети повећању енергијске независности и самодовољности као и култивисању простора и омогућити друштвени развој са смањеним ефектом загађивања животне средине.

Литература

- [1] Борђевић, Б., и др., Термодинамика, Технолошко–металуршки факултет, Београд, 2012, 174–220, 252–256, 297–305, 325–337

- [2] Валент, В., и др., Енергијски потенцијали у свету и њихов значај у целулозно–папирној индустрији, *Хемијска индустрија*, 62 (2008), 4, 223–232
- [3] ***, International Energy Agency, World Energy Statistics, Paris, 2012
- [4] ***, Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2015. године, „Сл. гласник РС”, бр. 44/2005, Београд
- [5] Николић, Р., и др., Коришћење обновљивих извора енергије у Србији, Пољопривредни факултет, Нови Сад, *Трактори и њиховске машине*, 16 (2011), 3, 7–14
- [6] Стојиљковић, М., Електрична и топлотна енергија у Србији до 2015. године, Анализа пројектованог стања са посебним освртом на примену биомасе, Машински факултет у Нишу, Регионални центар за енергетску ефикасност, Ниш, 2008
- [7] Берек, Н., и др., Обновљиви извори енергије у Србији, Препоруке, потенцијали, критеријуми, Центар за екологију и одрживи развој, Суботица, 2008
- [8] Бркић, М., Јанић, Т., Потенцијалне количине биомасе за производњу енергије у Србији, *Cont. Agr. Engng.*, 37 (2011), 3, 225–234
- [9] Бркић, М., и др., Потенцијали и могућности брикетирања и пелетизирања отпадне биомасе на територији покрајине Војводине, Студија, Покрајински секретаријат за енергетику и минералне сировине, Уговор 401-01355/2007, Нови Сад, 2007
- [10] Јовановић, Б., Паровић, М., Стање и развој биомасе у Србији, Цеферсон Институт у Србији, Београд, 2009
- [11] Познатов, М., Обновљиви извори енергије – енергетска будућност, EurActiv.rs, 2013
- [12] Деспотовић, З., Обновљиви извори енергије у свету и у Србији, Београд 2012, www.schrack.rs/презентација
- [13] ***, Студија коришћења дрвоног отпада у Србији, Energy Saving Group, Предузеће за енергетску ефикасност, инжењеринг и консалтинг д. о. о, Београд, УСАИД Србија: *Пројекат за развој конкурентности Србије 2007–2011. година*
- [14] Тисовски, Ш., Бодор, Р., Валент, В., Полиолефински отпад – рециклажа и заштита околине, *Зборник радова*, II Међународна научна конференција, Ремедијација, стање и перспективе у заштити животне средине, Београд, 14–15. мај 2008, 161–165
- [15] Тисовски, Ш., Валент, В., Рецикловање полиолефинског отпада до енергента, *Хемијска индустрија*, 62 (2008), 6, 361–364
- [16] ***, United Nation Climate Conference: Montreal Protocol (1987), Kyoto Protocol (1997), Copenhagen Protocol (2009), Doha (Qatar) Protocol (2012)
- [17] Борђевић Б., Валент В., Шербановић, С., Термодинамика са термотехником, Технолошко-металуршки факултет, Београд, 2007, 387–391

Abstract**Potential of Renewable Sources of Energy in Serbia**

by

*Vladimir VALENT**, *Milorad KRGOVIĆ*,
Marina KRŠIKAPA, and *Srećko NIKOLIĆ***Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia**

Indications are made to the energy strategy of the Republic of Serbia for the period 2003–2015. It is estimated that Serbia owns about 4.3 Mtoe (or $5 \cdot 10^4$ GWh) of energy in renewable resources. In these energy sources biomass is dominant with approximately 63%. Solar radiation takes around 14%, wind energy 4.5%, geothermal energy 4.5%, and the unused hydro potential of large and small rivers in Serbia around 14% of the available technical resources by 2013. The structure, lower heating value and the importance of renewable energy resources are highlighted.

Key words: *energy, energy sources in Republic of Serbia, renewable energy resources*

* Corresponding author; e-mail: valent@tmf.bg.ac.rs

Рад примљен: 2. јула 2013.
Рад ревидиран: 10. августа 2013
Рад прихваћен: 11. септембра 2013.