

ОЦЕНА ЕФИКАСНОСТИ КОРИШЋЕЊА ОГРЕВНОГ ДРВЕТА У ДОМАЋИНСТВИМА У ОПШТИНИ ВЛАДИЧИН ХАН ПРИМЕНОМ МЕТОДА ЕКОНОМЕТРИЈСКОГ МОДЕЛИРАЊА

БРАНКО ГЛAVOЊИЋ¹
АЛЕКСАНДРА ЛАЗАРЕВИЋ

Извод: У раду је дат приказ резултата истраживања ефикасности потрошње огревног дрвета у домаћинствима на подручју општине Владичин Хан. Ова општина представља једну од шумовитијих општина у Србији, у којој скоро 95% домаћинстава која користе чврста горива, користе огревно дрво. Резултати истраживања показују да је просечна потрошња огревног дрвета по 1 m² грејне површине, у грејној сезони 2017/2018. година, износила 0,144 m³ у домаћинствима која су користила сирово дрво; 0,128 m³ у домаћинствима која су користила просушено дрво и 0,123 m³ у домаћинствима која су користила суво дрво. У односу на референтну вредност која се сматра релативно задовољавајућом, по критеријумима енергетске ефикасности, потрошња дрвне енергије у све три категорије домаћинстава већа је у просеку за 2,4 пута. Овако висока потрошња дрвне енергије последица је, између осталог, незадовољавајућег стања по питању старости објеката, доминантног учешћа објеката који немају термоизолацију и преовлађујуће заступљености ложних уређаја старости преко 10 година.

Кључне речи: огревно дрво, ефикасност, потрошња, објекти, ложни уређаји

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF FIREWOOD CONSUMPTION BY THE HOUSEHOLDS IN VLADIČIN HAN BY APPLYING THE METHODS OF ECONOMETRIC MODELLING

Abstract: This paper presents the research results on the efficiency of firewood consumption in the households of the municipality of Vladičin Han. The municipality of Vladičin Han was selected for the research due to the fact that it is one of the most forested municipalities in Serbia and almost 95% of its households use solid fuels as firewood. The results of the study showed that the average consumption of firewood per 1m² of the heated surface area in the heating season of 2017/2018 was 0.144 m³ in the households that used wet wood, 0.128 m³ in the households that used air dried wood and 0.123 m³ in the households that used dry wood. Compared to the reference value taken as relatively satisfactory by the criteria of energy efficiency, the consumption of wood in all three categories of households was on average 2.4 times higher. Such high consumption of wood energy is, among other things, due to the unsatisfactory state of the buildings regarding their age, a high percentage of buildings without thermal insulation and the dominant participation of heating devices more than 10 years old.

Keywords: firewood, efficiency, consumption, buildings, heating devices

¹ др Бранко Главоњић, ред. проф.; Александра Лазаревић, MSc, асистент; Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд

1. УВОД

Ефикасност коришћења огревног дрвета обухвата широк појам, у зависности од подручја у којима се дрво користи. Истраживање ефикасности коришћења огревног дрвета у домаћинствима врло је актуелна тема у последњих десетак година у Србији, док се у развијеним земљама, овом темом, истраживачи и креатори енергетске и шумарске политике баве већ дуги низ година. При том, појам ефикасног коришћења најчешће се поистовећује са количином енергије која се утроши за потребе грејања, што не мора увек да буде главни критеријум за оцену ефикасности.

Главоњић, Б. *et al.* (2017), у својим истраживањима ефикасности коришћења огревног дрвета у домаћинствима у изабраним пилот-регионима у Србији, користе као критеријум за оцену ефикасности потрошњу огревног дрвета и дрвне енергије у односу на грејну површину. Иштванић, Ј. *et al.* (2018) баве се проблематиком губитака у маси, запремини и густини огревног дрвета, као последице губитка воде услед просушивања дрвета, и с тим у вези утицаја ових својстава на ефикасност коришћења огревног дрвета. Džian, М. *et al.* (2018) креирали су економетријске моделе снабдевања дрветом за енергетске потребе у Словачкој истражујући ефикасност ланаца снабдевања у овој земљи и њихов утицај на ефикасност коришћења огревног дрвета. Фуртула, М. *et al.* (2009) обрађивали су проблематику ефикасности снабдевања биомасом за замену фосилних горива у појединим регионима Србије са циљем указивања на локално расположиве ресурсе за задовољавање локалних енергетских потреба.

Ефикасност коришћења, огревног дрвета је у директној вези и са проблематиком која се односи на климатске промене. Аутори Недељковић, Ј. *et al.* (2018), указују на потребу доношења одговарајућег регулаторног оквира у Србији који ће садржати и потребне мере за допринос ублажавању климатских промена. Саставни део тих мера представљају и мере које се односе на повећање ефикасности коришћења огревног дрвета и других дрвних горива којима би се дао одговарајући допринос, не само ублажавању климатских промена, већ и очувању шумских ресурса кроз смањење потрошње огревног дрвета као резултат повећања ефикасности његовог коришћења. Hoffmann, Н. *et al.* (2015) приказују значај ефикасног коришћења енергије и указују на очекивано повећање њене потрошње до 2030.

Ако се свему претходном дода и чињеница да у Србији, према проценама, постоји преко 0,5 милиона приватних шумовласника (Gluk, Р. *et al.*, 2011), онда је јасно колики је значај употребе огревног дрвета у енергетске сврхе јер највеће количине овог дрвног горива потичу управо из приватних шума.

2. ЦИЉ И ПРЕДМЕТ РАДА

Ефикасност коришћења огревног дрвета у домаћинствима није била предмет значајнијих истраживања до сада у Србији. С обзиром на то да се данас у друштву све већа пажња посвећује енергетској ефикасности, то и

ефикасност коришћења огревног дрвета постаје предмет интересовања научне и стручне јавности, али и креатора енергетске и шумарске политике. У том смислу основни предмет истраживања у овом раду представља потрошња огревног дрвета у домаћинствима као најзначајнијој категорији потрошача овог дрвног горива у општини Владичин Хан.

Циљ истраживања у овом раду састоји се у примени економетријског моделирања за утврђивање облика и степена корелације између грејне површине и потрошње огревног дрвета и с тим у вези оцене степена ефикасности његовог коришћења у предметним домаћинствима. Као главни критеријум у односу на који се вршила оцена ефикасности изабрана је потрошња дрвне енергије у kWh по 1m² грејне површине. Избор овог критеријума резултат је потребе да се изабере критеријум који је у потпуности компатибилан са критеријумима по којима се оцењује енергетска ефикасност у зградарству у Србији.

3. МЕТОДОЛОГИЈА РАДА

За потребе истраживања у овом раду дефинисан је и усвојен одговарајући методолошки концепт који се састојао од низа научних метода и техника. Од научних метода коришћене су аналитичко-синтетичке методе, методе индукције и дедукције, методе компаративне анализе као и метод генерализације.

Од истраживачких техника коришћена је анкета на изабраном узорку од 2% домаћинстава која користе чврста горива за потребе грејања. При том, узорак је обухватио домаћинства у градским и сеоским срединама сходно њиховом учешћу у укупном броју домаћинстава која користе чврста горива за потребе грејања у изабраној општини.

За потребе анкетирања дефинисан је одговарајући упитник који је садржао четири групе питања:

- карактеристике домаћинстава и њихових објеката,
- карактеристике потрошње огревног дрвета у смислу величине потрошње и времена набавке огревног дрвета,
- карактеристике ложних уређаја и
- динамику чишћења димњака.

Пре отпочињања теренских активности извршена је одговарајућа обука анкетара са којим је одржавана стална комуникација током спровођења анкете. Анкета² је спроведена на терену у периоду март-јун 2018. године. Након завршетка анкетирања извршено је уношење података из упитника у програм *Microsoft Office Excel 2013*, а затим је урађена логичка контрола унетих података.

За обраду података и утврђивање облика и степена зависности између потрошње огревног дрвета и величине грејне површине коришћен је програмски пакет »STATISTICA« V.7.0., у коме су регресиона и корелациона анализа спојени у јединствен методолошки апарат. Оцена параметара

² Анкетирање домаћинстава спроведено је у оквиру *UNDP GEF* пројекта „Смањење баријера за убрзани развој тржишта биомасе у Србији“

добијених модела извршена је по методолошком упутству развијеном од стране Ранковић, Н. (1996) и Јовичић, М. (1981).

За потребе економетријског моделирања утицаја величине грејне површине на потрошњу огревног дрвета у домаћинствима која користе чврста горива за потребе грејања у општини Владичин Хан извршено је њихово груписање у три групе:

1. домаћинства која користе сирово дрво,
2. домаћинства која користе просушено дрво и
3. домаћинства која користе суво дрво.

Као критеријум за разврставање домаћинстава у наведене групе коришћено је време набавке огревног дрвета у односу на почетак грејне сезоне. У прву групу разврстана су домаћинства која набављају огревно дрво до једног месеца пре почетка грејне сезоне, у другу групу домаћинства која набављају огревно дрво до три месеца пре почетка грејне сезоне, а у трећу групу она домаћинства која огревно дрво набављају четири и више месеци пре почетка грејне сезоне. При том, посебна пажња је посвећена оним домаћинствима која немају своју шуму и која се снабдевају дрветом од локалних трговаца дрветом узимајући у обзир да је такво дрво посечено раније у односу на време непосредне набавке.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

На потрошњу огревног дрвета у домаћинствима утиче велики број фактора од којих грејна површина представља један од значајнијих. Истраживање корелације између потрошње огревног дрвета и грејне површине извршено је посебно за домаћинства која користе сирово, просушено и суво дрво. Овакав приступ је имао за циљ да покаже, не само односе у потрошњи у квантитативном смислу (m^3/m^2) између ове три опције, већ и ниво и карактеристике корелације између грејне површине и потрошње за сваку опцију појединачно. При том, за сваку појединачну опцију, поред потрошње огревног дрвета, извршена је анализа стања у погледу карактеристика објеката у којима живе домаћинства, карактеристика уређаја и динамике чишћења димњака као важних фактора који утичу на ефикасност коришћења огревног дрвета.

4.1 Карактеристике потрошње огревног дрвета у домаћинствима која користе сирово огревно дрво за потребе грејања

Утицај величине грејне површине на потрошњу огревног дрвета у домаћинствима која користе сирово дрво за потребе грејања у економетријском моделу најбоље показује његова степена форма (највећи R^2). Основни параметри степеног економетријског модела су:

$$y = f(x)$$

$$a = 0,208913$$

$$S_{(a)} = 0,314514$$

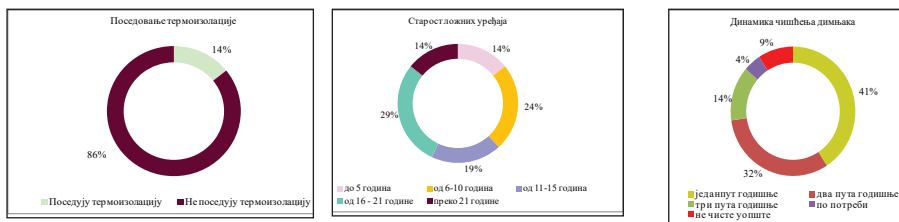
$$t_{(a)} = 0,664240$$

$$b = 0,597298$$

$$S_{(b)} = 0,081510$$

$$t_{(b)} = 7,327905$$

сечна потрошња по 1m² грејне површине у грејној сезони 2017/2018.година износила 0,144 m³. Преведено у енергетске вредности просечна потрошња дрвне енергије у овим домаћинствима износила је 348,3 kWh/m². У односу на референтну вредност од 138 kWh/m², која се сматра релативно задовољавајућом са становишта енергетске ефикасности, потрошња дрвне енергије у домаћинствима која користе сирово дрво је већа 2,5 пута. Вредност потрошње од 348,3 kWh/m² је значајно већа и од максимално дозвољене годишње потрошње енергије за последњи ниво енергетског пасоша за стамбене објекте³. Овако високој потрошњи дрвне енергије у домаћинствима која користе сирово дрво, у великој мери доприносе стамбени објекти који немају термоизолацију као и старост ложних уређаја. Од укупног броја анкетираних домаћинстава, која су користила сирово дрво за потребе грејања, свега 14% на својим објектима поседује термоизолацију док 86% не поседује исту. Поред тога старост ложних уређаја у овим домаћинствима је изузетно висока. Свега 38% домаћинстава поседује ложне уређаје чија је старост до 10 година, док скоро 2/3 домаћинстава користи ложне уређаје преко 10 година старости од чега њих 43% користи уређаје преко 15 година старости. На ефикасност сагоревања огревног дрвета у значајној мери утиче и динамика чишћења димњака. Резултати истраживања показују да највећи број из ове групе домаћинстава редовно чисти своје димњаке. Око 87% домаћинстава чисти своје димњаке од једног до три пута годишње док је учешће оних који уопште не чисте димњаке 9% (графикон 2).



Графикон 2. Карактеристике објеката и ложних уређаја као и динамика чишћења димњака у домаћинствима која користе сирово дрво у општини Владичин Хан (извор: оригинал)

Graph 2 Characteristics of the buildings and heating devices and the dynamics of chimney cleaning in the households that use wet wood in the municipality of Vladičin Han (source: original)

На основу напред изнетих резултата може се закључити да је ситуација у домаћинствима која користе сирово дрво за грејање у општини Валдичин Хан незадовољавајућа не само по величини потрошње већ и по учешћу објеката који поседују термоизолацију као и старости ложних уређаја који се у њима користе.

3 Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Службени галсник РС 61/2011

4.2 Карактеристике потрошње огревног дрвета у домаћинствима која користе просушено огревно дрво за потребе грејања

Однос између величине грејне површине и потрошње огревног дрвета у домаћинствима која користе просушено дрво за потребе грејања у економетријском моделу најбоље показује његова степена форма (највећи R^2). Основни параметри степеног економетријског модела су:

$$y = f(x)$$

$$a = 0,515535$$

$$S_{(a)} = 0,130867$$

$$t_{(a)} = 3,93937$$

$$|t_a| > t_{0,05}$$

$$R = 0,924$$

$$F_{(1,44)} = 257,96$$

$$R^2 = 0,854$$

$$F_{test(0,05)} : +$$

$$b = 0,503775$$

$$S_{(b)} = 0,031366$$

$$t_{(b)} = 16,0612$$

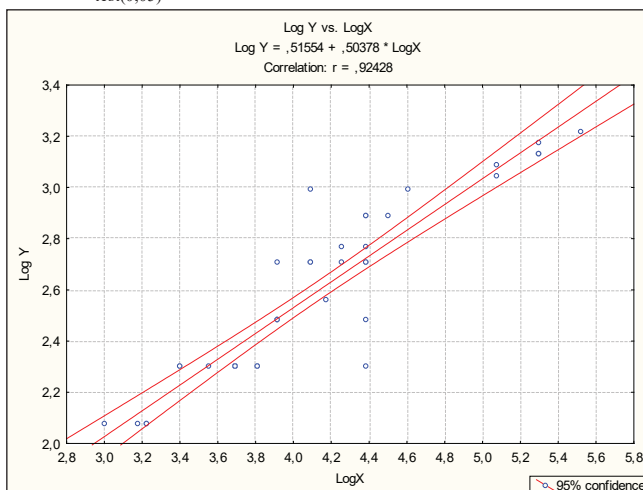
$$|t_b| > t_{0,05}$$

$$R^2_{cor} = 0,851$$

$$D = 1,403647$$

$$S_e = 0,13026$$

$$DW - test(0,05) : -$$



Графикон 3. Утицај грејне површине на потрошњу огревног дрвета у домаћинствима које користе просушено дрво за потребе грејања у општини Владичин Хан

Graph 3 The effects of the heated surface area on the consumption of firewood in the households that use air dried wood for heating purposes in the municipality of Vladičin Han

Корелација између величине грејне површине и потрошње огревног дрвета у домаћинствима која користе просушено дрво за потребе грејања приказана је следећом логаритамском линеарном једначином:

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

$$\ln y = 0,515535 + 0,503775 \ln x$$

односно у трансформисаном облику:

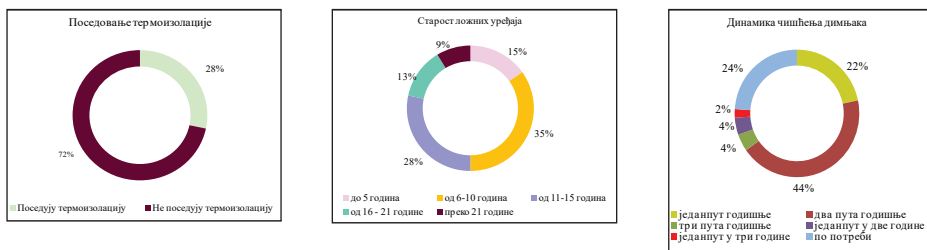
$$y = 1,6745 x^{0,5038}$$

С обзиром на високу вредност коефицијента корелације, сигнификантност параметара модела као и чињенице да се 85,4% варијација потрошње огревног дрвета објашњава овим моделом може се закључити да постоји ве-

ома јака повезаност између потрошње огревног дрвета и величине грејне површине. У конкретном случају са сваким повећањем грејне површине за 1% може се очекивати повећање потрошње огревног дрвета за 0,5%.

Резултати анализе потрошње огревног дрвета у домаћинствима која користе просушено дрво показују да је његова просечна потрошња износила $0,128 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ грејне површине или преведено у енергетске вредности $333,1 \text{ kWh/m}^2$. У односу на референтну вредност од 138 kWh/m^2 , која се сматра релативно задовољавајућом са становишта енергетске ефикасности, потрошња дрвне енергије у домаћинствима која користе просушено дрво је већа за 2,4 пута. Вредност просечне потрошње од $333,1 \text{ kWh/m}^2$ је значајно већа и од максимално дозвољене годишње потрошње енергије за последњи ниво енергетског пасоша за стамбене објекте. У поређењу са просечном потрошњом огревног дрвета по 1 m^2 грејне површине у објектима домаћинства која су користила сирово дрво, његова просечна потрошња код домаћинства која су користила просушено дрво је мања за 11,1%.

И поред чињенице да је потрошња просушеног огревног дрвета мања у поређењу са потрошњом сировог дрвета (посматрано по 1 m^2 грејне површине) укупна потрошња дрвне енергије је и даље веома висока. На то утичу исти фактори који су већ описани у оквиру карактеристика потрошње дрвне енергије код домаћинства која су користила сирово дрво. Стање и карактеристике објеката и ложних уређаја као и динамика чишћења димњака и њихов утицај на потрошњу дрвета код домаћинства која користе просушено дрво су представљени у наставку. Код домаћинства која користе просушено дрво за потребе грејања значајно је већи број објеката који поседују термоизолацију (28%) у односу на домаћинства која су користила сирово дрво. Међутим, и даље је преко 70% објеката без термоизолације што у великој мери утиче негативно на потрошњу огревног дрвета. Када је у питању старост ложних уређаја она је нешто боља у односу на претходну категорију домаћинства али и даље 50% домаћинства користи ложне уређаје чија је старост преко 10 година, од чега је учешће уређаја преко 20 година старости 9%. Када је у питању динамика чишћења димњака стање код ове категорије домаћинства је сасвим задовољавајуће јер не постоје домаћинства која уопште не чисте димњак док је учешће оних који димњак чисте по потреби 24% (графикон 4).



Графикон 4. Карактеристике објеката и ложних уређаја као и динамика чишћења димњака у домаћинствима која користе просушено дрво у општини Владичин Хан (извор: оригинал)

Graph 4 Characteristics of the buildings and heating devices and the dynamics of chimney cleaning in the households that use dried wood in the municipality of Vladičin Han (source: original)

Иако је стање боље у односу на домаћинства која користе сирово дрво ситуација у домаћинствима која користе просушено дрво се ипак не може оценити задовољавајућом како због и даље високе потрошње тако и због незадовољавајућег стања у погледу карактеристика њихових објеката и високог учешћа ложних уређаја старости преко 10 година.

4.3 Карактеристике потрошње огревног дрвета у домаћинствима која користе суво огревно дрво за потребе грејања

Однос између величине грејне површине и потрошње огревног дрвета у домаћинствима која користе суво дрво за потребе грејања у економетријском моделу најбоље показује његова линеарна форма (највећи R^2). Основни параметри линеарног економетријског модела су:

$$y = f(x)$$

$$a = 5,255493$$

$$S_{(a)} = 0,51925$$

$$t_{(a)} = 10,1213$$

$$|t_a| > t_{0,05}$$

$$R = 0,921$$

$$F_{(1,63)} = 354,28$$

$$R^2 = 0,849$$

$$F_{test(0,05)} : +$$

$$R^2_{cor} = 0,847$$

$$D = 1,83063$$

$$b = 0,10682$$

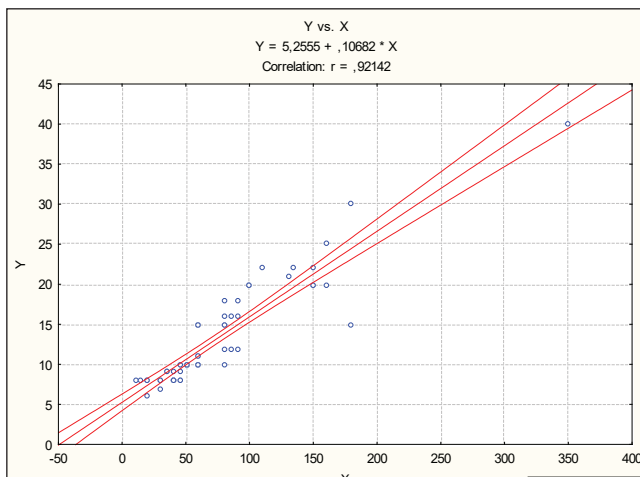
$$S_{(b)} = 0,00567$$

$$t_{(b)} = 18,2241$$

$$|t_b| > t_{0,05}$$

$$S_e = 2,4476$$

$$DW \text{ -test}(0,05) : +$$



Графикон 5. Утицај грејне површине на потрошњу огревног дрвета у домаћинствима које користе суво дрво за потребе грејања у општини Владичин Хан (извор: оригинал)

Graph 5 The effects of the heated surface area on the consumption of firewood in the households that use dry wood for heating purposes in the municipality of Vladičin Han (source: original)

Линеарна зависност потрошње огревног дрвета од величине грејне површине представљена је једначином:

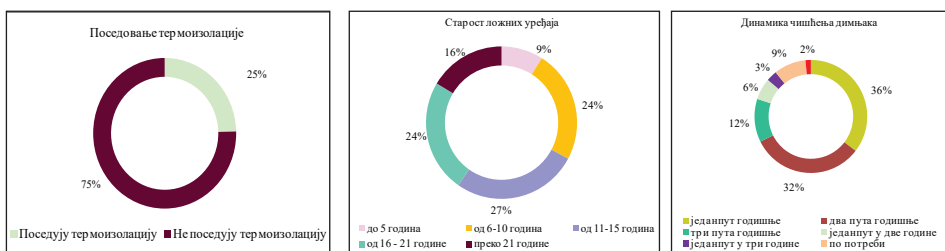
$$y = a + bx$$

$$y = 5,2555 + 0,1068 x$$

Висок коефицијент корелације, његова сигнификантност као и сигнификантност осталих параметара модела показују да између потрошње огревног дрвета и величине грејне површине постоји узрочно-последична веза. Позитиван параметар b показује да се са повећањем грејне површине за 1 m^2 може очекивати повећање потрошње огревног дрвета за $0,107 \text{ m}^3$.

Просечна потрошња огревног дрвета у овој категорији домаћинстава у г.с. 2017/2018. година износила је $0,123 \text{ m}^3/\text{m}^2$ грејне површине, односно изражено у енергетским јединицама $326,3 \text{ kWh}/\text{m}^2$. У поређењу са домаћинствима која су користила сирово дрво просечна потрошња огревног дрвета по 1 m^2 грејне површине у домаћинствима која су користила суво дрво је мања за 14,6%, а у односу на домаћинства која су користила просушено дрво за 3,9%. Међутим, у поређењу са просечном потрошњом која се сматра релативно задовољавајућом са становишта енергетске ефикасности, потрошња дрвне енергије у домаћинствима која користе суво дрво је већа за око 2,3 пута.

Овако висока потрошња и у домаћинствима која користе суво дрво последица је незадовољавајућег стања у погледу високог учешћа објеката који немају термоизолацију (75%) као и високог учешћа ложних уређаја старости преко 10 година (49%). По питању динамике чишћења димњака стање у овој категорији домаћинстава је задовољавајуће (графикон 6).



Графикон 6. Карактеристике објеката и ложних уређаја као и динамика чишћења димњака у домаћинствима која користе суво дрво у општини Владичин Хан (извор: оригинал)

Graph 6 Characteristics of the buildings and heating devices and the dynamics of chimney cleaning in the households that use dry wood in the municipality of Vladičin Han (source: original)

Свему претходном треба додати и чињеницу да је у структури заступљености ложних уређаја највеће учешће индивидуалних шпорета на чврста горива, док је учешће котлова за централно грејање значајно мање.

5. ЗАКЉУЧЦИ

Генерална оцена, када је у питању ефикасност коришћења огревног дрвета у домаћинствима у општини Владичин Хан, јесте да се огревно дрво користи неефикасно јер је његова просечна потрошња у квантитативном

смислу изузетно висока у односу на референтне вредности које се сматрају релативно задовољавајућим са становишта енергетске ефикасности. Ова оцена се односи како на коришћење сировог огревног дрвета тако и на коришћење просушеног и сувог дрвета.

Добијени параметри економетријских модела и одговарајући функционални облици међусобне зависности потрошње огревног дрвета и величине грејне површине показују да у сва три изабрана случаја постоји јака корелација између ове две променљиве. Конкретно:

- за свако повећање грејне површине за 1% може се очекивати повећање потрошње огревног дрвета за 0,6% у домаћинствима која користе сирово дрво за потребе грејања;
- за свако повећање грејне површине за 1% може се очекивати повећање потрошње огревног дрвета за 0,5% у домаћинствима која користе просушено дрво за потребе грејања,
- за свако повећање грејне површине за 1 m² може се очекивати повећање потрошње огревног дрвета за 0,107 m³ у домаћинствима која користе суво дрво за потребе грејања.

Добијене вредности просечне потрошње дрвне енергије по m² грејне површине су између 2,3 и 2,5 пута веће у односу на референтне вредности потрошње енергије које се сматрају релативно задовољавајућом са становишта енергетске ефикасности. То значи да постоји јак утицај и других фактора на овако високу вредност потрошње дрвне енергије, а међу њима се посебно истичу доминантно учешће објеката који немају термоизолацију као и високо учешће ложних индивидуалних уређаја старости преко десет година. Када се томе додају и навике домаћинства у смислу неправилног ложења ватре као и велики број објеката који на прозорима немају термоизолациона стакла онда се и не могу очекивати бољи резултати у потрошњи и ефикасности коришћења огревног дрвета.

Резултати спроведених истраживања су потврдили опште познату чињеницу да је потрошња огревног дрвета, а тиме и дрвне енергије у домаћинствима мања уколико се за потребе грејања користи суво уместо сировог дрвета. У конкретном случају просечна потрошња сувог дрвета у односу на просечну потрошњу сировог дрвета по m² грејне површине, у изабраним домаћинствима, је мања за 14,6%.

На бази изнетих резултата истраживања, и с тим у вези изведених закључака, постоји потреба доношења одговарајућих мера како од стране локалних самоуправа тако и на нивоу ресорних министарстава како би се стање у погледу ниског нивоа ефикасности коришћења огревног дрвета у домаћинствима унапредило. Неке од најважнијих мера су едукација домаћинства о томе како ефикасно користити огревно дрво, финансијски подстицаји домаћинствима за повећање броја објеката са термоизолацијом, подстицаји за замену старих прозора и врата као и за замену старих неефикасних са новим ефикасним ложним уређајима. Све наведене мере су одавно познате и у мањој или већој мери се већ дужи низ година спроводе у земљама Европске уније. Када је у питању Србија, са изузетком неколико локалних самоуправа које су до сада реализовале мере подстицаја мањег

броја домаћинстава за замену прозора и врата, термоизолацију и замену ложних уређаја, озбиљнијих програма намењених домаћинствима у овој области није било.

Напомена: Истраживање је допринос реализацији пројекта „Истраживања климатских промена и њиховој утицаја на животној средини - праћење утицаја, адаптација и ублажавање“ (ев. бр. 43007), финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

ЛИТЕРАТУРА

- Dzian, M., Paluš, H., Parobek, J., Šupín, M. (2018). Factors affecting the supply of energy wood in Slovakia. Proceedings of the WoodEMA 2018. International scientific conference "INCREASING THE USE OF WOOD IN THE GLOBAL BIO-ECONOMY", University of Belgrade Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia, p. 347-354, available at: <http://www.woodema.org/publications.html> (pristupljeno 09.10.2018)
- Glavonjić, B., Ziem-Milojević, S., Panchakcharam, Y. (2017): Efficient firewood utilization in households, GIZ DKTI Programme "Development of a sustainable bioenergy market in Serbia", Belgrade, Serbia, available at: <http://www.bioenergy-serbia.rs/index.php/sr/publikacije> (pristupljeno 12.10.2018)
- Gluk, P. et. al. (2011): Private forest owners in the Western Balkans - Ready for the formation of interest associations. Joensuu: European Forest Institute, from: http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_rr_25_2011.pdf
- Harry, H., Götz Uckert, Reif, C., Müller, K., Sieber, S. (2015): Traditional biomass energy consumption and the potential introduction of firewood efficient stoves: insights from western Tanzania, Regional Environmental Change, Volume 15, Issue 7, pp. 1191-1201
- Фургула М., Данон Г., Бајић В. (2009): Могућност замене фосилних горива дрвном биомасом у туристичком центру на Копаонику, Прерада дрвета бр. 25, стр.31-34
- Ištvančić, J., Radmanović, K., Lemo, O., Antonović, A. (2018): Change in mass, volume and density of common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in short sawn and splitted firewood due to air drying, Proceedings of the WoodEMA 2018., International scientific conference "INCREASING THE USE OF WOOD IN THE GLOBAL BIO-ECONOMY", University of Belgrade-Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia, p 380-388, available at: <http://www.woodema.org/publications.html> (pristupljeno 14.10.2018)
- Јовичић, М. (1981): Економетријски методи, Савремена администрација, Београд
- Недељковић, Ј., Нонић, Д., Ранковић, Н., Станишић, М. (2018): Регулаторни оквири за прилагођавање климатским променама и њихово ублажавање у шумарству и повезаним секторима. Шумарство бр. 1-2. УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет. Београд. стр.181-208.
- Ранковић, Н. (1996): Економика шумарства, Универзитет у Београду Шумарски факултет. Београд.
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зрага, Службени гласник РС, 61/2011*

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF FIREWOOD CONSUMPTION
BY THE HOUSEHOLDS IN VLADIČIN HAN BY APPLYING
THE METHODS OF ECONOMETRIC MODELLING

*Branko Glavonjić
Aleksandra Lazarević*

Summary

This paper deals with the effects of the heated surface area on the consumption of firewood in the households of the municipality of Vladičin Han. The municipality of Vladičin Han was selected for the research due to the fact that it is one of the most forested municipalities in Serbia and almost 95% of its households use solid fuels as firewood. The appropriate methodological concept with scientific research methods and techniques was defined for the purposes of the research. The main research technique was in the form of a survey for the purpose of which an appropriate sample of urban and rural households was defined. After the survey had been conducted, a logical check of the collected data was performed. The next step in the selected methodological concept was to classify the households into three groups: households using wet wood, households using air dried wood and households using dry wood for heating purposes. For each of the three groups, the econometric modelling of the effects of the heated surface area on firewood consumption was carried out using 'STATISTICA' V.7.0 software package. This modelling determined the functional dependence of firewood consumption on the size of the heated surface area. Regarding the households that use wet wood for heating purposes, the coefficient of correlation in the regression model is $R = 0.859$, and the coefficient of determination $R^2 = 0.738$. In this model, the significance of the coefficient of correlation points to a strong impact of the heated surface area on the consumption of firewood. On the other hand, the coefficient of determination shows that 73.8% of the variation in the consumption of firewood in the households that use wet wood for heating is explained by this model. The functional dependence obtained by the model shows that if the heated surface area increases by 1%, the consumption of firewood can be expected to increase by 0.6%. The consumption of wood in the households that use wet wood for heating is 348.3 kWh/m², which is 2.5 times higher than the reference value of 138 kWh/m². Wood energy consumption in the households that use green wood is strongly affected by the characteristics of the buildings in which these households are located, above all by the high participation of buildings without thermal insulation. Only 14% of the households surveyed are located in the buildings with thermal insulation. Another important factor that affects the high consumption of wood energy is the age of heating devices. The research shows that more than 2/3 of the households in this group have heating devices more than 10 years old. In the households that use dried wood, the results of econometric modelling show an extremely strong relationship between the consumption of firewood and the heated surface area. The correlation coefficient is $R = 0.924$, while the coefficient of determination amounts to $R^2 = 0.854$. In addition, the coefficient of correlation is significant, while the value of the coefficient of determination shows that 85.4% of the variation in the consumption of firewood is explained by this model. The functional dependence obtained by the model shows that if the heated surface area increases by 1%, the consumption of firewood can be expected to increase by 0.5%. The average consumption of wood energy per 1m² of the heated surface area in this category of households is 333.1 kWh, which is 2.4 times higher than the reference value. The average consumption of firewood per 1m² of the heated surface area in the households that use air dried wood is 11.1% lower than in the households that use wet wood. The results of the study concerning the characteristics of the buildings and heating devices in this category of households show that 28% of the buildings have thermal insulation, and the share of heating devices more than 10 years old is slightly lower compared to the category of households that use green wood. Although the consumption of air dried wood is lower than the consumption of wet wood, it is still very high. In the households that use dry wood for heating purposes, the results of econometric modelling produced a high value of the coefficient of correlation ($R = 0.921$) as well as the coefficient of determination ($R^2 = 0.849$). In this case, the coefficient of determination shows that 84.9% of the variation

in the consumption of firewood in the households that use dry wood is explained by this model. The consumption of wood energy expressed in energy units is 326.3 kWh/m², which is 2.3 times higher than the reference value. As with the previous two groups, a very small percentage (less than 30%) of the buildings in which the surveyed households are located have thermal insulation. Furthermore, the heating devices are very old, which has negative effects on the consumption of firewood. The general assessment of the obtained results is that the consumption of firewood in all the study categories of households is 2.3 to 2.5 times higher than the reference value of energy consumption for heating purposes, which is considered relatively satisfactory from the point of view of energy efficiency. This proves that there are other factors that largely contribute to such high consumption of wood energy. The results confirm that the consumption of wood and energy is lower in the households that use dry firewood for heating purposes than in the households that use wet and air dried wood. In this particular case, the average consumption of air dry wood compared to the average consumption of wet wood per m² of the heated surface area in the selected households is lower by 14.6%. The obtained results were used as a basis to draw appropriate conclusions and propose measures of improvement all with the aim of achieving a satisfactory level of efficiency.