МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ БИОБРИКЕТА У ДОМАЋИНСТВИМА

POSSIBILITIES OF THE BIO-BRIQUETTE UTILIZATION IN HOUSEHOLDS

Проф. др Милан Р. Радовановић, дипл. инж., Машински факултет, Београд, и Twente University, Chem. Eng. Department, NL;
проф. др Александар А. Рац, дипл. инж.,
и Радмило А. Савић, дипл. инж., Машински факултет, Београд

У раду су приказани биомасени потенцијали у Србији и потребе индивидуалних домаћинстава за топлотном енергијом. Изложене су карактеристике отпадне биомасе, изнесени подаци о производњи енергетских брикета од љуске сунцокрета, која је детаљније истражена у сарадњи са "Утва Инжењерингом" из Београда, и објашњене могућности њиховог сагоревања у постојећим пећима, испитане у сарадњи са фабриком "Милан Благојевић" у Смедереву.

Као гориво биомаса може да се користи врло успешно, јер топлотна моћ достиже 16 MJ/kg. *Ствара малу количину пепела (3–5%), има велики садржај волатила и практично нема сумпора.*

Сагоревањем брикета од љуске сунцокрета постигнути су добри резултати. На овај начин се може заменити одређена количина фосилног горива – угља. Поред позитивних енергетских и економских ефеката, сагоревањем овог горива постиже се и значајан еколошки ефекат.

Presents the bio-mass potentials in Serbia and the thermal energy needs of single households. Outlines the waste bio-mass characteristics and supplies the data on production of the energy briquette from sunflower shells, which is investigated in detail in cooperation with "Utva Engineering" in Beograd. Explains the possibilities of their combustion in existing furnaces, tested in cooperation with "Milan Blagojević" Factory in Smederevo.

The bio-mass can be utilized as a fuel very successfully, because its caloric value reaches 16MJ/kg. It produces a little ashes (3–5%), has a big content of volatile substances and practically does not contain the sulphur.

Combustion of sunflower shells briquette attains the good results. This is the way of substitution of the certain quantity of the fosil fuel – the coal. Besides the positive energetic and economic effects, combusting this fuel reaches the significant ecologic effect.

Кључне речи: енергија; биомаса; супституција; екологија
Key words: energy; bio-mass; substitution; ecology

1. Увод

Ако се анализирају светске енергетске стратегије, уочиће се да развијене земље акценат стављају на биогорива. Код нас, у сложеној друштвеној и енергетској ситуацији, коришћење потенцијала биомасе као горива све је значајније. Организованија истраживања на овом подручју су почела пре десетак година, првенствено као неопходност проналажења новог извора енергије, док данас значај преузимају еколошки чиниоци. Биомаса у свом

саставу нема сумпор, па приликом сагоревања не настају сумпорни оксиди, који су неизбежни продукат сагоревања фосилних горива. Емисије угљоводоника нема, док највећи утицај ово алтернативно гориво има на ефекат стаклене баште, јер се врши рециклирање атмосферског CO_2, па је биланс једнак нули (количина угљен-диксида која се веже фотосинтезом, ослободи се у процесу сагоревања).

2. Чврста биомаса

Рад се ограничава само на чврсту биомасу, у коју се убрајају остаци ратарске производње (кукурузовина, слама, кочанка, сунцокретова љуска и др.) и дрвне остатке (струготина, кора и др.), односно само на љуску сунцокрета.

2.1. Расположиве количине чврсте биомасе у Србији

Према подацима из 1991. године, количине ратарских производа и њихових остатака износе [1]:

- за кукуруз 7.818 милиона тона/3.132 милиона тона;
- за пшеницу 4.109 милиона тона/1.231 милиона тона;
- за сунцокрет 0,376 милиона тона/0,112 милиона тона.

Треба напоменути да кукуруз има око 48% влаге, а слама око 15%. Дате вредности су већ сведене на референтну влажност (15%).

Годишњи прираст дрвне биомасе је дефинисан запремином крупног дрвета која обухвата 71% укупне дрвне масе (остатак чине ситна грањевина 11% и пањ са кореном 18%) [2]. Годишњи прираст у Србији износи $6{,}18 \times 10^6$ m^3, а количина дрвних остатака збирно $1{,}8 \times 10^6$ m^3 (од чега је 63% остатак у пиланама). Укупна површина под шумама у СРЈ износи око 3 милиона ha (ужа Србија 2,35 милиона ha). Степен шумовитости (26,6%) је нешто мањи од просека за Европу (29%) [1].

2.2. Могућност примене

Поред гасификације и пиролизе, чврста биомаса може да се трансформише у топлотну енергију на више начина. Најнерационалнији начин је сагоревање у постојећим ложиштима, у стању у коме је и прикупљена (велики су трошкови транспорта због мале насипне густине, захтева велики простор за складиштење, а дозирање у ложиште мора бити континуално, јер растресити материјал сагорева великом брзином). На већим газдинствима је већ у примени поступак сагоревања балиране сламе у посебно конструисаним ложиштима. У зависности од технологије балирања и претходне припреме сламе (густина без припреме је 35 до 70 kg/m^3, гранулисана до 100 kg/m^3, млевена до 150 kg/m^3 [3], разликују се и ефикасност сагоревања и укупни трошкови. Брикетирање је поступак претходне припреме биомасе који показује предности у односу на остале поступке (смањени трошкови транспорта, знатно мањи потребни простор за складиштење, већа отпорност биолошким процесима, повећана ефикасност у процесу сагоревања и др.

У Србији постоји више постројења за брикетирање биомасе која се првенствено користе за брикетирање дрвних отпадака на месту њиховог настајања. Однос уложене енергије за добијање брикета и енергије која се може добити у виду топлотне енергије, према Т. Андрашу [4] изложен је у табели 1.

Табела 1. Однос уложене и добијене енергије при брикетирању

Материјал брикета	Уложена енергија (GJ)	Енергија која се може добити (GJ)	Однос
Технологија стабилне механизације			
Слама	7 961	71 000	1 : 8,90
Кукурузовина	19 742	62 500	1 : 3,20
Сунцокретова љуска	7 114	60 000	1 : 8,40
Технологија са мобилном механизацијом			
Слама	5 526	35 500	1 : 6,40
Кукурузовина	10 076	31 250	1 : 3,10
Сунцокретова љуска	5 526	25 000	1 : 4,50

Са становишта степена искоришћења, најбољи резултати су остварени при сагоревању биомасе у флуидизованом слоју (ефикасност преко 99%, није потребна претходна припрема, мања је емисија азотних оксида...) [2]. Такође је могуће остварити добре резултате при сагоревању у циклонским ложиштима.

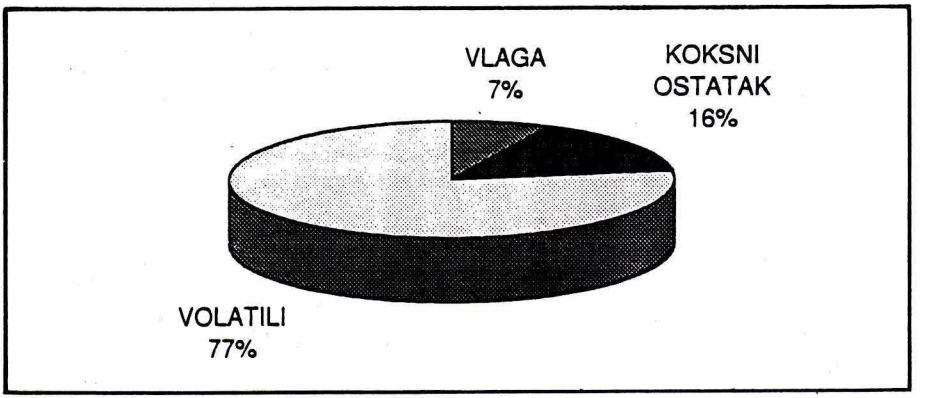
2.3. Потрошња енергије

Укупна потрошња енергије у СРЈ у 1991. години према [1] износила је 11.808 · 10^3 TEN. По структури 47,3% отпада на течна горива (нафту и њене деривате), 17% на природни гас, 20,3% на електричну енергију и 15,4% на угаљ.

Домаћинства имају укупну потрошњу од 1795 × 10^3 TEN, што у укупној потрошњи учествује са 15,2%. Највећа је потрошња електричне енергије – 913 × 10^3 TEN, природни гас 80 × 10^3 TEN, течна горива 199 . 10^3 TEN и угља (мрки 424 · 10^3 TEN и лигнит 179 · 10^3 TEN) [1].

3. Резултати испитивања

Код нас не постоје, одговарајући стандарди за биомасу, осим стандарда JUS.D.B9.021, из 1987, под називом "Енергетски брикети од лигноцелулозног материјала". Овај стандард не предвиђа довољно прецизно начин испитивања и квантификацију резултата, већ само даје грубу категоризацију брикета од лигноцелулозних материјала (према топлотној моћи) и



Слика 1. Састав сунцокретове љуске

начин обележавања и паковања. Испитивање биомасе рађено је у свему према одговарајућим стандардима за угаљ.

У сарадњи са "УТВА-инжењерингом" из Београда (који је пројектовао и произвео пресу за брикетирање сунцокретове љуске), фабриком уља "Дунавка" из Великог Градишта (у чијим је погонима преса инсталирана) и производном организацијом "Милан Благојевић" из Смедерева (где је испитано сагоревање брикета у пећи), а у оквиру пројекта савезног министарства PR-358/1-93 [5], детаљно су испитани:

- сировина за брикетирање (техничка анализа и понашање при различитим спољашњим условима сунцокретове љуске,
- различити режими рада пресе за брикетирање,
- квалитет и постојаност алата пресе,
- топлотни режими рада пресе,
- утицај спољних фактора (влага, температура) на постојаност брикета,
- механичка чврстоћа брикета,
- утицај гранулације полазне сировине на механичке карактеристике,
- техничка анализа формираног брикета,
- сагоревање брикета у пећи на чврста горива,
  - време сагоревања у функцији величине брикета,
  - димни број,
  - карактеристике насталог пепела,
  - температуре појединих делова пећи (термопаровима и аквизицијом преко рачунара).

3.1. Техничка анализа

Извршена је комплетна техничка анализа узорака љуске сунцокрета и добијени подаци су изнесени у табели 2. и на слици 1.

На основу података из техничке анализе, израчината је доња топлотна моћ која износи 17.324 MJ/kg.

Посматрајући целокупну биомасу, највећу топлотну моћ чисте гориве

Табела 2. Резултати техничке анализе [5]

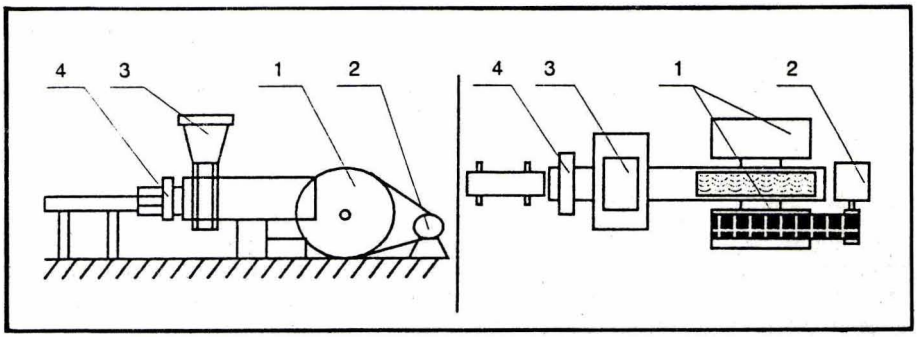
	Wh (%)	A (%)	K (%)	Vg (%)	Hg (Mj/kg)
Сунцокретове љуске	7,20	2,93	15,50	77,30	18 124

масе има сунцокретова љуска, која је нуспродукт у производњи и преради уља из сунцокретових семенки. Могућност коришћења на месту настајања (у фабрици) и релативно велике количине као и континуалне количине током године (сунцокрет се прерађује током целе године, допремањем из силоса), фокусирали су пажњу управо на ову материју.

Сунцокретова љуска је због својих физичких карактеристика (првенствено растреситости) непогодна за директно сагоревање у постојећим пећима. Од поступака наведених у тачки 2.2, најподеснији је брикетирање. Према стандарду JUS.D.B9.021, ови брикети припадају I класи брикета.

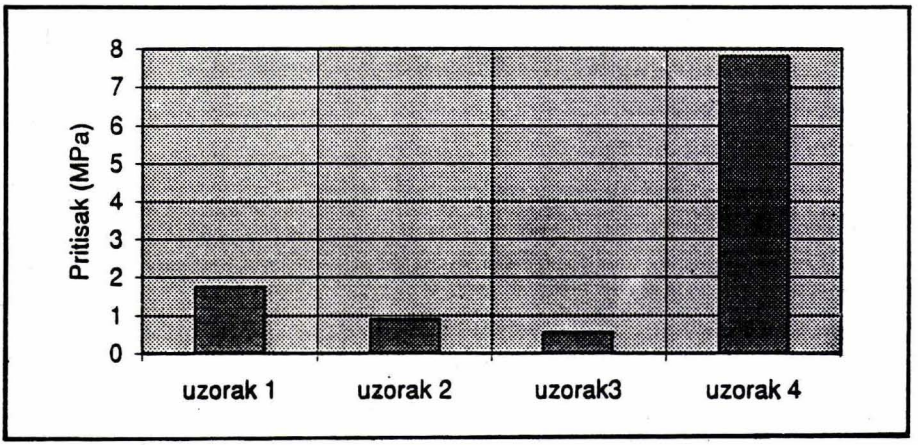
3.2. Производња брикета

Брикети се производе помоћу ексцентар-пресе, коју преко два замајца (1) покреће електромотор (2). За замајце је везан клип који потискује материјал за брикетирање у алат. Материјал се доводи пужним транспортером до дозатора (3). Јарам (4) притеже носаче алата и сам алат у радном положају. На крају алата почиње стаза за хлађење формираних брикета. Праћен је утицај топлотног режима рада постројења на квалитет формираних брикета.



Слика 2. Шематски приказ постројења у две пројекције

Од растреситог материјала – љуске сунцокрета, која има малу насипну густину (до 200 kg/m^3), дејством силе брикетирања, принудним кретањем кроз конусни алат, формира се хомогена маса (око 1100 kg/m^3), облика правилног паралелопипеда, са две фиксне димензије (ширина 70 mm, висина 30 mm, док је дужина произвољна и може бити до 400 mm).



Слика 3. Притисна чврстоћа у попречном правцу

3.3. Анализа брикета

Подаци добијени техничком анализом брикета од сунцокретове љуске нису се разликовали од извршене техничке анализе сунцокретове љуске.

3.4. Чврстоћа брикета

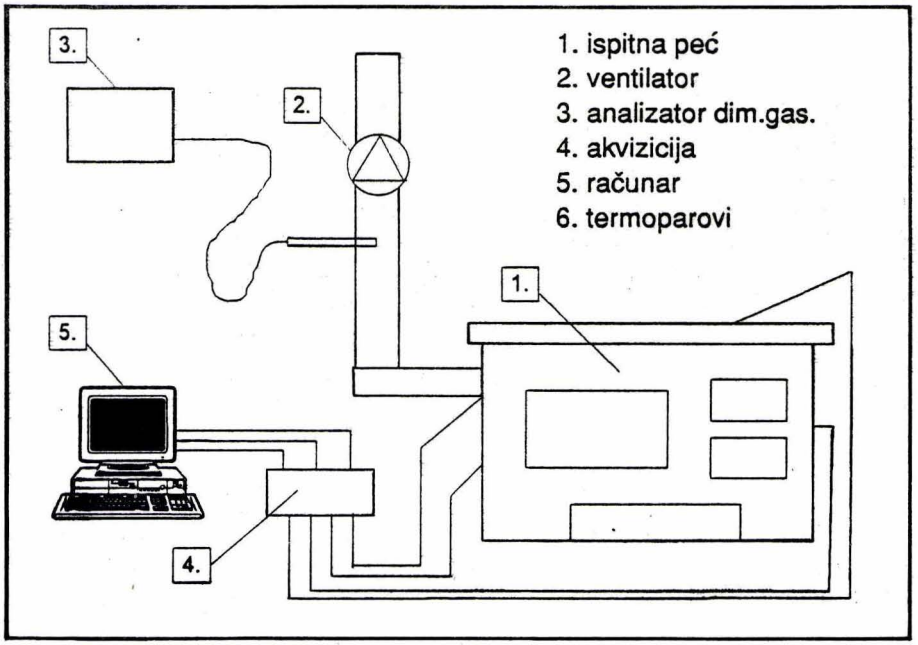
Притисна чврстоћа брикета је испитивана према стандарду JUS B.H8.376 у сва три правца (брикет је облика правилног паралелопеда). На слици 3 је приказана притисна чврстоћа у попречном правцу, при чему су узорци 1, 2 и 3 од брикета формирани од целе, а узорак 4 од млевене љуске сунцокрета.

Брикети формирани од материјала који је претходно самлевен имају знатно боље механичке карактеристике и постојанији су при складиштењу и транспорту, али је незнатно повећан удео уложене енергије при добијању брикета (потрошња енергије машине за млевење).

3.5. Сагоревање брикета

Сва испитивања су спроведена у свему према важећим стандардима за испитивање пећи (JUS M. R4.020), што је шематски приказано на слици 4. Инсталација је што стандард не предвиђа, допуњена са пет термопарова, који су преко аквизиционе карте повезани са рачунаром.

Испитна инсталација се састојала од пећи на чврсто гориво снаге 6 kW (штедњак на чврсто гориво – популарни "смедеревац"), модификованом за ову прилику постављањем стакла отпорног на топлоту на предњој страни ложишта, како би се процес сагоревања и визуелно пратио. Термопарови су постављени на карактеристична места: на горњој плочи изнад центра ложишта, на средини задње стране, на средини бочних страна и на месту одвода димних гасова. Посебно је праћена температура ваздуха у просторији.



Слика 4. Шематски приказ испитне инсталације; 1 испитна пећ, 2 вентилатор, 3 анализатор димног гаса, 4 аквизиција, 5 рачунар, 6 термопарови

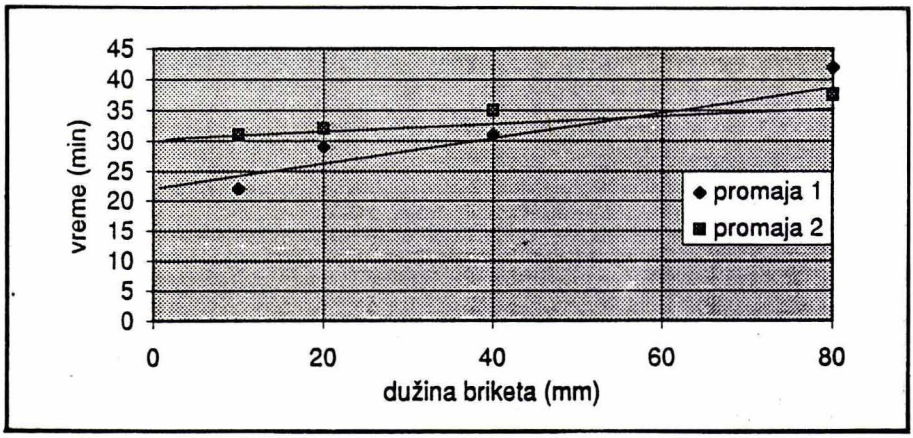
Испитивање је извршено за фиксирану количину пуњења пећи (1 kg), која је прерачуната према топлотној снази пећи, а за различите димензије брикета. За ширину брикета од 70 mm и висину од 30 mm, варирана је дужина (10 mm, 20 mm, 40 mm и 80 mm). Промаја у димном каналу је била 1 mm H_2O, односно 2 mm H_2O, што представља минимално и максимално стандардом дозвољене вредности.

Време сагоревања је време од тренутка паљења волатила па до краја сагоревања коксног остатка. Време сагоревања брикета у зависности од величине комада брикета и промаје у димном каналу приказано је на слици 5.

Укупна количина пепела настала сагоревањем једног килограма брикета у зависности од величине комада брикета, а за промаје од 1,0 mm H_2O и 2,0 mm H_2O, као и количина несагорљивих материја у пепелу, приказани су на сликама 6а и 6б.

4. Закључци

Услови испитивања као и материјалне могућности били су доста ограничени, па би целокупно испитивање требало, на бази досадашњих искустава, проширити и извршити за целу палету пећи на чврста горива које се користе у домаћинствима као и за брикете различитог порекла (кукурузовина, слама, разни брикети од дрвних отпадака...). Такође, брикети-

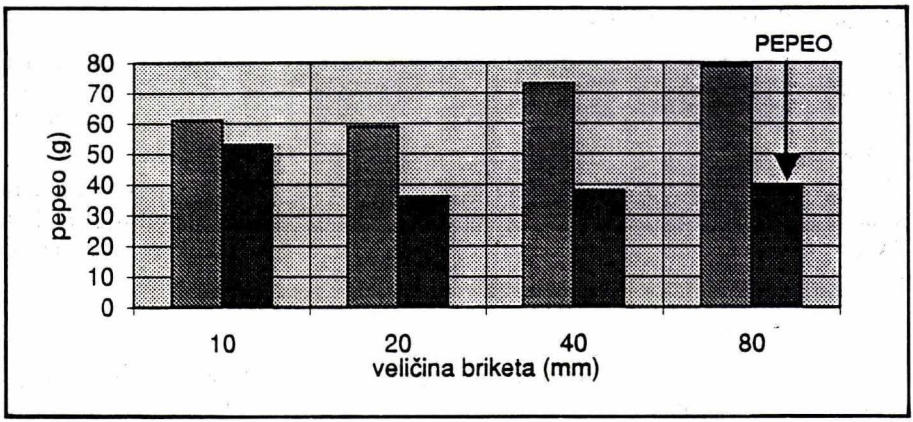


Слика 5. Време сагоревања

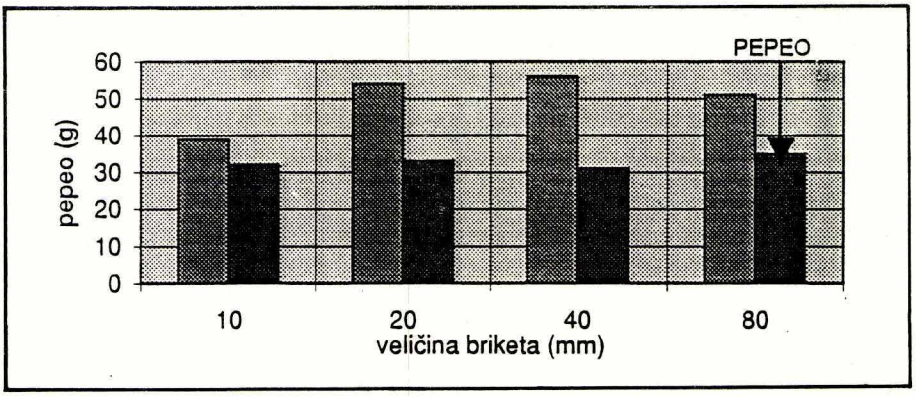
рање као поступак припреме биомасе за сагоревање би требало детаљније испитати и прилагодити нашим условима (више мањих постројења за брикетирање у близини или на месту настанка биомасе). Средња вредност уложене и потенцијално добијене енергије је за стабилне уређаје за брикетирање је 1:6,8, а за покретне 1:4,66.

Љуска сунцокрета је погодан материјал за брикетирање и сагоревање у постојећим пећима и има добре енергетске и еколошке карактеристике.

Промена времена сагоревања је линеарна функција промене величине комада брикета и израженија је код мање промаје у димном каналу. Величином брикета се може подешавати брзина загревања просторије или њено темперирање.



Слика 6а. Количина пепела и сагорљиви део у њему у зависности од величине комада за промају 1 m:n H_2O



Слика 6б. Количина пепела и сагорљиви део у њему у зависности од величине комада за промају 2 mm H_2O

Квалитет сагоревања се уочава и преко количине пепела која не прелази вредност од 6%, а разлика у односу на потпуно сагоревање сунцокретове љуске чини сагорљиво у пепелу.

У домаћинствима је веома чест исти тип пећи који је коришћен за испитивање. Како је топлотна моћ приближна моћи мрких угљева, лако се може сагледати количина угља који се у домаћинствима користи за грејање и која се може заменити биобрикетима, чиме се поред енергетских постижу и важни економски и еколошки ефекти.

Биомаса је материја са којом треба озбиљније рачунати у предвиђањима енергетске будућности у домаћинствима.

Литература

[1] * * *: Републички завод за статистику, Билтен број 339, Београд, 1992.

[2] **Ока, С., Нинић, Н.**: *Сагоревање биомасе у енергетске сврхе*, Научна књига, Београд, 1992.

[3] Група аутора: *Енергетски потенцијал биљних остатака у Србији*, монографија, ЈДТ Београд, 1994.

[4] **Андраш, Т.**: *Енергетски биланс и економичност брикетирања пољопривредних отпадака,* ЈУТЕРМ '93, зборник извода.

[5] **Радовановић, М., Рац, А., Савић, Р.:** *Извештај о пројекту ПР-358/1-93,* Машински факултет, Лабораторија за горива и сагоревање, Београд, 1993. године.