УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ЕКОНОМСКИ ФАКУЛТЕТ

Маја И. Мркајић

ОДНОС ЕКОНОМСКОГ РАСТА И ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ: ТЕОРИЈСКО- ЕМПИРИЈСКА АНАЛИЗА СА ПОСЕБНИМ ОСВРТОМ НА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ

Докторска дисертација

Београд, 2025

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF ECONOMICS

Maja I. Mrkajić

THE RELATIONSHIP OF ECONOMIC GROWTH AND ENERGY CONSUMPTION: THEORETICAL-EMPIRICAL ANALYSIS WITH SPECIAL REFERENCE TO THE REPUBLIC OF SERBIA

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2025

Ментор:

Проф. др Дејан Молнар

Редовни професор,

Универзитет у Београду, Економски факултет

Чланови комисије:

Датум одбране докторске дисертације:_____, у Београду.

Докторску дисертацију посвећујем мајци и оцу, Стоји и Илији, у знак захвалности на свему што су учинили за мене.

Посебну захвалност дугујем проф. др Гојку Рикаловићу на највећој подршци током целокупног студирања и израде докторске дисертације. Част ми је што сам имала прилику да будем Ваш студент.

Овом приликом се захваљујем др Косовки Огњеновић, проф. др Миомиру Јакшићу, доц. др Радовану Кастратовићу и ментору проф. др Дејану Молнару на саветима и несебичној помоћи који су допринели квалитету ове доктоске дисертације.

Неизмерно сам захвална свом супругу Ђорђу и деци на разумевању и подршци током свих ових година, сестри Бојани и течи Мићи.

ОДНОС ЕКОНОМСКОГ РАСТА И ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ: ТЕОРИЈСКО- ЕМПИРИЈСКА АНАЛИЗА СА ПОСЕБНИМ ОСВРТОМ НА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ

РЕЗИМЕ

Предмет ове докторске дисертације је анализа сложених односа који постоје између потрошње енергије и економског раста у тринаест европских земаља са средњим нивоом дохотка на основу података из периода од 1990. до 2014. године. Истраживање у овој дисертацији је фокусирано на утврђивање смера узрочности поменутих променљивих. У раду су коришћене економетријске методе панела са циљем да се анализира комплексан однос између привредног раста, потрошње енергије, капитала и удела радне снаге у укупној популацији, узимајући у обзир хетерогеност, упоредну зависност података и нестационарност. Основни циљ дисертације је емпиријско испитивање утицаја енергетске потрошње на економски раст, имајући у виду да у научним круговима не постоји јединствен став о том питању.

Резулати прве хипотезе, која је доказана, указују на то да енергетска потрошња у земљама са средњим нивоом дохотка (које су предмет наше анализе) има умерено позитиван, а статистички значајан утицај на раст бруто домаћег производа по глави становника, односно да важи хипотеза раста. Можемо закључити да ће економије које су предмет овог истраживања бити енергетски зависне у наредном периоду и да би политике засноване на ограничењу потрошње енергије могле негативно да утичу на привредни раст анализираних земаља. Даљи раст БДП-а захтеваће даље повећање нивоа потрошње енергије, те се морају обезбедити одговарајући енергетски извори за све већу потрошњу. Будући да је утврђено да потрошња енергије позитивно утиче на раст економије у целини и раст БДП-а по глави становника, доносиоци одлука могу постићи привредни раст даљим унапређењем енергетске инфраструктуре. Имајући у виду да се повећањем потрошње енергије може смањити квалитет заштите животне средине, треба размишљати и о томе да се необновљиви извори енергије замене обновљивим. Сходно томе, у енергетске политике и стратешке стубове развоја требало би уградити иницијативе које обезбеђују одрживост економског и енергетског развоја државе.

Значајна позитивна корелација постоји између логаритма бруто домаћег производа и логаритма бруто приноса на капиталне инвестиције, док је једини корелациони коефицијент који није статистички значајан логаритам удела радне снаге у укупној популацији са логаритмом потрошње енергије по глави становника. Променљива логаритма потрошње енергије са свим осталим променљивима има позитиван знак и статистички је значајна на

нивоу значајности од 5%. У доказивању треће хипотезе анализиране су каузалности БДП-а по глави становника са променљивом енергетска потрошња и бруто принос на капиталне инвестиције, односно са променљивом удео радне снаге у укупној популацији. У више посматраних европских земаља са средњим нивоом дохотка каузалности су испитиване помоћу производне функције (са променљивама: Y, K, L, E). Утврђен је цео низ каузалности, и једносмерних и двосмерних, између зависне променљиве – БДП-а по глави становника и сваке од независних променљивих.

Допринос дисертације је комплексан и двострук– огледа се у теоријској анализи улоге енергије у економској теорији, у међузависностима потрошње енергије и раста БДП по глави становника и у анализи примене метода анализе панел података у виду емпиријске анализе. Сви подаци су обезбеђени из једног извора, чиме се гарантује да су стандардизовани, па су и резултати који се на основу њих добијају поузданији.

Кључне речи: потрошња енергије, привредни раст, панел анализа, енергетика, земље Европе са средњим нивоом дохотка

Научна област: Економија

Ужа научна област: Економика енергетике

JEL класификација: C01, C50, E10, Q40, Q43

UDK број:

THEORETICAL-EMPIRICAL ANALYSIS WITH SPECIAL REFERENCE TO THE REPUBLIC OF SERBIA

ABSTRACT

The subject of the doctoral dissertation is an analysis of the complex relationships that exist between energy consumption and economic growth in thirteen European countries with a middle income level based on data relating to the period from 1990 to 2014. The focus of the dissertation is determining the direction of causality of the aforementioned variables. Using panel econometric methods, the complex relationship between economic growth, energy consumption, capital and the share of the labor force in the total population was analyzed, taking into account heterogeneity, comparative data dependence and non-stationarity. The main goal of the dissertation is an empirical examination of the impact of energy consumption on economic growth, bearing in mind that there is no unified position on this issue in the political circles.

By proving the first hypothesis, the results, indicate that in the case of middle-income countries (which are the subject of our analysis), energy consumption has a moderately positive and statistically significant impact on the growth of gross domestic product per capita, i.e. that the growth hypothesis is valid. In this regard, we can conclude that the economies that are the subject of this research are energy dependent in the following period of time and that policies based on limiting energy consumption could have a negative impact on the economic growth of the analyzed countries. Further GDP growth will require a further increase in the level of energy consumption, and appropriate energy sources must be provided for the ever-increasing consumption. Due to the positive impact of energy consumption on the growth of the economy as a whole and the growth of GDP per capita, decision makers can achieve economic growth through daily improvement of the energy infrastructure. Bearing in mind that an increase in energy consumption can lead to a decrease in the quality of environmental protection, it is necessary to think about replacing energy sources from non-renewable to renewable ones. Consequently, those initiatives that ensure the sustainability of the economic and energy development of the country should be incorporated into the energy policies and strategic pillars of development.

A significant positive correlation exists between the logarithm of the gross domestic product and the logarithm of the gross return on capital investments, while the only correlation coefficient that is not statistically significant is the logarithm of the share of labour force in the total population with the logarithm of energy consumption per capita. The variable logarithm of energy consumption with all other variables has a positive sign and is statistically significant at the 5% significance level. In the framework of the third hypothesis, the causality of GDP per capita with the variable energy consumption and gross return on capital investments, i.e. with the variable share of labour force in the total population, was analyzed. Causality was examined with the help of the production function (with variables: Y, K, L, E). A whole series of causalities, both one-way and two-way, between the dependent variable - GDP per capita and each of the independent variables was determined, in the case of several observed European middle-income countries.

The contribution of the dissertation is complex and reflected in two ways, namely in the theoretical analysis of the role of energy in economic theory, then the interdependencies of energy consumption and GDP growth per capita, as well as the analysis of the application of panel data analysis methods in the form of empirical analysis. All data is provided from one source, which guarantees that the data is standardized and in that case the results obtained based on them are more reliable.

Keywords: energy consumption, economic growth, panel analysis, energy, middle-income European countries.

Scientific field: Economics

Scientific subfield: Economics of energy

JEL classification: C01, C50, E10, Q40, Q43

UDC number:

САДРЖАЈ

УВОД 1

1. УЛОГА ЕНЕРГИЈЕ У ЕКОНОМСКОЈ ТЕОРИЈИ 5

1.1. Приступ проблему 5

1.2. Улога енергије у класичној економској мисли 6

1.3 Третман енергије у неокласичној и ендогеној теорији раста 7

1.4 Укључивање енергије у моделе привредног раста 11

2. ПРЕГЛЕД И КРИТИЧКА АНАЛИЗА ЛИТЕРАТУРЕ О ОДНОСУ ЕКОНОМСКОГ РАСТА И ЕНЕРГЕТСКЕ ПОТРОШЊЕ 14

2.1. Истраживачки проблем 14

2.2 Разматрање најзначајнијих теоријских и емпиријских радова из предметне области 16

3. ОДНОС ИЗМЕЂУ ЕКОНОМСКОГ РАСТА И ЕНЕРГЕТСКЕ ПОТРОШЊЕ 47

3.1. Опште карактеристике тог односа 47

3.2. Смер каузалности 59

3.2.1. Хипотеза неутралности (E ≠ BDP) 62

3.2.2. Хипозеза повратне спреге (E ↔ BDP) 62

3.2.3. Хипотеза очувања енергије (конзервације) (BDP → E) 63

3.2.4. Хипотеза раста (E → BDP) 63

4. ЕМПИРИЈСКО ИСТРАЖИВАЊЕ 65

4.1. Извори података и методологија 65

4.2. Процес одабира променљивих 76

4.3. Регресиона анализа панел података 90

4.3.1 Модел случајних индивидуалних ефеката 92

4.3.2 Хетероскедастичност 96

4.3.3 Аутокорелација 97

4.3.4 Модел фиксних индивидуалних ефеката 98

4.3.5 Хаусманов тест 101

4.3.6 Методе провере робусности резултата 102

4.3.7 Тест јединичних корена 103

4.3.8 Анализа корелација између потрошње енергије и економског раста 108

4.4. Коинтеграциона анализа ... 111
4.4.1 Као тест коинтеграције ... 113
4.4.2 Pedroni тест коинтеграције ... 115
4.4.3 Westerlund тест коинтеграције (прве генерације) ... 117
4.4.4 Тестирање истраживачких хипотеза ... 120
4.5. Сумирање резултата тестираних истраживачких хипотеза ... 142
4.6. Теоријске и практичне импликације спроведене анализе ... 147
4.7. Смернице за будућа истраживања ... 150
ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА ... 153
ЛИТЕРАТУРА ... 158
БИОГРАФИЈА АУТОРА ... 188
Изјава о ауторству ... 189
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада ... 190
Изјава о коришћењу ... 191

УВОД

Енергија представља тачку ослонца светске економије и њеног развоја. Кључно питање економског аспекта енергетике је однос енергетске потрошње и економског раста, имајући у виду његов значај за дефинисање адекватне енергетске и развојне политике.

Проучавањем односа економског раста и потрошње енергије бавио се значајан број аутора, који су у својим истраживањима дошли до различитих резултата. Иако у литератури не постоји јединствен став о природи узрочности између потрошње енергије и економског раста, за сваку државу је важно да истражи тај однос како би обезбедила стабилан економски развој и предвидела утицај тог односа на економску политику. Тема дисертације привлачи пажњу бројних истраживача због њеног значаја и актуелности. То је истраживачка област у којој постоји велики простор за истраживање, с обзиром на то да су заштита животне средине, енергетска безбедност и енергетска ефикасност приоритетна питања међународних скупова и форума.

Прво истраживање о тој теми спровели су 1978. године Kraft и Kraft, који су испитивали однос између употребе енергије и економског раста на примеру Сједињених Америчких Држава од 1947. до 1974. године. Резултати њиховог истраживања су показали да бруто национални производ (БНП) узрокује потрошњу енергије. Иако су од првог рада из те области прошле деценије, постигнуто је мало сагласности, имајући у виду да је временом то истраживачко поље обухватало додатне променљиве и нове методе и да је анализиран све већи број земаља. И поред мноштва постојеће литературе о том односу, многа питања су још увек нерешена. У том контексту, треба имати на уму досадашње постигнуте резултате, правце истраживања и обиље методологија, али и водити рачуна о постојећим ограничењима и другим релевантним областима истраживања.

Предмет докторске дисертације је анализа сложених односа који постоје између потрошње енергије и економског раста имајући у виду да је разумевање овог односа веома важно будући да има снажан утицај на формулисање економских и енергетских политика те политика заштите животне средине. Дисертација је фокусирана на то да се утврди смер узрочности поменутих променљивих.

Основни циљ дисертације је емпиријско испитивање утицаја енергетске потрошње на економски раст. У научним круговима не постоји јединствен став о утицају потрошње енергије на привредни раст, а заступљеност наше земље у емпиријским истраживањима изузетно је мала, па се аутор определио да истражи тај однос применом панел методе у мултиваријантном оквиру и да се у групи истраживаних земаља нађе и Република Србија.

У дисертацији ће се на узорку од тринаест земаља Европе са средњим нивоом дохотка (Албанија, Белорусија, Босна и Херцеговина, Бугарска, Румунија, Русија, Северна Македонија, Србија, Украјина, Хрватска, Мађарска, Пољска, Турска) у периоду од 1990. до 2014. године, уз примену економетријских метода панела, проучавати сложен однос који постоји између економског раста и енергетске потрошње. У ту сврху формулисано је пет хипотеза, које ће бити научно потврђене или одбачене:

Хипотеза 1. У земљама са средњим нивоом дохотка, енергетска потрошња има умерено позитиван, а статистички значајан утицај на раст БДП-а по глави становника. Доказ да између две променљиве постоји повезаност јесу високи коефицијенти корелације и њихова значајност. Утврђивање постојања, а потом и каузалности односа између две променљиве суштински је важно за формулисање ефективне економске и енергетске политике.

Хипотеза 2. Могуће је утврдити једносмерну каузалност између енергетске потрошње и економског раста у већим националним економијама које су предмет наше анализе те двосмерну каузалност у случају мањих националних економија анализираних земаља. Зависно од одабира независних променљивих мења се смер каузалности између посматраних променљивих, који одређујемо применом Грејнџер теста каузалности. Да бисмо диференцирали скуп земаља већих националних економија од скупа земаља мањих националних економија, дефинисали смо помоћну променљиву „просечна вредност БДП-а“ на нивоу сваке земље у последњој години посматрања (2014).

Хипотеза 3. БДП по глави становника једне земље могуће је посматрати као производ каузалности у већој мери са енергетском потрошњом и капиталом (у смислу бруто инвестиција у основна средства) (двосмерна каузалност), односно са уделом радне снаге у укупној популацији у мањој мери (једносмерна каузалност).

Имајући у виду да однос између потрошње енергије и економског раста треба да буде различит у две земље са различитим степеном економског развоја (у складу са наводима релевантне литературе) последње две хипотезе форулисане су на следећи начин:

Хипотеза 4. У земљама из узорка које остварују већи економски раст енергетска потрошња утиче на раст БДП-а по глави становника.

Хипотеза 5. У земљама из узорка које остварају мањи економски раст енергетска потрошња не утиче на раст БДП-а по глави становника.

Да бисмо уочили законитости на нивоу појединачних земаља, примењена је панел метода потпуно модификованих најмањих квадрата (FMOLS регресија). Ради класификације земаља у панелу на оне које остварују већи економски раст и оне које

остварују мањи економски раст уведена је променљива „просечан раст БДП-а по глави становника у периоду 1990–2014.“ за сваку анализирану земљу.

Посебан допринос дисертације је то што су утврђене законитости на нивоу групе земаља са средњим нивоом дохотка, али и за поједине земље, на основу којих је могуће доносити конкретне политичко-економске одлуке које ће произвести економске користи, као што је раст кључних индикатора економског благостања.

Методолошки допринос дисертације је у примени различитих модерних економетријских метода анализе панел података приликом тестирања хипотеза (раста, неутралности, повратне спреге, конзервације) и поређење резултата до којих се дошло применом различитих метода. Избор метода је извршен на основу резултата више тестова испуњености претпоставки разматраних економетријских модела, са циљем да се изаберу оне методе које дају најпоузданије резултате.

Коначно, допринос дисертације анализираној теми може се сагледати и у анализи потрошње енергије и БДП-а по глави становника, која је настала разматрањем бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника и удела радне снаге у укупној популацији у дугом року.

Практични доприноси дисертације се огледају у два кључна сегмента – испитивању каузалности између потрошње енергије и економског раста у одређеним земљама од интереса и разматрању енергетских политика и последица спровођења те политике, која последично може угрозити путању економског раста државе.

Структуру дисертације, осим увода, чине четири поглавља, закључна разматрања, списак коришћене литературе, прилози и биографија аутора. У првом поглављу, под називом „Улога енергије у економској теорији“, детерминисана је улога енергије с аспекта економске теорије. Пажња је посебно усмерена на анализу улоге енергије у класичној економској мисли и односе неокласичне и ендогене теорије раста према енергији. Имајући у виду да су модели засновани на емпиријски утврђеним економским правилностима, они нам у великој мери помажу да креирамо економске политике и тумачимо економске догађаје. У овом поглављу су дата одговарајућа разјашњења разлога због којих је енергија укључена у модел раста, будући да се енергија релативно скоро нашла у групи основних покретача економског раста.

У другом поглављу, под називом „Преглед и критичка анализа литературе о односу економског раста и енергетске потрошње“, указано је на истраживачки проблем и дат је преглед најзначајнијих радова (и теоријских и емпиријских) који су се бавили проблемом односа економског раста и енергетске потрошње. Како би се указало на различите резултате и варијације које постоје у радовима, постојећа емпиријска литература је критички анализирана и систематизована.

Треће поглавље, под називом „Однос између економског раста и енергетске потрошње“, бави се општим каракеристикама односа између енергетске потрошње и економског раста у земљама са средњим нивоом дохотка. За сваку државу је суштински важно да установи какав је тај однос како би могла да дизајнира ефикасну енергетску, развојну и економску политику. Повезаност између економског раста и потрошње енергије је потребан, али не и довољан услов њихове каузалности. Показало се да су досадашња истраживања (чији је циљ био да утврде постојање каузалности поменутог односа) конфликтна и да воде различитим закључцима, али их је могуће груписати у четири групе, зависно од доказане хипотезе (неутралност, повратна спрега, штедња енергије и раст). Аутор је објаснио потенцијалне импликације таквих теденција, првенствено по одабир адекватних (структурних) политика земаља у развоју.

У четвртом делу дисертације, под називом „Емпиријско истраживање“, анализирани су подаци и дескриптивне статистике променљивих из анализе, спроведено је емпиријско тестирање постављених хипотеза и приказани су резултати емпиријског истраживања утицаја енергетске потрошње на економски раст на макроекономском нивоу изабраних земаља са средњим нивоом дохотка. Подаци су анализирани применом метода економетрије панела и коинтеграционе анализе. На крају тог поглавља су дефинисане основне смернице за даља истраживања у предметној области и препоруке за вођење енергетске и економске политике.

У Закључним разматрањима су детаљније објашњени резултати и налази до којих је аутор дошао свеобухватном анализом и представљене су њихове практичне и теоријске импликације. У том делу је указано на ограничења спроведеног истраживања те на могуће будуће правце истраживања у овој области.

1. УЛОГА ЕНЕРГИЈЕ У ЕКОНОМСКОЈ ТЕОРИЈИ

1.1. Приступ проблему

Енергија спада у кључне чиниоце економског раста и представља тачку ослонца светске привреде и њеног развоја. Упркос томе, током историје развоја економске мисли енергији није дата изричита важност већ је посматрана као интермедијарно добро и њена улога је потцењена. Исто то се може закључити и посматрањем модела привредног раста за који је Солоу (Robert Solow) чак добио Нобелову награду, у којем није узета у обзир променљива која се односи на енергију. Тај модел је накнадно проширен обновљивим и необновљивим ресурсима, али упркос томе није нашао примену у макроекономији.

Још од времена класичне економске мисли, главним изворима економског раста сматрани су земља, рад и капитал. Енергија је индиректно укључена у привредну активност, посредством земље као кључног фактора производње. За разлику од класичне економске мисли, у неокласичној економској теорији енергија се потпуно занемарује и чак се ни имплицитно не укључује у макроекономски оквир те теорије. И третман земље је другачији, имајући у виду да неокласична економија земљу класификује као део капитала који тек деловањем рада и капитала постаје продуктиван. Економски раст се приписује технолошком напретку и знању, док се расположива количина енергије одређене економије ендогено одређује и под утицајем је биофизичких и економских ограничења.

Факторима раста (земљиште, рад, капитал, организација, технологија, знање) потребна је покретачка снага за сваки процес економске активности како би резултирали растом домаћег производа. А та покретачка снага је управо енергија. Процес производње (и економски раст као крајњи резултат) подразумева трансформацију материје из једног облика у други (претварање сировина у финални производ) и за ту трансформацију је потребна енергија (Cleveland *и остали,* 1996).

Управо због класификације енергије као интермедијарног инпута, чиме је прекинута свака веза између привреде и природних ресурса, неокласична економија је доживела бројне критике разних економских школа и праваца (институционална економија, развојне теорије, еволуциона економија, еколошка економија). Међу критичарима су најгласнији припадници еколошке економије, који истичу да је неопходно водити више рачуна о физичкој димензији производње у теоријама раста, односно о улози енергије у производњи и привредном расту.

Као последица свега реченог, фокус је преусмерен на енергију и она је стављена у центар привредне активности, имајући у виду да је коришћење енергије важан извор привредног раста, али и покретачка снага свих економских активности (Stern, Cleveland, 2004). И остали аутори истичу да је енергија кључни фактор привредне активности, па тако

Алам (Alam, 2006) истиче да сваку економију чине енергетски токови који су усмерени ка производњи добара и услуга, док Имран и Сидики (Imran, Siddiqui, 2010) истичу да је енергија кључни извор економског раста, индустријализације и урбанизације те да привреду треба посматрати као енергетски систем који се састоји од енергетских токова и конверзија које кулминирају управо у производњи добара и услуга. Према мишљењу Котрела (Cottrell, 2009), све економске и друштвене активности су међусобно испреплетане густом енергетском мрежом, која повезује све производне и услужне делатности. Без те мреже све би се урушило јер количина расположиве енергије условљава материјални начин живота и начин организовања друштва у целини.

Као један од кључних инпута за остваривање привредне активности, енергија је и предуслов за постизање привредног раста јер омогућава континуитет и дуговечност целокупне привредне делатности. Она није само допуна стандардним (неокласичним) производним инпутима – без ње би производња била немогућа. Енергија побољшава продуктивност рада, капитала, технологије и других фактора производње, али и повећање потрошње енергије утиче на привредни раст. Изузетно је важно познавати и разумети однос између потрошње енергије и привреде да би се обезбедили стабилан економски раст и развој једне земље. Производњи енергије по значају припада исто место међу основним делатностима као и производњи хране и сировина и обезбеђивању потребних количина воде. Због тога било какво кашњење и заостајање те производње изазива недостатак енергената, што имплицира велике поремећаје и значајне губитке у производњи, те представља ограничавајући фактор привредног раста и развоја земље.

1.2. Улога енергије у класичној економској мисли

Представници класичне економске теорије сматрали су да је улога земље кључна за економски раст, иако енергији као фактору производње нису директно дали значај већ индиректно, користећи за земљу специфичне термине (плодност природе, продуктивност и неуништива снага тла, чудесна хемијска радионица мешаних материјала и елемената). Фредерик Бастија је још од давнина индиректно укључио енергију у економску активност наводећи различите облике енергије (попут светлости, топлоте, ветра, гравитације) који подстичу пољопривредну производњу (Jakovac, Vlahinić Lenz, 2015).

У класичној економској теорији економија се дефинише као делатност сачињена од два сектора (пољопривреда и производња) и три фактора производње (рад, капитал и земља). Сектор пољопривреде, уз рад и капитал, користи и земљу као фактор производње. Наиме, како наводи Џон Лок (John Locke), присвајање земље радом (након чега се природа трансформише у нешто што има вредност) утиче на увећање заједничке имовине

човечанства јер се на једном јутру обрађене земље производњом добије чак десет пута више залиха него од јутра богате али необрађене земље (Rifkin, 2002). Пољопривреда је била једина економска активност која је генерисала вишак већи од употребљених ресурса (труда и трошка уложеног у обраду земље). Међутим, златно доба у којем је пољопривреда била у првом плану није могло трајати вечно већ само до оног тренутка док је земља била доступна свима бесплатно и када се становништво несметано ширило на све веће површине земље. Упоредо са растом становништва расла је и производња, док су реалне плате биле константне током времена, а нису постојале ренте ни камата на капитал. Међутим, како је растао број становника, земља је постајала све теснија, земљиште је већ било обрађено и тако је земља постала ретко добро, услед чега се појавила рента како би се коришћење земљишта рационализовало (Samuelson, Nordhaus, 2009).

Растом броја становника појавила се потреба обрађивања другоразредног земљишта јер земљиште није неограничено нити је истог квалитета, док се за земљишта прве класе појавила рента (чија је висина зависила од разлике у квалитету земљишта). Последично, да су сва земљишта неограничено доступна и да имају иста својства (исти квалитет), рента, односно накнада за експлоатацију земљишта не би се могла наплаћивати, како је истицао Давид Рикардо (David Ricardo).

Класична економска теорија је претпостављала да је земљиште доступно у фиксним количинама, а понекад и променљивог квалитета. Свако повећање пољопривредне производње подразумевало је већи аутпут, али је због ограничене количине земљишта била неопходна интензивнија употреба постојећег, односно земљишта слабијег квалитета (Wrigley, 2010).

1.3 Третман енергије у неокласичној и ендогеној теорији раста

У неокласичној економској мисли под примарним факторима производње подразумевају се капитал и рад (који су трансформатори енергије), док енергија није укључена у макроекономски оквир. Будући да земља постаје продуктивна деловањем рада и капитала, у тој теорији земљиште се класификује као капитално добро, чиме се енергија искључује из економског система и прекида веза између економије и природних ресурса (Alam, 2006). У прилог томе се истиче и чињеница да је значај енергије миноран и да нема експлицитну улогу. Енергија се третира као сировина, односно горива и сировине су интермедијарни фактори (у потпуности се користе у производњи, за разлику од примарних који постоје на почетку посматраног периода и не троше се непосредно у производњи). Заправо капитал и рад су посредници у експлоатацији и превођењу енергетских ресурса ка производњи добара и услуга и њиховој потрошњи. За остваривање економског раста неопходно је стабилно снабдевање енергијом, што је резултат технолошког напретка и повећања капиталне опремљености рада. Технолошки напредак је егзогени фактор у

Соловљевом моделу који дефинише привреду као затворен систем у којем се економски раст остварује већим количинама и/или квалитетом уложених инпута или технолошким напретком (Ockwell, 2008). Такође, занимљив је и поглед (Madlener, Alcott, 2009) да потрошња енергије и других енергетских ресурса и деградација животне средине не представљају препреку економском расту јер, према неокласичној теорији економског раста, енергетска ефикасност је део технолошког напретка.

У складу са наводима Stern и Cleveland (2004) постоје *три главне категорије* неокласичних модела раста. *Прва су технолошке промене*, о којима је управо било речи, које су једино средство којим се може постићи раст (Aghion, Howitt, 1998; Solow, 1956; Stern, Cleveland, 2004). Главна карактеристика је раст економије све до достизања равнотежног нивоа, након којег више није могуће остварити принос на капитал, односно могуће је само побољшањем технологије.

Соловљев модел економског раста, који је, како смо рекли, добио Нобелову награду, не укључује у свој оквир енергију и енергетске ресурсе, односно природни капитал (природни капитал се састоји од обновљивих и необновљивих природних ресурса, као што су вода, фосилна горива и примарна биолошка продуктивност). Пошто енергетски ресурси нису укључени у тај модел, у неокласичној теорији раста се претпоставља да је могуће ефикасно раздвојити економски раст од потражње за енергетским ресурсима и услугама животне средине, односно да су производни фактори међусобно независни (промена количине једног фактора независна је од промене количине других фактора). У том моделу производни фактори су сматрани готово савршеним супститутима (Cleveland *и остали*, 1996).

Друга категорија се фокусира на потрошњу природног капитала у одређивању одрживог економског раста. Некада је тај модел био проширен и обухватао је обновљиве и необновљиве изворе енергије. Због претпоставке да је у техничком смислу могуће извршити замену природног капитала физичким, у проширеном моделу се постизање одрживог привредног раста заснива на институционалном окружењу које омогућава ту супституцију (укључујући имовинска права и структуру тржишта) како би се осигурало да се сваки исцрпљени природни капитал замени одговарајућом вредношћу физичког капитала. Важно је истаћи да проширени неокласични модел привредног раста није заживео и да је своју примену нашао само у дискусијама о одрживости и заштити животне средине (Ockwell, 2008). Тај модел је допринос енергије посматрао као релативан удео трошкова енергије у производњи.

Коначна (трећа) категорија модела раста разматра *и природне ресурсе (капитал) и технолошке промене као детерминанте раста*. Осим супституције између физичког и природног капитала, додатно средство за постизање одрживог раста је технологија која побољшава производњу по јединици природног или вештачког (физичког) капитала и рада (Stern, Cleveland, 2004).

Заговорници неокласичне економске теорије су сматрали да се у привредама које су прешле из прединдустријске у индустријску фазу неће јавити мањак енергетских ресурса (природног капитала) јер ће услед раста цене ресурса доћи до њихове ефикасније потрошње, али ће и раст цена ресурса подстаћи иновације које ће омогућити адекватну супституцију природног капитала. Међутим, стварност је другачија од овог погрешног тумачења. Услед развоја и примене енергетски ефикасних технологија јавља се ефикаснија потрошња енергетских ресурса, а крајњи исход су прекомерна потрошња обновљивих извора енергије и већа потрошња необновљивих извора енергије. У питању је тзв. ефекат одбијања или одскочни ефекат (енгл. *rebound effect*), познатији у литератури као Џевонсов парадокс (или Џевонсов ефекат), који је заснован на идеји да се повећањем енергетске ефикасности може повећати потрошња енергије. Енглески економиста Џевонс (William Stanley Jevons) тврдио је да технолошки напредак није гаранција мање потрошње енергије, иако је преовладавало опречно мишљење. Он је још давне 1865. године приметио да технолошка побољшања којима се повећава ефикасност коришћења угља омогућавају повећање потрошње угља на нивоу целокупног индустријског сектора. Тако имамо ситуацију да развијене земље, иако су енергетски ефикасније, троше више енергије што су развијеније због раста личних и јавних стандарда и појаве нових уређаја који троше енергију (Alcott, 2005). Постоји школа мишљења која тврди да ће ефекат било каквог побољшања енергетске ефикасности бити нето повећање укупне потрошње енергије (Brookes, 1990; Inhaber, Saunders, 1994). Ефекти одбијања могу бити директни, индиректни или на нивоу целокупне привреде.

Да би иновације (подстакнуте растом цена ресурса) довеле до супституције природног капитала, потребно је време, док је сама еластичност супституције енергије, односно природног и физичког капитала ниска, према Стерновим тврдњама (Stern, 2010). Ако се не пронађе адекватна замена за фосилна горива или се то не учини правовремено, последица може бити крах целокупног система, имајући у виду да су индустријска друштва потпуно зависна од континуираног рада сопствене инфраструктуре.

Основни недостатак неокласичне економске теорије јесте њена тврдња да ће се путем механизма цена и иновационог капацитета одређивати динамика преласка са фосилних горива на одговарајуће супституте. Тачније, на брзину преласка на супституте утицаће висина цене енергије. Према мишљењу неокласичара, иновације ће се појавити онда када се за то укаже потреба, односно довољно рано како би се избегао дугорочни застој у раду целокупне инфраструктуре (Cleveland, Constanza, Stern, 2000; Hall, Klitgaard, 2006).

Неокласична економија није могла да избегне критике на рачун поменутих ставова. Како истичу Toman и Jemelkova (2003), у највећем делу литературе се сугерише да (већи) економски раст утиче на (већу) потрошњу енергије, те да је економски раст главни фактор потражње за енергијом. Такође, они наводе да се потрошња енергије може смањити без успоравања привредног раста само у напредним економијама које имају висок ниво

иновационог капацитета. Према мишљењу тих аутора, основни недостатак неокласичне економске теорије јесте у томе што маргинализује улогу енергије и енергетских ресурса.

Ендогена теорија раста је настала као резултат незадовољства групе теоретичара извештајима о егзогеним факторима који утичу на дугорочан раст. Тада је дошло до замене необјашњивог технолошког напретка (егзогене варијабле раста) моделом у којем су кључне одреднице раста биле експлицитне у моделу, при чему је пажња формално усмерена на енергетске ресурсе и њихов утицај на економски раст (Madlener, Alcott, 2006).

У теоријама ендогеног раста није узета у обзир чињеница да су за дугорочан привредни раст неопходне ендогене технолошке промене. Када говоримо о технологији енергетског сектора, приметно је да не постоји таква технологија која би могла бити прави одговор на енергетску кризу с обзиром на то да технологије које стварају гасове са ефектом стаклене баште не сносе трошкове за нанету штету животној околини. Због тога све већи значај добијају мере енергетске политике (ограничење емисије гасова са ефектом стаклене баште, увођење еколошких такси, коришћење обновљивих извора енергије) којима се таква ситуација може поправити.

Модел који укључује обновљиве и необновљиве изворе енергије, као и трошкове експлоатације фосилних горива и трошкове производње обновљивих извора енергије развили су Tahvonen и Salo (2001). Они су пошли од претпоставке да знање о експлоатацији расте пропорционално са повећањем експлоатације и да је знање у процесу финалне производње пропорционално величини капитала. Њихов модел описује процес економског раста једне привреде кроз прединдустријску, индустријску и постиндустријску фазу њеног развоја. На почетку развоја привреду карактерише повећана употреба фосилних горива, затим следи пад њихове употребе и на крају прелазак на обновљиве изворе енергије током постиндустријског развоја.

Да употреба енергије утиче позитивно на економски раст, без обзира на повремена смањења употребе енергије, истицали су у свом ендогеном моделу раста Smulders и de Nooij (2003). Дал (Dahl, 2012) истиче да развијеност технологије утиче на употребу енергије, док количина расположивог инвестиционог капитала утиче на пораст потрошње и економски раст, а технолошке промене на расположивост енергената и њихову цену. Модел који обухвата трошкове експлоатације необновљивих извора енергије развили су Andre и Smulders (2004), који су закључили да смањење трошкова експлоатације и пореза на енергију (у случају фосилних горива са циљем смањења емисија CO_2 и других гасова са ефектом стаклене баште) повећава потрошњу енергије и смањује релативни удео трошкова енергије у БДП-у. Ayres и van den Bergh (2005) су у модел економског раста укључили енергетске ресурсе. Они су закључили да, за одржавање релативно високих стопа раста, коришћење енергетских ресурса мора расти линеарно са дохотком и да су најважнији инструменти за одржавање економског раста улагања у истраживање и развој, регулисање експлоатације и коришћење мера којима се повећава енергетска ефикасност.

1.4 Укључивање енергије у моделе привредног раста

Жестока критика на рачун неокласичне теорије раста уследила је управо због њених ограничења. Представници еколошке економије имају потпуно другачији поглед на сам економски процес од неокласичара. Они сматрају да се неокласичари не баве у довољној мери питањем техничког ограничења раста ни ограничењем супституције. У случају када су ти процеси ограничени, недостатак ресурса и њихов утицај на животну средину могу да ограниче раст.

Чињеница је да било која врста производње подразумева кретање материје или њену трансформацију. Економски процеси подразумевају и захтевају употребу енергије, имајући у виду чињеницу да иако одређени елементи могу бити заменљиви, део материје се мора трансформисати. Да би се та трансформација догодила, у складу са другим законом термодинамике, неопходна је одређена (макар минимална) количина енергије. Све то показује да је најважнији фактор производње управо енергија, како истиче Стерн. С тим у вези неопходно је да постоје одређена ограничења приликом супституције енергије осталим факторима производње. Разликујемо супституцију у категорији сличних производних инпута (различита горива), између различитих категорија инпута (енергија и машина), али и супституцију на микронивоу (у једној фирми) или на макронивоу (у привреди у целини), уз напомену да неке врсте супституције које су могуће у једној земљи, нису могуће и глобално. Роберт Солов истиче да је посебно важна супституција обновљивих за необновљиве ресурсе, док еколошки економисти наглашавају важност ограничења у типу супституције између различитих категорија, посебно супституције између произведеног капитала и енергије. Навешћемо најважније аргументе за ограниченост супституције у случају енергије.

Термодинамичка ограничења. Та врста ограничења се може лако утврдити за појединачне процесе помоћу анализе којом се дефинишу основна ограничења трансформације материјала у различита термодинамичка стања и употреба енергије за постизање те трансформације (Ruth, 1993). Такве анализе материјала и енергије су показале где технолошка побољшања имају опадајуће поврате услед термодинамичких ограничења, али и где постоји значајан простор за побољшања у ефикасности употребе енергије и материјала. То је случај када је топлотна ефикасност електрана релативно константна већ годинама услед приближавања термодинамичкој граници. Производне функције могу узети у обзир термодинамичка ограничења уз такозвани „услов суштинске важности“. Ако је еластичност замене већа од један, енергија је, условно речено, „небитна“. Уколико је еластичност замене мања или једнака јединици, енергија је „есенцијална“.

Материјални узрок и ефикасан узрок. Модел тока фондова који је дао Georgescu-Roegen (1976) описује производњу као процес трансформације у којем ток материјала, енергије и информација (тзв. материјални узрок) трансформишу два „агента“

трансформације, људски рад и произведени капитал (тзв. ефикасан узрок). Проток енергије, материјала и услуга из природног капитала је оно што се трансформише, док произведени капитал утиче на трансформацију. И у вези са тим неокласичари и еколошки економисти имају опречна мишљења. Неки еколошки економисти износе аргумент о материјалној равнотежи наводећи пример да се повећавањем залиха у фабрикама целулозе не постиже повећања пулпе (Daly, 1991). Неокласичари имају другачији став – да се у енергетским индустријама помоћу више капитала може извући више нафте из резервоара нафте, уз напомену да се термодинамичка ограничења односе само на производњу физичког производа, односно да нема ограничења потенцијалне вредности производа створеног софистицираном манипулацијом коришћењем већих количина капитала (van den Bergh, 1993).

Физичка међузависност и макроекономске и глобалне границе супституције. Изградња, рад и одржавање алата, машина и фабрика захтева проток материјала и енергије. Такође, људи који усмеравају произведени капитал троше енергију и материјале (тј. храну и воду). Другим речима, произведени капитал захтева више од онога што би требало да замени. Према наводима еколошких економиста, управо производне функције које се користе у моделима раста не узимају у обзир ту међузависност и претпостављају степен заменљивости који не постоји.

Скренућемо пажњу и на потребу разликовања микро и макро примене производних функција. Примера ради, изолација куће директно замењује гориво за грејање у сектору домаћинстава. Међутим, како изолација захтева гориво за производњу, услед међузависности, посматрано на нивоу привреде у целини, нето супституција изолације за гориво мања је од оне на коју указује анализа сектора домаћинстава изоловано од остатка привреде. Другим речима, потенцијалне уштеде енергије на макроекономском нивоу мање су од збира уштеда које би се израчунале додавањем уштеда из секторских анализа које не узимају у обзир индиректне трошкове.

Промене у технологији настају када се развију нове ефикасније технике. Међутим, те нове технике заиста представљају замену знања (оличеног у побољшаним капиталним добрима и квалификованијим радницима и менаџерима) за друге факторе производње. За производњу и одржавање свима су потребни енергија, материјали и услуге екосистема, те отуда колико год радници и машине постали софистицирани, још увек постоје термодинамичка ограничења у погледу мере до које се токови енергије и материјала могу смањити. Разлика између знања и других облика капитала је у томе што се иста идеја може користити истовремено на различитим локацијама и производним процесима без икаквог смањења продуктивности знања. То значи да постоје стални приноси примене знања у производњи, за разлику од других инпута који имају све мањи принос. Међутим, знање мора бити у спрези са другим инпутима јер је гранична продуктивност знања (још увек) одређена расположивим количинама тих инпута.

Поимање улоге енергије у економском расту не може се постићи без претходног разумевања улоге енергије у производњи. Међутим, треба имати на уму да су потенцијална улога енергије и економија раста и производње знатно сложеније од самог научног схватања, имајући на уму да и разни институционални феномени утичу на ту улогу.

Кључни концепт у економији производње је обновљивост. Неки инпути за производњу су необновљиви, док се други могу произвести у економском производном систему. У обновљиве факторе производње спадају капитал, рад и природни ресурси (дугорочно посматрано), док је енергија необновљиви фактор производње. Због тога су еколошки економисти и природњаци истицали важност улоге енергије и њене расположивости у економској производњи и процесима раста. Напоменућемо да се и информације могу сматрати необновљивим инпутима. Неки аутори (између осталих, Spreng и Chen) тврде да се информацијама и њиховој акумулацији као знању мора посветити исто толико пажње колико и енергији и да је то суштински непоновљив фактор производње. Они су истакли да се енергија не може активно користити без информација и евентуално акумулираног знања, али и да је, с друге стране, енергија потребна и да би се извукле информације из околине. Међутим, за разлику од енергије, информације и знање се не могу лако квантификовати иако их радници морају поседовати и морају бити инкорпорирани у машине и материјале да би били корисни, што представља биофизичко оправдање за третирање капитала и рада као фактора производње. Капитал и рад је лакше измерити од информација и знања, али је њихово мерење ипак несавршено у поређењу са енергијом (Stern, 1999).

Други кључни концепт у економији производње је концепт примарних фактора производње и међуинпута. Примарни фактори производње су инпути који постоје на почетку посматраног периода и који се не користе директно у производњи (иако се могу деградирати и додати), док су међуинпути створени у периоду производње који се разматра и они се потпуно троше у производњи. Класичари обично мисле да су капитал, рад и земљиште примарни фактори производње, а да су добра, као што су горива и материјали, међуинпути (посредни инпути). Захваљујући том приступу, у главној економској теорији раста фокус је усмерен на примарне инпуте, посебно на капитал и рад, а мања и донекле индиректна улога дата је енергији. Стога није тако једноставно разумети улогу енергије у главној теорији раста, па се улога енергије као покретача економског раста и производње умањује. Примарни енергетски инпути су резервни ресурси као што су налазишта нафте. Због тога је количина енергије која је доступна привреди у било ком периоду ендогено одређена, иако ограничена биофизичким ограничењима (притисак у резервоарима нафте) и економским ограничењима (количина инсталираног капацитета за екстракцију, прераду и производњу, могуће брзине и ефикасности одвијања тих процеса) (Stern, 1999).

2. ПРЕГЛЕД И КРИТИЧКА АНАЛИЗА ЛИТЕРАТУРЕ О ОДНОСУ ЕКОНОМСКОГ РАСТА И ЕНЕРГЕТСКЕ ПОТРОШЊЕ

Друго поглавље је посвећено истраживачком проблему и прегледу најзначајнијих радова који су се бавили односом економског раста и енергетске потрошње. Како би се указало на постојеће резултате и варијације које постоје у радовима, биће извршена критичка анализа и системизација постојеће емпиријске литературе.

2.1. Истраживачки проблем

Енергија представља тачку ослонца светске економије и њеног развоја. Као један од кључних инпута за остваривање привредних активности, енергија представља и предуслов за постизање економског раста. Једно од кључних питања економског аспекта енергетике јесте однос између енергетске потрошње и економског раста, имајући у виду да је посебно важан за дефинисање адекватне енергетске и развојне политике. Важно је потрошњу енергије и економски раст проучавати из неколико различитих аспеката. Аутори истичу да је проучавање тог односа битно због значаја који енергија има на производњу и раст (Stern, 2011), због утицаја енергетских ценовних шокова на економију (Hamilton, 2003) и због улоге енергије у климатским променама (J. B. Ang, 2006).

Важно је истаћи и да се потрошња енергије мора посматрати у односу на економски раст и економски развој. Почетком седамдесетих година прошлог века фокус је преусмерен са економског раста на економски развој, због чињенице да положај земаља у развоју није био побољшан упркос примени економских стратегија које су биле усмерене ка постизању високих стопа економског раста. Раст економских индикатора (бруто домаћег производа или бруто националног дохотка), праћен променом у структури дохотка и структури привреде, представља економски развој. Аутори Todaro и Smith (2012) тај економски термин су дефинисали као константан економски раст. Осим индекса хуманог развоја (енгл. *Human Development Index* – HDI)[1], за мерење економског развоја користе се и холистички индикатори као што су чиста животна средина, срећа, слобода, задовољство. Новим приступом развоју, који се приписује Seersu (1969), у средиште пажње су доспели сиромаштво, доходовна неједнакост и незапосленост. Развој се више не везује искључиво за раст привреде (Devetaković, Jovanović Gavrilović, Rikalović, 2012). Међутим, тај нови приступ развоју није резултирао променама у структури светске привреде.

[1] Тај индекс води рачуна о три компоненте: бруто националном дохотку, образовном нивоу и о очекиваним рођењима према достигнутом животном стандарду једне земље.

Проучавањем односа економског раста и потрошње енергије бавио се значајан број аутора. Резултати њихових истраживања су различити, због чега у литератури не налазимо јединствен став када је у питању поменути однос. Емпиријски резултати до којих су аутори долазили у већини случајева су конфликтни, а варијабилност закључака се може приписати следећим чињеницама: коришћење различитих извора података, различита временска димензија спроведеног истраживања, примена различитих статистичких и економетријских метода, одабир различитих земаља или групе земаља приликом истраживања имајући у виду да сваку земљу карактерише различито економско, политичко и историјско наслеђе, примена различите економске и енергетске политике, разлика у расположивости ресурса и енергије, развијености државних институција и слично.

Иако бројни фактори утичу на различите емпиријске резултате приликом проучавања односа потрошње енергије и економског раста, аутори се слажу да је један од кључних примена различитих метода у истраживању.

Међутим, разлике постоје и из теоријског угла. Значај енергије у економском расту разликује се зависно од посматраног модела раста, о чему је било речи у првом поглављу дисертације. Примера ради, еколошки економисти истичу да енергија има изузетно важну улогу у свим економским активностима. За разлику од њих, заговорници неокласичног модела раста истичу споредну улогу енергије, будући да она представља само посредан инпут економских активности.

Иако у литератури не постоји јединствен став о природи узрочности између потрошње енергије и економског раста, за сваку државу је важно да проучава и дубље истражи тај однос како би се знало како ће утицати на економску политику. Требало би да влада сваке државе донесе такву енергетску политику која ће водити рачуна да се економски раст државе не угрози (у складу са тим, држава ће донети одлуку да ли треба обезбедити стабилно снабдевање субвенционисањем цене енергије или евентуално смањити потрошњу енергије). Уколико емпиријско истраживање покаже да тај однос иде према потрошњи енергије ка економском расту (једносмерна каузалност), ограничења у потрошњи енергије довела би највероватније до стагнације, успоравања или пада економског раста. Примера ради, у таквој ситуацији би увођење пореза на енергију ради смањења увозне зависности и побољшања еколошких перформанси могло да изазове контраефекат и да угрози даљи економски раст. Насупрот томе, када тај однос иде од економског раста ка потрошњи енергије или када је неутралан, у случају да држава одлучи да спроведе политику штедње енергије, то неће имати негативних последица на економски раст или ће евентуално тај негативан ефекат бити мали.

Озбиљнија истраживања у тој области појавила су се тек од краја седамдесетих година прошлог века. Прво истраживање је спроведено 1978. године када су Kraft и Kraft у свом пионирском раду испитивали однос између употребе енергије и економског раста на

примеру Сједињених Америчких Држава у периоду од 1947. до 1974. године. Ти аутори су у свом раду открили да бруто национални производ (БНП) води потрошњи енергије. Након њиховог пионирског рада, неколико аутора се бавило том темом проучавајући различите земље у различитим раздобљима. На основу детаљног прегледа литературе, може се закључити да студије које се баве односом потрошње енергије и економског раста припадају релативно новој области и да њихов број расте од почетка новог миленијума и привлачи све веће интересовање.

Предмет ове докторске дисертације је анализа сложених односа који постоје између потрошње енергије и економског раста. Тај однос је важан јер снажно утиче на формулисање економске и енергетске политике, као и политике заштите животне средине. У фокусу дисертације је утврђивање смера узрочности поменутих променљивих.

Основни циљ дисертације је емпиријско испитивање утицаја енергетске потрошње на економски раст. Имајући у виду да у научним круговима не постоји јединствен став о утицају потрошње енергије на привредни раст и да је заступљеност наше земље у емпиријским истраживањима изузетно мала, аутор се определио да истражи тај однос применом панел методе, на начин да се у групи истраживаних земаља нашла и Република Србија.

2.2 Разматрање најзначајнијих теоријских и емпиријских радова из предметне области

Теоријски однос између потрошње енергије и економског раста првобитно је истражен у раду Kraft и Kraft (1978), о којем је било речи. Након њиховог пионирског рада, догодио се пораст интересовања за проучавање узрочне везе између потрошње енергије и економског раста и појаве све већег броја аутора са опречним резултатима истраживања. У резултатима истраживања појавиле су се разлике првенствено због примене различитих економетријских метода и различитих узорака земаља у различитим временским периодима.

Упркос великом броју емпиријских студија о односу економског раста и енергетске потрошње (агрегирано посматрано), емпиријска литература је много мање посвећена односу између економског раста и рашчлањене потрошње енергије (дисагрегиране). Већина дисагрегираних енергетских студија заснована је на различитим изворима енергије као што су нуклеарна енергија, природни гас, обновљива енергија и фосилна енергија. Приметно је да се у студијама рашчлањује потрошња енергије на одређене врсте енергије, али и даље у великој мери користе агрегирану потрошњу енергије и агрегирану економску производњу. У наставку следи приказ релевантне литературе која се бави енергетском потрошњом по различитим врстама енергије.

Фосилна енергија. Најзначајнији и најчешће коришћени представници те групе енергената су нафта, угаљ и нафтни деривати. Број емпиријских радова који се баве проучавањем односа између економског раста и нафте, угља и нафтних деривата је у све већем порасту, и у погледу метода које примењује и у погледу земаља које проучава.

На узорку земаља G7[2], Destek и Okumus (2017) су испитивали однос између економског раста и потрошње нафте, угља и природног гаса за период од 1970. до 2013. године. Конкретно, када је у питању потрошња нафте, доказали су да постоји једносмерна веза (смер каузалности је од економског раста ка потрошњи нафте) у случају Италије, Јапана и Сједињених Америчких Држава. Хипотеза конзервације потврђена је само за Уједињено Краљевство, хипотеза повратне спреге за Немачку, док је хипотеза неутралости потврђена за Канаду и Француску. Посматрајући потрошњу угља, хипотеза раста је потврђена за Канаду, хипотеза конзервације за Сједињене Америчке Државе, док је за Француску, Немачку, Италију, Јапан и Уједињено Краљевство доказано да нема узрочне везе. Напослетку, посматрајући природни гас, хипотеза раста је потврђена за Италију, Јапан, Сједињене Америчке Државе и Уједињено Краљевство. Хипотеза конзервације је доказана за Немачку, а хипотеза неутралности за Канаду и Француску.

Споменућемо и истраживање односа између економског раста и потрошње угља које су спровели Jinke и остали (2008) за период 1980–2005. На узорку земаља које су проучавали[3] открили су да њихови резултати подржавају хипотезу неутралности у случају Индије, Јужноафричке Републике и Јужне Кореје, док је једносмерна узрочна веза од БДП-а ка потрошњи угља потврђена у случају Кине и Јапана. Конкретно, у те две државе потрошња угља је вођена растом БДП-а, али и предузимање одређених мера за смањење потрошње угља у те две државе може бити реализовано без утицаја на економски раст и његовог угрожавања.

Узрочну везу између потрошње угља и реалног БДП-а у периоду 1965–2005. за шест великих земаља потрошача угља[4] анализирао је аутор Wolde-Rufael (2010). Резултати истраживања упућују на постојање једносмерне узрочности (од потрошње угља ка економском расту) у Индији и Јапану, док у Кини и Јужној Кореји постоји супротна једносмерна узрочност (од економског раста ка потрошњи угља), што имплицира да мере за ублажавање штетних ефеката потрошње угља могу бити усвојене без негативног утицаја на економски раст. Двосмерна узрочна веза потврђена је у Сједињеним Америчким Државама и Јужноафричкој Републици. Свакако треба имати на уму штетне ефекте потршње угља, те

[2] Ту групу земаља чине: Канада, Француска, Немачка, Италија, Јапан, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
[3] Земље OECD-a (конкретно: Сједињене Америчке Државе, Јапан, Немачка, Јужна Кореја) и земље које нису чланице OECD-a (конкретно: Народна Република Кина, Руска Федерација, Индија и Јужнофричка Република).
[4] Кина, Индија, Јапан, Јужна Кореја, Јужнофричка Република, Сједињене Америчке Државе.

би све земље требало да контролишу њену употребу и да нађу начин да пређу на чистије и сигурније изворе енергије.

Природни гас је један од најчистијих енергената и постоји велики број радова у којима се проучава везу између економског раста и потрошње природног гаса широм света (Chang *и остали*, 2016; Dogan, 2015; Rafindadi, Ozturk, 2015). У наставку ћемо навести само неке од њих, као и импликације до којих су аутори дошли у истраживању тог односа.

Група земаља G7 често је била предмет анализе многих аутора. Kum и остали (2012) истраживали су узрочно-последичне везе између потрошње природног гаса и економског раста управо за ту групу земаља, у периоду 1970–2008. Они су дошли до закључака да је хипотеза повратне спреге потврђена у случају Француске, Сједињених Америчких Држава и Немачке. С друге стране, једносмерна узрочност потврђена је за Италију (хипотеза раста) и Уједињено Краљевство (хипотеза конзервације), док је за Јапан и Канаду потврђена хипотеза неутралности.

Емпиријско истраживање за период 1992–2005. на великом узорку земаља (панел од 67 земаља[5] у мултиваријантном оквиру) спровели су Apergis и Payne (2010b) испитујући везу између потрошње природног гаса и економског раста. Посматрајући и кратак и дуг рок, емпиријско истраживање је потврдило да између потрошње природног гаса и економског раста постоји двосмерна узрочна веза, што иде у прилог хипотези повратне спреге. Педронијев (Pedroni) тест коинтеграције потврдио је постојање дугорочне равнотежне везе између реалног БДП-а, потрошње природног гаса, реалних бруто инвестиција у фиксни капитал и радне снаге. Apergis и Payne су закључили да се примена политике очувања енергије усмерене ка смањењу потрошње природног гаса може негативно одразити на економски раст. С друге стране, смањење привредног раста услед таквих мера очувања такође могу негативно утицати на потрошњу природног гаса.

На узорку седам земаља Савета за сарадњу у заливу[6] (енгл. GCC), Ozturk и Al-Mulali (2015) оцењивали су везу између потрошње природног гаса и привредног раста у периоду 1980–2012. Применом Педронијевог теста коинтеграције потврђено је да су укупна трговина робом и услугама, укупна радна снага, бруто инвестиције у фиксни капитал и потрошња природног гаса коинтегрисани са растом БДП-а. На основу резултата закључили су да потрошња природног гаса позитивно утиче на раст БДП-а на дужи рок. Резултати Грејнџеровог (Granger) теста узрочности открили су да постоји двосмерна веза између раста

[5] Алжир, Аргентина, Јерменија, Аустралија, Аустрија, Азербејџан, Бангладеш, Белорусија, Белгија, Боливија, Бразил, Бугарска, Канада, Чиле, Кина, Данска, Еквадор, Египат, Естонија, Финска, Француска, Габон, Грузија, Немачка, Грчка, Хонг Конг, Мађарска, Индија, Индонезија, Иран, Ирска, Италија, Јапан, Јордан, Казахстан, Киргистан, Летонија, Луксембург, Малезија, Мексико, Молдавија, Мароко, Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Пакистан, Перу, Пољска, Румунија, Русија, Словенија, Јужноффричка Република, Јужна Кореја, Шпанија, Сирија, Шведска, Швајцарска, Таџикистан, Тајланд, Тринидад и Тобаго, Тунис, Турска, Украјина, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе, Узбекистан и Венецуела.

[6] Бахреин, Кувајт, Оман, Катар, Саудијска Арабија и Уједињени Арапски Емирати.

раста БДП-а и бруто инвестиција у фиксни капитал, затим између укупне трговине и раста БДП-а, бруто инвестиција у фиксни капитал и укупног рада. С друге стране, у том истраживању је потврђена једносмерна узрочност у следећим случајевима: од бруто инвестиција у фиксни капитал ка укупној трговини, од укупне трговине ка укупној радној снази и од потрошње природног гаса ка укупној трговини.

Destek (2016) је истраживао везу између природног гаса и економског раста за 26 земаља чланица OECD-а[7] у периоду 1991–2013. Грејнџеров тест узрочности доказао је да постоји једносмерна узрочност која се креће од природног гаса ка расту БДП-а у кратком року (хипотеза раста), док на дужи рок постоји двосмерна узрочна веза (хипотеза повратне спреге). Уколико се посматрају каузалне везе на нивоу појединачних држава, хипотеза раста вежи за Аустрију, Белгију, Француску, Јапан, Кореју, Нови Зеланд, Норвешку, Турску и Сједињене Америчке Државе, хипотеза повратне спреге за Финску, Италију, Пољску, Шведску, Швајцарску и Уједињено Краљевство, хипотеза конзервације за Аустралију, Канаду, Данску, Ирску, Луксембург, Холандију и Шпанију. У случају Чилеа, Немачке, Грчке и Мексика важи хипотеза неутралности (примена конзервативне политике потрошње природног гаса неће имати негативан утицај на економске активности у тим државама).

Solarin и Ozturk (2016) су проучавали однос између потрошње природног гаса и економског раста на узорку дванаест земаља чланица OPEC-а[8] у периоду 1980–2012. Резултати панела Грејнџеровог теста узрочности указују на постојање двосмерне везе између потрошње природног гаса и економског раста када се земље из узорка посматрају као целина. С друге стране, када их посматрамо појединачно, хипотеза раста је потврђена за Ирак, Кувајт, Либију, Нигерију и Саудијску Арабију, а хипотеза конзервације за Алжир, Иран, Уједињене Арапске Емирате и Венецуелу. У случају Анголе и Катара потврђена је хипотеза неутралности, док је за Еквадор потврђена хипотеза повратне спреге.

Електрична енергија се добија разним техничким поступцима претварања из примарних извора енергије и кључни је део свакодневног живота у целом свету. Постоји седам форми енергија које се могу претворити у електричну: нуклеарна, термодинамичка, хидроенергија, кинетичка, механичка, електромагнетна и хемијска (Jakšić, Ješić, 2021). Електрична енергија привлачи велику пажњу аутора и често се сусреће у литератури о енергетском расту. Ипак, приметно је да се мали број аутора опредељује за истраживање тог односа проучавањем развијених земаља, а много чешће се опредељују за земље у развоју (Acaravci, Ozturk, 2010; Bildirici *и остали,* 2012; Odhiambo, 2009; Payne, 2011; Pempetzoglou, 2012; Solarin, 2011).

[7] Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Чиле, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Ирска, Италија, Јапан, Кореја, Луксембург, Мексико, Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Пољска, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Турска, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
[8] Ирак, Кувајт, Либија, Нигерија, Саудијска Арабија, Алжир, Иран, Уједињени Арапски Емирати, Венецуела, Ангола, Катар, Еквадор.

Истраживањем узрочно-последичне везе између потрошње електричне енергије и реалног раста БДП-а бавили су се и Narayan и Prasad (2008) на узорку од тридесет земаља OECD-а[9]. Они су дошли до следећих закључака за тај узорак: потрошња електричне енергије узрокује реални раст БДП-а у Аустралији, Исланду, Италији, Словачкој, Чешкој, Кореји, Португалији и Уједињеном Краљевству. Примена политике очувања електричне енергије би се негативно одразила на стварни ниво БДП-а у тим државама. У случају Уједињеног Краљевства, Финске, Кореје, Мађарске, Холандије и Исланда имамо једносмерну узрочност од економског раста ка потрошњи електричне енергије, односно у тим државама би се шокови који негативно утичу на реални БДП негативно одразили и на потрошњу електричне енергије. За те земље је важно да осигурају одговарајући ниво снабдевања електричном енергијом како би могле да остваре пројектоване стопе економског раста.

Аутори Rodriguez-Caballeroa и Ventosa-Santaularia (2016) истраживали су узрочну везу између потрошње електричне енергије и раста БДП-а за Канаду, Сједињене Државе и седамнаест земаља Латинске Америке[10] у периоду 1971–2011. Резултати подржавају хипотезу раста за осам земаља (Боливија, Бразил, Канада, Салвадор, Хондурас, Никарагва, Панама и Парагвај) и за њих важи да би политике чији је циљ смањење потрошње електричне енергије требало спроводити са великим опрезом. Хипотеза конзервације (очувања енергије) потврђена је за Колумбију, Сједињене Америчке Државе и Мексико. Имајући у виду да за Аргентину, Венецуелу и Гватемалу није доказана дугорочна веза између електричне енергије и економског раста, треба примењивати исте препоруке као у случају хипотезе конзервације, наравно уз опрез будући да је до таквих резултата могло доћи услед недостатка доказа о постојању везе услед неких других фактора. Хипотеза повратне спреге није доказана ни у једној земљи на коју се односи истраживање.

Такође, скренућемо пажњу и на истраживање које је спровео Wolde-Rufael (2014), истражујући каузалност између потрошње електричне енергије и економског раста у петнаест транзиционих привреда[11] за период 1975–2010. Аутор се определио управо за ту групу земаља јер су земље у транзицији имале повећану тражњу за електричном енергијом у протеклој деценији. За нас је то истраживање посебно значајно јер се међу истраживаним земљама налази и Србија, што нажалост није тако чест случај међу иностраним ауторима. Посматрано на нивоу земаља, једносмерна узрочност (хипотеза раста) потврђена је само у случају Бугарске и Белорусије (и то са негативним коефицијентом еластичности), док је хипотеза конзервације потврђена за Чешку, Летонију, Литванију и Руску Федерацију. Случај Бугарске и Белорусије се објашњава постојањем неефикасних индустрија које користе велике количине електричне енергије, те треба обезбедити ефикасније енергетске системе. У многим од земаља из узорка неопходно је обезбедити ефикаснији сектор електричне енергије имајући у виду да су губици у преносу и дистрибуцији велики у

[9] Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Чешка, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Исланд, Ирска, Италија, Јапан, Кореја, Луксембург, Мексико, Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Пољска, Португалија, Словачка, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Турска, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе.

[10] Аргентина, Гватемала, Венецуела, Боливија, Бразил, Чиле, Колумбија, Костарика, Еквадор, Ел Салвадор, Хондурас, Мексико, Никарагва, Панама, Парагвај, Перу, Уругвај.

[11] Албанија, Белорусија, Бугарска, Чешка, Летонија, Литванија, Северна Македонија, Молдавија, Пољска, Румунија, Руска Федерација, Србија, Словачка, Словенија, Украјина.

поређењу са остатком света и да заостају за међународним стандардима за енергетску ефикасност. С друге стране, хипотеза неутралности потврђена је у случају Албаније, Македоније, Молдавије, Пољске, Румуније, Србије, Словачке и Словеније, док је двосмерна узрочност (хипотеза повратне спреге) потврђена само за Украјину.

Према Протоколу из Кјота, земље би требало да користе *обновљиве изворе енергије*, а не фосилна горива како би смањиле емисију CO_2.[12] Најефикаснији начин за смањење емисије угљен-диоксида (CO_2) јесте смањење потрошње фосилних горива, имајући у виду да управо фосилна горива највише доприносе емисији CO_2. Када говоримо о обновљивим изворима енергије, споменућемо истраживање које су спровели Saidi и Mbarek (2016), за период 1990–2013. Они су испитивали узрочну везу између потрошње обновљиве енергије, нуклеарне енергије, емисије CO_2 и реалног БДП-а по глави становника у девет развијених земаља.[13] Резултати истраживања су показали да БДП позитивно утиче на обновљиву енергију и обрнуто. Имајући у виду да се употребом обновљиве енергије смањује емисија CO_2, све политике које су усмерене на промовисање потрошње обновљивих извора енергије промовишу заштиту животне средине. Посматрано у кратком року, резултати упућују на постојање једносмерне узрочности од потрошње обновљиве енергије ка реалном БДП-у по глави становника. С друге стране, утврђено је да између потрошње нуклеарне енергије и економског раста не постоји узрочна веза. Двосмерна узрочност је карактеристична за рад и капитал, као и за емисију CO_2 и капитала. У дугом року, између потрошње обновљиве енергије и реалног БДП-а по глави становника постоји двосмерна веза (потврђена је хипотеза повратне спреге).

Користећи панел податке за четрдесет две земље у развоју[14] Ito (2017) истражује однос између емисије CO_2, потрошње обновљиве и необновљиве енергије и економског раста за период 2002–2011. Према резултатима истраживања, потрошња необновљиве енергије негативно утиче на привредни раст посматраних земаља у развоју, док је потрошња обновљиве енергије позитивно утицала на резултате привредног раста у тим државама на дужи рок.

Kahiaa и остали (2017) су истраживали однос између дисагрегиране потрошње енергије (обновљиве и необновљиве) и економског раста у периоду 1980–2012. у мултиваријантном оквиру, укључујући рад и капитал. Њихов узорак је обухватао једанаест држава MENA (енгл. *Middle East and North Africa*) нето увозница нафте.[15] Резултати истраживања указују на постојање двосмерне узрочне везе између потрошње обновљиве

[12] Протокол је отворен за потписивање 11. децембара 1997. године у у јапанском граду Кјоту у организацији Конвенције Уједињених нација за климатске промене (UNFCCC). Да би ступио на снагу, требало је да га ратификује најмање 55 држава и да државе које су ратификовале протокол чине најмање 55% загађивача. Протоколом је предвиђено смањење и ограничење емисије гасова изазивача ефекта стаклене баште (енгл. *Greenhouse gases* – GHG).

[13] Канада, Француска, Јапан, Холандија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.

[14] Албанија, Азербејџан, Боливија, Босна и Херцеговина, Бразил, Бугарска, Чиле, Кина, Колумбија, Костарика, Хрватска, Куба, Доминиканска Република, Еквадор, Египат, Габон, Мађарска, Индија, Индонезија, Иран, Ирак, Јамајка, Јордан, Казахстан, Либан, Северна Македонија, Малезија, Маурицијус, Мексико, Молдавија, Мароко, Панама, Пољска, Румунија, Русија, Јужноафричка Република, Тајланд, Тунис, Турска, Уругвај, Узбекистан и Венецуела.

[15] Либан, Израел, Јордан, Малта, Мароко, Тунис, Турска, Јерменија, Кипар, Грузија и Мауританија.

енергије, потрошње необновљиве енергије и економског раста (хипотеза повратне спреге) и у кратком и у дугом року. Отуда можемо закључити да су та тва типа извора енергије међузависна и заменљива и да су оба извора од виталног значаја за економски раст. Необновљиви извори енергије и даље значајно утичу на привреде тих земаља услед континуираног пораста потражње за енергентима изазваног брзим растом становништва у тим државама. Краткорочно посматрано, откривена је двосмерна веза између економског раста и употребе обновљивих извора енергије. Такав резултат је очекиван имајући у виду да те државе настоје да се заштите од нестабилних цена фосилних горива и због тога се више окрећу обновљивој енергији.

Destek и Aslan (2017) истражују утицај потрошње обновљиве и необновљиве енергије на економски раст седамнаест привреда у успону[16] у периоду 1980–2012. Резултати истраживања показују да постоји једносмерна узрочност између потрошње обновљиве енергије и економског раста (хипотеза раста) у Перуу, односно једносмерна узрочност између економског раста и потрошње енергије (хипотеза конзервације) у Колумбији и Тајланду. Штавише, двосмерни однос (хипотеза повратне спреге) пронађен је за Грчку и Јужну Кореју, док је хипотеза неутралности потврђена за осталих дванаест привреда у успону (Бразил, Чиле, Кина, Египат, Индија, Индонезија, Малезија, Мексико, Филипини, Португалија, Јужноафричка Република и Турска). Када је у питању необновљива енергија, хипотеза раста потврђена је за Кину, Колумбију, Мексико и Филипине, а хипотеза очувања за Египат, Перу и Португалију. Хипотеза повратне спреге је подржана само у случају Турске, док је хипотеза неутралности потврђена за осталих девет привреда у успону (Бразил, Чиле, Грчка, Индија, Индонезија, Јужна Кореја, Малезија, Јужноафричка Република и Тајланд). Аутори су на основу свега тога закључили да је потрошња необновљиве енергије значајнија за привредне активности земаља у развоју од употребе обновљиве енергије (изузетак представљају Грчка, Перу и Јужна Кореја) јер је учешће обновљиве енергије у укупној потрошњи енергије у земљама у развоју мање него у развијеним земљама.

Према мишљењу Међународне агенције за атомску енергију (енгл. *International Atomic Energy Agency* – IAEA), очекује се да ће *нуклеарни производни капацитети* дугорочно играти главну улогу у енергетском миксу услед велике волатилности цене нафте и гаса, раста становништва и потражње за електричном енергијом у земљама у развоју, као и због забринутости због климатских промена, емисије гасова стаклене баште и сигурности снабдевања енергијом. Предност нуклеарне енергије се огледа у чињеници да она може да одговори на брзу и све већу потржњу за енергијом у случају када су резерве нафте и гаса познате и исцрпљиве, а алтернативни извори ретки. Међутим, чињеница је да је тај вид енергије увек праћен разним контроверзавама које се тичу првенствено радиокативног отпада и његовог одлагања, питања безбедности и неприхватања нуклеарне енергије од јавности (Toth и Rogner, 2006).

[16] Бразил, Чиле, Кина, Колумбија, Египат, Грчка, Индија, Индонезија, Јужна Кореја, Малезија, Мексико, Перу, Филипини, Португалија, Јужноафричка Република, Тајланд, Турска.

Постоји широка емпиријска литература о односу потрошње нуклеарне енергије и економског раста (Naser, 2014; Ozcan, Ari, 2015; Wolde-Rufael, 2012). Међутим, уочљиво је да су аутори углавном у својим радовима истраживали само једну земљу. Apergis и Payne (2010a) истраживали су однос између нуклеарне енергије и економског раста за период 1980–2005. на узорку шеснаест земаља.[17] Аутори су дошли до резултата да, краткорочно посматрано, између нуклеарне енергије и економског раста постоји двосмерна веза (хипотеза повратне спреге). Дугорочно посматрано, тај однос је једносмеран и креће се од нуклеарне енергије ка економском расту, што сугерише да ће енергетске политке које су усмерене ка повећању потрошње нуклеарне енергије имати позитиван утицај на економски раст, што се позитивно одражава и на животну средину.

У свом истраживању које је спровео на тридесет највећих земаља потрошача нуклеарне енергије[18] у периоду 1990–2010, Al-Mulali (2014) је дошао до резултата да потрошња нуклеарне енергије има позитиван дугорочни ефекат на раст БДП-а, али да, дугорочно посматрано, и укупна радна снага и потрошња енергије из фосилних горива имају позитиван ефекат на раст БДП-а (истраживање је показало да потрошња енергије из фосилних горива има већи утицај и значај за раст БДП-а него потрошња нуклеарне енергије). С друге стране, краткорочно посматрано, истраживање показује да узрочност иде од потрошње енергије (и нуклеарних и фосилних горива) ка економском расту (хипотеза раста). Такође, још један значајан налаз тог истраживања јесте да, краткорочно посматрано, потрошња нукленарне енергије има негативну везу са емисијом CO_2, за разлику од потрошње енергије фосилних горива (где је та краткорочна веза позитивна).

Ozcan и Ari (2015) истраживали су узрочно-последичну везу између потрошње нуклеарне енергије и економског раста у петнаест земаља OECD-а[19] од 1970. до 2012. године. На основу резултата истраживања закључили су да између потрошње нуклеарне енергије и економског раста у десет земаља[20] не постоји каузална веза (односно да за већину проучаваних земаља постоји већи утицај осталих фактора од потрошње нуклеарне енергије на процес економског раста). За преосталих пет земаља постоји значајна узрочна веза (различитих праваца) између нуклеарне енергије и економског раста.

[17] Аргентина, Белгија, Бугарска, Канада, Финска, Француска, Индија, Јапан, Холандија, Пакистан, Јужна Кореја, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
[18] Аргентина, Јерменија, Белгија, Бразил, Бугарска, Канада, Кина, Чешка, Финска, Француска, Немачка, Мађарска, Индија, Јапан, Република Кореја, Литванија, Мексико, Норвешка, Пакистан, Румунија, Руска Федерација, Словачка, Словенија, Јужноафричка Република, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Украјина, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе.
[19] Белгија, Канада, Француска, Немачка, Холандија, Шпанија, Шведска, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе, Јапан, Швајцарска, Финска, Јужна Кореја, Чешка, Мексико.
[20] Белгија, Канада, Француска, Немачка, Холандија, Шпанија, Шведска, Јапан, Швајцарска, Јужна Кореја.

Pirlogea и Cicea (2012) су у свом раду истраживали однос економског раста и потрошње енергије у Шпанији, Румунији и Европској унији (ЕУ-27)[21] у периоду 1990–2010. Осим *укупне потрошње енергије*, анализирали су и неке појединачне врсте енергије (нафта, гас и обновљиви извори енергије), правећи разлику између дугорочне и краткорочне каузалности. Резултати истраживања упућују на то да је дугорочна каузалност потврђена за ЕУ-27 када се посматра укупна потрошња енергије. У Шпанији је та дугорочна веза знатно слабија, за разлику од Румуније, где је потврђена једносмерна каузалност која иде од потрошње енергије ка економском расту (хипотеза раста). У контексту потрошње појединачне врсте енергије (нафте, гаса и обновљивих извора енергије), дугорочна равнотежа је потврђена само у случају нафте за Шпанију и Румунију. Посматрајући краткорочни хоризонт, за земље ЕУ-27 није пронађена каузалност, што се може објаснити чињеницом да тај узорак чине разнолике земље, па је тешко очекивати да се за кратко време прилагођавају у истом смеру. Према Грејнџеровом тесту узрочности, за Румунију је потврђено да потрошња обновљиве енергије није каузаална са економским растом, док за Шпанију важи да потрошња природног гаса није каузална са економским растом.

Fuinhas и Marques (2012) су анализирали везу између потрошње енергије и економског раста користећи податке за Португалију, Италију, Грчку, Шпанију и Турску у периоду 1965–2009. У њиховом узорку су се нашле државе које су биле изложене негативном утицају нафтних шокова (1973. и 1979. године), као и великим економским променама (периодима брзог раста, али и дуготрајне стаганције). Резултати до којих су дошли упућују на постојање двосмерне каузалности (хипотеза повратне спреге) за цео узорак посматрано и краткорочно и дугорочно, са изузетком Турске, за коју је потврђена хипотеза раста, односно једносмерна каузалност од потрошње енергије ка економском расту.

Поменућемо и истраживање које су спровели Huang, Hwang и Yang (2008) користећи панел податке о потрошњи енергије и раста БДП-а за осамдесет две земље у периоду 1972–2002. Посматрајући податке за све земље као једну целину, откривено је да између енергетске потрошње и економског раста постоји двосмерна позитивна веза (хипотеза повратне спреге). Након што је узорак земаља подељен у четири категорије (према нивоу дохотка, дефинисаном од Светске банке, у групу са ниским приходима, групу са нижим средњим приходима, групу са вишим средњим приходима и групу са високим приходима) резултати узрочности су прилично опречни. У групи са ниским приходима[22] откривено је да не постоји узрочно-последична веза између потрошње енергије и економског раста. У групи

[21] Белгија, Бугарска, Чешка, Данска, Немачка, Естонија, Ирска, Грчка, Шпанија, Француска, Хрватска, Италија, Кипар, Летонија, Литванија, Луксембург, Мађарска, Малта, Холандија, Аустрија, Пољска, Португалија, Румунија, Словенија, Словачка, Финска, Шведска.

[22] Демократска Република Конго, Непал, Нигерија, Того, Замбија, Гана, Кенија, Бангладеш, Бенин, Зимбабве, Индија, Пакистан, Сенегал, Хаити, Република Конго, Камерун, Индонезија, Обала Слоноваче, Никарагва.

са средњим приходима (и нижим[23] и вишим средњим[24] приходима) економски раст позитивно утиче на потрошњу енергије, што је штетно по животну средину, док је у групи земаља са високим приходима[25] утврђено да економски раст негативно утиче на потрошњу енергије, односно да те земље теже да смање употребу енергије како би минимизирале штету по животну средину. Општи закључак до којег су аутори дошли јесте да треба водити политику очувања енергије, имајући у виду да хипотеза раста није доказана ни у једној од четири доходовне групе.

Apergis и Payne (2010b) истраживали су однос између укупне потрошње енергије и економског раста, узимајући у обзир радну снагу и реалне бруто инвестиције у стални капитал, за панел од девет јужноамеричких земаља[26] у периоду 1980–2005. у мултиваријантном оквиру. Посматрано и у кратком и у дугом року, узрочност иде од поторшње енергије ка економском расту, односно потврђена је хипотеза раста, што потврђује и значај потрошње енергије за раст земаља Јужне Америке. Те земље карактерише обиље природних ресурса (налазе се међу лидерима у производњи нафте, природног гаса и хидроелектричне енергије), али је богатство тих земаља условљено одрживошћу енергетских сектора.

Указаћемо и на истраживање које је спровео Lee (2005) испитујући кретање и узрочну везу између потрошње енергије и БДП-а у осамнаест земаља у развоју[27], на основу података за период 1975–2001. Емпиријски резултати пружају јасну подршку хипотези раста и у кратком и у дугом року, што је за земље у развоју генерално карактеристично (да је енергија значајна за постизање економског развоја). Резултати показују да примена политика очувања енергије може штетити економском расту у земљама у развоју које су предмет анализе, без обзира на то да ли је то очување пролазно или трајно.

У свом раду ауторке Caraiani, Lungu и Dascalu (2015) истраживале су везу укупне и посебних врста енергије (угаљ, гас, нафта и обновљиви извори енергије) са економским растом у пет европских земаља у развоју[28] у периоду 1980–2013. У Мађарској је потврђена хипотеза конзервације (обновљива енергија и потрошња гаса), док је за укупну енергију потврђена хипотеза повратне спреге. У Пољској је доказана хипотеза конзервације (гас), док

[23] Кина, Шри Ланка, Хондурас, Сирија, Боливија, Филипини, Мароко, Еквадор, Египат, Парагвај, Алжир, Гватемала, Тајланд, Ел Салвадор, Колумбија, Перу, Тунис, Доминиканска Република, Јамајка, Турска, Јужноафричка Република, Габон.

[24] Малезија, Бразил, Костарика, Панама, Венецуела, Мађарска, Чиле, Мексико, Тринидад и Тобаго, Уругвај, Оман, Аргентина, Саудијска Арабија, Малта, Кореја.

[25] Португалија, Грчка, Нови Зеланд, Шпанија, Израел, Аустралија, Италија, Канада, Сингапур, Ирска, Француска, Белгија, Финска, Немачка, Холандија, Уједињено Краљевство, Аустрија, Хонг Конг, Кина, Шведска, Исланд, Данска, Сједињене Америчке Државе, Јапан, Норвешка, Швајцарска, Луксембург.

[26] Аргентина, Боливија, Бразил, Чиле, Еквадор, Парагвај, Перу, Уругвај, Венецуела.

[27] Јужна Кореја, Сингапур, Мађарска, Аргентина, Чиле, Колумбија, Мексико, Перу, Венецуела, Индонезија, Малезија, Филипини, Тајланд, Индија, Пакистан, Шри Ланка, Гана, Кенија.

[28] Бугарска, Мађарска, Пољска, Румунија и Турска.

је за укупну енергију и потрошњу угља потврђена хипотеза раста. Хипотеза раста је потврђена и за укупну енергију и за све појединачно посматране врсте енергената у Румунији. У Турској је потврђена хипотеза конзервације (потрошња угља), а у Бугарској хипотеза повратне спреге (обновљиви извори енергије). У свим осталим случајевима важи хипотеза неутралности. Поредећи добијене резултате са раније спроведеним студијама може се закључити да је подударност добијених резултата само делимична, што се може приписати коришћењу различитих економетријских метода, временског периода и јединица мерења.

Литература која се бавила проучавањем развоја теме углавном не доприноси развоју теорије јер су резултати истраживања углавном опречни, са изузетком првих студија које су користиле нове методе у истраживању (Ozturk, 2010; Payne, 2010). Традиционални преглед литературе је значајан и не треба га занемарити. Међутим, да би се извели закључци о потенцијалним узроцима хетерогености резултата, све чешће се употребљава метаанализа, имајући у виду да традиционални преглед литературе може бити субјективан (аутори пажњу усмеравају углавном на основна дела или она која се поклапају са њиховим резултатима истраживања). Метаанализа је статистичка метода која омогућава да се кумулативни налази великог броја студија сакупе да би се добили веродостојни закључци из великог узорка емпиријских резултата након њиховог претварања у једну или више метрика које се називају величинама ефеката и комбинују се у различитим студијама (Littell *и остали*, 2008). Имајући у виду да метаанализа представља покушај да се у јединствен статистички и економетријски оквир обухвати и обједини што већи број емпиријских студија (узимајући у обзир и опречне резултате и конфликтне налазе), стиче се утисак да је она објективнија. Управо однос енергија–раст може бити посебно плодна област за примену метаанализе. То показује све већи број метааналитичких прегледа спроведених у последње време. Навешћемо неке од аутора који су дали допринос овом систематском прегледу литературе и извршили анализу података: Chen *и остали*, (2012), Bouoiyour *и остали*, (2014), Bruns *и остали* (2014), Menegaki (2014), Kalimeris *и остали* (2014), Sebri (2015) и Hajko (2017).

Chen и остали (2012) су у метаанализи користили 174 пара тестова узрочности из тридесет девет примарних студија како би анализирали ефекат одређених карактеристика узорка и економетријских метода на вероватноћу проналажења неког од четири могућа типа узрочности између потрошње електричне енергије и економског раста (хипотеза неутралности, повратне спреге, раста и конзервације). Емпиријски резултати до којих су дошли сугеришу да на те четири врсте односа значајно утичу следећи фактори: изабрани временски период, економски развој, методе процене и планови смањења емисије гасова стаклене баште.

Bouoiyour *и остали* (2014) користили су налазе из четрдесет три емпиријске студије о односу раста и електричне енергије, поделивши укупан број студија у четири групе према подржаној хипотези како би истакли водеће факторе који утичу на правац узрочности. Њихови резултати су потврдили резултате до којих су дошли Chen *и остали* (2012).

Menegaki (2014), значајан аутор у тој области, проучавала је варијације дугорочне еластичности раста БДП-а у односу на потрошњу енергије у педесет једној емпиријској студији. Резултати метарегресије до којих је дошла указују да на еластичност БДП-а у односу на потрошњу енергије значајно утичу примењене методе економетријске анализе и пристрасност варијабли.

Bruns *и остали* (2014) истраживали су питање да ли између енергије и економског раста постоји истинска узрочна веза или су резултати великог броја истраживања само последица погрешне спецификације или пристрасног објављивања, користећи узорак од седамдесет две емпиријске студије о том односу. На основу спореведене анализе закључили су да када се потврди да постоји коинтеграција, потрошња енергије утиче на економски раст (али у случају када се контролише запошљавање) и да постоји истинска узрочна веза од економског раста ка потрошњи енергије, али само у оним моделима у које је укључена и цена енергије као контролна варијабла. Ни у једној од спроведених студија нису пронађени докази да између потрошње енергије и економског раста не постоји фундаментална веза. Такође, сви радови који спроводе метаанализу слажу се да на резултате углавном утичу примењене економетријске методе.

У наставку следи приказ Табеле 1, у којој су на систематичан начин, хронолошким редом наведени најважнији радови из анализиране области. Важан закључак који се може извести јесте да је у питању релативно новија област истраживања у економској науци и литератури, као што је већ наведено, како са теоријског а посебно са емпиријског аспекта у којој постоји простор за новим истраживањима, имајући у виду на (не)заступљеност одређених земаља у емпиријским истраживањима. Управо из приказа емпиријских анализа у Табели 1 видимо да је ово посебно важно са аспекта Републике Србије (али и осталих земаља из нашег узорка), имајући у виду да је заступљеност наше земље у истраживањима односа међузависности потрошње енергије и економског раста изузетно мала у поређењу са осталим земљама.

Табела 1. Списак најважнијих радова из анализиране области

Аутор и назив рада (панел студије)	Година објављивања рада	Временски период истраживања	Земље укључене у истраживање
Lee, C.C. (2005). Energy consumption and GDP in Developing countries: a cointegrated panel analysis. Energy Economics 27 (3), 415-427.	2005	1975-2001	Јужна Кореја, Сингапур, Мађарска, Аргентина, Чиле, Колумбија, Мексико, Перу, Венецуела, Индонезија, Малезија, Филипини, Тајланд, Индија, Пакистан, Шри Ланка, Гана, Кенија.
Al-Iriani, M. A. (2006). Energy-GDP relationship revisited: An example from GCC countries using panel causality. Energy Policy 34 (17), 3342-3350.	2006	1971-2002	Бахреин, Кувајт, Оман, Катар, Саудијска Арабија и Уједињени Арапски Емирати.
Chen, S.T., Kuo, H.I., Chen, C.C. (2007). The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian Countries. Energy Policy 35 (4), 2611-2621.	2007	1971-2001	Кина, Хонг Конг, Индија, Индонезија, Кореја, Малезија, Филипини, Сингапур, Тајван и Тајланд.
Mahadevan, R., Asafu-Adjaye, J. (2007). Energy consumption, economic growth and prices: a reassessment using panel VECM for developed and developing countries. Energy Policy 35 (4), 2481- 2490.	2007	1971-2002	Аргентина, Аустралија, Гана, Индија, Индонезија, Уједињено Краљевство, Јапан, Јужна Кореја, Кувајт, Малезија, Нигерија, Норвешка, Саудијска Арабија, Сенегал, Сингапур, Јужноафричка република, Шведска, Тајланд, Сједињене Америчке Државе, Венецуела.
Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries. Energy Policy 35 (5), 2939-2945.	2007	1971-2002	Иран, Кувајт, Саудијска Арабија, Уједињени Арапски Емирати, Бахреин, Оман, Алжир, Нигерија, Мексико, Венецуела, Еквадор.
			I подузорак 22 развијене земље: Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Данска, Финска,

Lee, C.C., Chang, C.P. (2007). Energy consumption and GDP revisited: a panel analysis of developed and developing countries. Energy Economics 29 (6), 1206-1223.	2007	1965-2002 (за подузорак од 22 развијене земље) 1971-2002 (за подузорак од 18 земаља у развоју)	Француска, Немачка, Исланд, Ирска, Италија, Јапан, Луксембург, Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Португалија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе. II подузорак (18 земаља у развоју): Аргентина, Чиле, Колумбија, Гана, Индија, Индонезија, Кенија, Малезија, Мексико, Нигерија, Пакистан, Перу, Филипини, Сингапур, Шри Ланка, Тајланд, Турска, Венецуела.
Huang, B.N., Hwang, M.J., Yang, C.W. (2008). Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: a dynamic panel data approach. Ecological Economics 67 (1), 41-54.	2008	1972-2002	82 државе (19 земаља са ниским дохотком, 22 земље са нижим средњим дохотком, 15 земаља са вишим средњим дохотком, 26 земаља са високим дохотком): Демократска Република Конго, Непал, Нигерија, Того, Замбија, Гана, Кенија, Бангладеш, Бенин, Зимбабве, Индија, Пакистан, Сенегал, Хаити, Република Конго, Камерун, Индонезија, Обала Слоноваче, Никарагва, Кина, Шри Ланка, Хондурас, Сирија, Боливија, Филипини, Мароко, Еквадор, Египат, Парагвај, Алжир, Гватемала, Тајланд, Ел Салвадор, Колумбија, Перу, Тунис, Доминиканска Република, Јамајка, Турска, Јужноафричка Република, Габон, Малезија, Бразил, Костарика, Панама,

			Венецуела, Мађарска, Чиле, Мексико, Тринидад и Тобаго, Уругвај, Оман, Аргентина, Саудијска Арабија, Малта, Кореја, Португалија, Грчка, Нови Зеланд, Шпанија, Израел, Аустралија, Италија, Канада, Сингапур, Ирска, Француска, Белгија, Финска, Немачка, Холандија, Уједињено Краљевство, Аустрија, Хонг Конг, Шведска, Исланд, Данска, Сједињене Америчке Државе, Јапан, Норвешка, Швајцарска, Луксембург.
Lee, C.C., Chang, C.P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. Resource and Energy Economics 30 (1), 50-65.	2008	1971-2002	Кина, Хонг Конг, Индија, Индонезија, Иран, Јапан, Јордан, Јужна Кореја, Малезија, Пакистан, Филипини, Сингапур, Шри Ланка, Сирија, Тајланд и Турска.
Lee, C.C., Chang, C.P., Chen, P.F., (2008). Energy-income causality in OECD countries revisited: the key role of capital stock. Energy Economics 30 (5), 2359-2373.	2008	1960-2001	Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Исланд, Ирска, Италија, Јапан, Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Португалија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
Narayan, P.K., Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel cointegration with structural breaks. Energy Economics 30 (5), 2331-2341.	2008	1972-2002	Земље G7: Канада, Француска, Немачка, Италија, Јапан, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе

Apergis, N., Payne, J.E. (2009a). CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. Energy Policy 37 (8), 3282-3286.	2009	1971- 2004	Шест земаља Централне Америке: Костарика, Салвадор, Гватемала, Хондурас, Никарагва и Панама
Apergis, N., Payne, J.E. (2009b). Energy consumption and economic growth in Central America: evidence from a panel cointegration and error correction model. Energy Economics 31 (2), 211-216.	2009	1980-2004	Костарика, Ел Салвадор, Гватемала, Хондурас, Никарагва и Панама
Narayan, P.K., Wong, P. (2009). A panel data analysis of the determinants of oil consumption: the case of Australia. Applied Energy 86 (12), 2771-2775.	2009	1984-2005	Шест аустралијских држава и једна територија: Квинсленд, Нови Јужни Велс, Викторија, Тасманија, Јужна Аустралија, Западна Аустралија и Северна територија.
Mishra, V., Smyth, R., Sharma, S. (2009b). The energy-GDP nexus: evidence from a panel of Pacific Island countries. Resource and Energy Economics 31 (3), 210-220.	2009	1980-2005	Пацифички острвски региони: Фиџи, Француска Полинезија, Кирибати, Нова Каледонија, Папуа Нова Гвинеја, Самоа, Соломонова Острва, Тонга, Вануату.
Narayan, P.K., Smyth, R. (2009) Multivariate Granger causality between electricity consumption, exports and GDP: evidence from a panel of Middle Eastern countries. Energy Policy 37 (1), 229-236.	2009	1974-2002	Земље Блиског истока: Иран, Израел, Кувајт, Оман, Саудијска Арабија, Сирија.
Ciarreta, A., Zarraga, A. (2009). Economic growth and electricity consumption in 12 European countries: a causality analysis using panel data. In: Energy Market 2009. 6th International Conference on the European Energy Market, 1-8.	2009	1970-2004	12 земаља Европске уније: Аустрија, Белгија, Данска, Финска, Француска, Немачка, Италија, Луксембург, Холандија, Норвешка, Шведска и Швајцарска.

Apergis, N., Payne, J.E. (2009c). Energy consumption and economic growth: evidence from the common wealth of independent States. Energy Economics 31 (5), 641-647.	2009	1991-2005	11 земаља Заједнице независних држава:[29]: Јерменија, Азербејџан, Белорусија, Грузија, Казахстан, Киргистан, Молдавија, Русија, Таџикистан, Украјина, Узбекистан.
Sadorsky P. (2009a). Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. Energy Economics 31(3), 456–62.	2009	1980-2005	Земље G7: Канада, Француска, Немачка, Италија, Јапан, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе.
Sadorsky P. (2009b). Renewable energy consumption and income in emerging economies. Energy Policy 37(10), 4021–8.	2009	1994-2003	18 брзорастућих економија: Аргентина, Бразил, Чиле, Кина, Колумбија, Чешка, Мађарска, Индија, Индонезија, Јужна Кореја, Мексико, Перу, Филипини, Пољска, Русија, Тајланд, Турска, Португалија.
Acaravci, A., Ozturk, I. (2010). Electricity consumption-growth nexus: evidence from panel data for transition countries. Energy Economics 32 (3), 604-608.	2009	1990-2006	15 земаља у транзицији: Албанија, Белорусија, Бугарска, Чешка, Естонија, Летонија, Литванија, Македонија, Молдавија, Пољска, Румунија, Руска Федерација, Србија, Словачка и Украјина.
Apergis, N., Payne, J.E. (2010c). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. Energy Policy 38 (1), 656-660.	2010	1985-2005	20 земаља OECD-a: Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Данска, Француска, Немачка, Исланд, Италија, Јапан, Луксембург, Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Португалија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство и

[29] Заједница независних држава (ЗНД), основана 1991. године, састоји се од дванаест земаља бившег Совјетског Савеза. Грузија се придружила касније (1993), док су се Естонија, Летонија и Литванија определиле за чланство у Европској унији.

			Сједињене Америчке Државе.
Apergis, N., Payne, J.E. (2010d). The causal dynamics between coal consumption and growth: evidence from emerging market economies. Applied Energy 87 (6), 1972-1977.	2010	1980-2006	15 брзорастућих економија: Аргентина, Бразил, Чиле, Кина, Египат, Мађарска, Индија, Индонезија, Малезија, Мексико, Мароко, Перу, Филипини, Јужна Африка и Тајланд.
Apergis, N., Payne, J.E. (2010e). The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states. Energy Policy 38 (1), 650-655.	2010	1982-2004	Државе чланице Заједнице независних држава: Јерменија, Азербејџан, Белорусија, Грузија, Казахстан, Киргистан, Молдавија, Русија, Таџикистан, Украјина, Узбекистан.
Apergis, N., Payne, J.E. (2010f). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. Energy Economics 32, 1392–7.	2010	1992-2007	13 евроазијских земаља: Јерменија, Азербејџан, Белорусија, Естонија, Грузија, Казахстан, Киргистан, Летонија, Молдавија, Русија, Таџикистан, Украјина и Узбекистан.[30]
Apergis, N., Payne, J.E., Menyah, K., Wolde-Rufael Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth. Ecological Economics 69(11), 2255–60.	2010	1984-2007	19 земаља (развијених и земаља у развоју): Аргентина, Белгија, Бразил, Бугарска, Канада, Финска, Француска, Мађарска, Индија, Јапан, Холандија, Пакистан, Јужноафричка Република, Јужна Кореја, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
			51 земља[31]: *земље са ниским дохотком* Бангладеш, Бенин, Конго, Гана, Хаити, Индија,

[30] Аутор је из анализе искључио Литванију и Туркменистан услед недостатка података за панел анализу.
[31] Подељене у три групе- земље са малим дохотком, земље са нижим средњим дохотком и земље са вишим средњим дохотком.

Ozturk, I., Aslan, A., Kalyoncu, H. (2010). Energy consumption and economic growth relationship: evidence from panel data for low and middle income countries. Energy Policy 38 (8), 4422-4428.	2010	1971-2005	Кенија, Непал, Нигерија, Пакистан, Судан, Того, Замбија и Зимбабве); *земље са нижим средњим дохотком* (Алжир, Боливија, Камерун, Кина, Колумбија, Република Конго, Доминиканска Република, Еквадор, Египат, Ел Салвадор, Гватемала, Хондурас, Индонезија, Иран, Јамајка, Мароко, Никарагва, Парагвај, Перу, Филипини, Шри Ланка, Грузија и Сирија); *земље са вишим средњим дохотком* (Аргентина, Чиле, Костарика, Габон, Мађарска, Малезија, Мексико, Оман, Панама, Јужноафричка Република, Турска, Уругвај и Венецуела).
Costantini, V., Martini, C. (2010). The causality between energy consumption and economic growth: a multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. Energy Economics 32 (3), 591- 603.	2010	1978-2005	71 држава[32]: у раду није дата на увид табела са списком истраживаних земаља.
Apergis, N., Payne, J.E. (2010g). Energy consumption and growth in South America: evidence from a panel error correction model. Energy Economics 32(6), 1421–6.	2010	1980-2005	Јужноамеричке земље: Аргентина, Боливија, Бразил, Чиле, Еквадор, Парагвај, Перу, Уругвај и Венецуела.
Apergis, N., Payne, J.E. (2010b). A panel study of nuclear energy consumption and economic growth.	2010	1980-2005	16 земаља: Белгија, Канада, Финска, Француска, Јапан, Кореја, Холандија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство и

[32] Подељене у две групе 26 земаља чланица OECD-а и 45 земаља које нису чланице OECD-а.

Energy Economics 32 (3), 545- 549.			Сједињене Америчке Државе, Аргентина, Бугарска, Индија и Пакистан.
Pao, H.-T., Tsai, C.-M. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. Energy Policy 38 (12), 7850-7860.	2010	1971-2005	BRIC: Бразил, Руска Федерација[33], Индија, Кина.
Kebede, E., Kagochi, J., Jolly, C.M. (2010). Energy consumption and economic development in Sub-Sahara Africa. Energy Economics 32 (3), 532-537.	2010	1980-2004	20 подсахарских земаља (у раду аутор није навео земље које су биле предмет анализе, већ их је само поделио по регионима: централни, источни, јужни и западни региони подсахарске Африке).
Belke, A., Dobnik, F., Dreger, C. (2011). Energy consumption and economic growth: new insights into the cointegration relationship. Energy Economics 33 (5), 782-789.	2011	1981-2006	25 земаља чланица OECD-а: Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Чешка, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Ирска, Италија, Јапан, Словачка, Јужна Кореја, Луксембург, Мексико, Холандија, Португалија, Пољска, Шпанија, Шведска, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
Apergis, N., Payne, J.E. (2011a). The renewable energy consumption– growth nexus in Central America. Applied Energy 88, 343–7.	2011	1980-2006	6 земаља Централне Америке: Костарика, Салвадор, Гватемала, Хондурас, Никарагва и Панама.
			Развијене земље (25): Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Исланд, Ирска, Италија, Јапан, Кореја, Луксембург,

[33] Једино су за Руску Федерацију подаци расположиви од 1990 до 2005.

Apergis, N., Payne, J.E. (2011b). On the causal dynamics between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in developed and developing countries. Energy Systems 2, 299– 312.	2011	1990-2007	Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Пољска, Португалија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе. Земље у развоју (55): Алжир, Аргентина, Бангладеш, Боливија, Бразил, Бугарска, Камерун, Чиле, Кина, Комори, Костарика, Доминиканска Република, Еквадор, Египат, Ел Салвадор, Етиопија, Габон, Гана, Гватемала, Гвинеја, Хондурас, Мађарска, Индија, Индонезија, Иран, Јордан, Кенија, Мадагаскар, Малави, Малезија, Мали, Маурицијус, Мексико, Мароко, Мозамбик, Никарагва, Пакистан, Панама, Парагвај, Перу, Филипини, Румунија, Сенегал, Јужна Африка, Шри Ланка, Судан, Свазиленд, Сирија, Тајланд, Тунис, Турска, Уганда, Уругвај, Венецуела, Замбија.
Bayraktutan, Y., Yilgor, M., Usk, S. (2011). Renewable electricity generation and economic growth: panel-data analysis for OECD members. International Research Journal of Finance and Economics 66, 59–66.	2011	1980-2007	Земље чланице OECD-а: Аустралија, Аустрија, Белгија, Чешка, Канада, Јапан, Данска, Мексико, Финска, Француска, Мађарска, Немачка, Нови Зеланд, Пољска, Грчка, Јужна Кореја, Словачка, Исланд, Италија, Ирска, Луксембург, Холандија, Норвешка, Португалија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Енглеска,

			Сједињене Америчке Државе и Турска.
Menegaki, A., N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: a random effect model with evidence for neutrality hypothesis. Energy Economics 33, 257–63.	2011	1997-2007	27 европских земаља: Белгија, Бугарска, Чешка, Данска, Естонија, Немачка, Ирска, Грчка, Шпанија, Француска, Италија, Кипар, Летонија, Литванија, Луксембург, Мађарска, Холандија, Аустрија, Пољска, Португалија, Румунија, Словенија, Словачка, Финска, Шведска, Уједињено Краљевство и Норвешка.
Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou, P., Wang, Q.W., (2011). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in China: a panel data analysis. Energy Policy 39 (9), 4870–5.	2011	1995-2007	Панел 28 кинеских провинција.[34]
Al-Mulali, U. (2011). Oil Consumption, CO2 Emission and Economic Growth in MENA Countries. Energy Policy, 36(10), 6165-6171	2011	1980-2009	Земље Блиског истока и Северне Африке[35]: Алжир, Бахреин, Египат, Иран, Израел, Јордан, Кувајт, Либан, Мароко, Оман, Катар, Саудијска Арабија, Сирија, Тунис, Уједињени Арапски Емирати и Јемен.
Dobnick, F. (2011). Energy consumption and economic growth revisited: structural breaks and cross section dependence. Ruhr Economic Papers 303, Ruhr-University Bochum, TU Dortmund	2011	1971-2009	23 OECD земље: Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Ирска, Италија, Јапан, Луксембург, Мексико, Холандија, Норвешка, Португалија, Шпанија,

[34] Две провинције, Хајнан и Тибет, нису биле укључене у емпиријску анализу због недостатка података. Поред тога, подаци за Чункинг су спојени са подацима за провинцију Сечуан ради доследности током периода истраживања.

[35] The Middle East and North Africa (MENA) је скраћеница за земље које се простиру од западне Африке до Иранске висоравни: Ирак, Либија, Палестина и Џибути искључене су из анализе због недоступности података.

University, University of Duisburg-Essen.			Шведска, Швајцарска, Велика Британија и Сједињене Америчке Државе.
Pao H.T., Tsai C.M., (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence froma panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. Energy 36(1), 685-693.	2011	1980-2007	Панел BRIC земаља: Бразил, Руска Федерација, Индија, Кина.
Lee, C.C., Chiu, Y.B., (2011). Oil prices, nuclear energy consumption, and economic growth: New evidence using a heterogeneous panel analysis. Energy Policy 39 (4), 2111-2120.	2011	1971-2006	6 развијених земаља: Канада, Француска, Немачка, Јапан, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе.
Nazlioglu, S., Lebe, F., Kayhan, S. (2011). Nuclear energy consumption and economic growth in OECD countries: Crosssectionally dependent heterogeneous panel causality analysis. Energy Policy 39 (10), 6615-6621.	2011	1980-2007	14 земаља OECD-а: Белгија, Канада, Финска, Француска, Немачка, Мађарска, Јапан, Јужна Кореја, Холандија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
Eggoh, J.C., Bangake, C., Rault, C. (2011). Energy consumption and economic growth revisited in African countries. Energy Policy 39 (11), 7408-7421.	2011	1970-2006	Афричке земље: нето увозници - Бенин, Етиопија, Гана, Кенија, Мароко, Сенегал, Танзанија, Того, Тунис, Замбија и Зимбабве и нето извозници - Алжир, Камерун, Република Конго, Обала Слоноваче, Египат, Габон, Либија, Нигерија, Јужноафричка Република и Судан.

Kahsai, M.S., Nondo, C., Schaeffer, P.V., Gebremedhin, T.,G. (2012). Income level and the energy consumption-GDP nexus: Evidence from Sub-Saharan Africa. Energy Economics 34 (3), 739-746.	2012	1980-2007	40 подсахарских земаља: Бенин, Боцвана, Буркина Фасо, Бурунди, Камерун, Зеленортска острва, Централноафричка Република, Чад, Комори, Конго-Бразавил, Обала Слоноваче, Етиопија, Габон, Гамбија, Гана, Гвинеја, Гвинеја-Бисао, Кенија, Лесото, Мадагаскар, Малави, Мали, Мауританија, Маурицијус, Мозамбик, Нигер, Нигерија, Руанда, Сао Томе и Принципе, Сенегал, Сејшели, Сијера Леоне, Јужноафричка Република, Судан, Свазиленд, Танзанија, Того, Уганда, Замбија, Зимбабве.
Bouoiyour, J., Selmi, R. (2013). The nexus between electricity consumption and economic growth in MENA countries. Energy Studies Review, 20(2), 25-41.	2013	1975-2010	12 земаља Блиског истока и Северне Африке: Алжир, Египат, Јордан, Иран, Мароко, Оман, Саудијска Арабија, Судан, Сирија, Тунис, Турска, Уједињени Арапски Емирати.
Chang, T., Chu, H.-P., Chen, W.-Y. (2013). Energy consumption and economic growth in 12 asian countries: Panel data analysis. Applied Economics Letters 20 (3), 282-287.	2013	1970-2010	Кина, Индија, Индонезија, Јапан, Малезија, Пакистан, Филипини, Сингапур, Јужна Кореја, Тајван, Тајланд и Вијетнам.
Omri, A. (2013) CO2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models. Energy Economics 40, 657-664.	2013	1990-2011	14 земаља Блиског истока и Северне Африке: Алжир, Бахреин, Египат, Иран, Јордан, Кувајт, Либан, Мароко, Оман, Катар, Саудијска Арабија, Сирија, Тунис, Уједињени Арапски Емирати.
Ozcan, B. (2013). The nexus between carbon emissions,			12 земаља Блиског истока: Бахреин, Уједињени

energy consumption and economic growth in Middle East countries: A panel data analysis. Energy Policy 62, 1138-1147.	2013	1990-2008	Арапски Емирати, Иран, Израел, Египат, Сирија, Саудијска Арабија, Турска, Оман, Јордан, Либан, Јемен.
Salim R.A., Hassan K., Shafiei S., (2014). Renewable and nonrenewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. Energy Economics 44, 350–360.	2014	1980-2012	29 земаља OECD-а: Аустралија, Аустрија, Белгија, Канада, Чиле, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Мађарска, Исланд, Ирска, Италија, Јапан, Јужна Кореја, Луксембург, Мексико, Холандија, Нови Зеланд, Норвешка, Пољска, Португалија, Шпанија, Шведска, Швајцарска, Турска, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе.
Chang, T., Gatwabuyege, F., Gupta, R., Manjezi, N.C., SimoKengne, B.D. (2014). Causal relationship between nuclear energy consumption and economic growth in G6 countries: Evidence from panel Granger causality tests. Progress in Nuclear Energy 77, 187- 193.	2014	1971-2011	G6: Канада, Француска, Немачка, Јапан, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе.
Dritsaki, C., Dritsaki, M. (2014) Causal relationship between energy consumption, economic growth and CO2 emissions: A dynamic panel data approach. International Journal of Energy Economics and Policy 4 (2), 125-136	2014	1960-2009	Грчка, Шпанија, Португалија.
Wolde-Rufael, Y. (2014). Electricity consumption and economic growth in transition countries: A revisit using bootstrap panel	2014	1975-2010	15 земаља у транзицији: Албанија, Белорусија, Бугарска, Чешка, Летонија, Литванија, Северна Македонија,

Granger causality analysis. Energy Economics 44, 325-330			Молдавија, Пољска, Румунија, Руска Федерација, Србија, Словачка, Словенија, Украјина.
Gao, J., Zhang, L. (2014). Electricity Consumption-economic growthCO2 Emissions nexus in sub-saharan Africa: Evidence from panel cointegration. African Development Review 26 (2), 359-371	2014	1980-2009	14 подсахарских земаља: Боцвана, Обала Слоноваче, Камерун, Република Конго, Демократска Република Конго, Етиопија, Габон, Гана, Кенија, Мозамбик, Нигерија, Сенегал, Судан, Замбија.
Ouedraogo N. (2014). The electricity-growth nexus: a dynamic panel data approach. Journal of Energy and development, 39(1-2), 229-264.	2014	1980-2008	15 земаља у развоју у подсахарској Африци: Бенин, Буркина Фасо, Зеленортска Острва, Обала Слоноваче, Гамбија, Гана, Гвинеја, Гвинеја Бисао, Либерија, Мали, Нигер, Нигерија, Сенегал, Сијера Леоне и Того.
Rezitis A.N., Ahammad S.M. (2015). The Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in South and Southeast Asian Countries: A Panel Vector Autoregression Approach and Causality Analysis. International Journal of Energy Economics and Policy, 5(3), 704-715.	2015	1990-2012	9 земаља у Јужној и Југоисточној Азији: Бангладеш, Брунеј, Индија, Индонезија, Малезија, Пакистан, Филипини, Шри Ланка и Тајланд.
Rezitis, A.N., Ahammad, S.M. (2015). The relationship between energy consumption and economic growth in South and southeast Asian countries: a panel vector autoregression approach and causality analysis. International Journal of Energy	2015	1990-2012	Девет земаља у Јужној и Југоисточној Азији (Бангладеш, Брунеји Дарусалам, Индија, Индонезија, Малезија, Пакистан, Филипини, Шри Ланка и Тајланд).

Economics and Policy 5 (3), 704–715.			
Bilgili, F., Ozturk, I. (2015). Biomass energy and economic growth nexus in G7 countries: Evidence from dynamic panel data. Renewable and Sustainable Energy Reviews 49, 132-138	2015	1980-2009	G7: Сједињене Америчке Државе, Уједињено Краљевство, Француска, Немачка, Италија, Канада и Јапан.
Farhani, S. (2015). Renewable energy consumption, economic growth and CO2 emissions: evidence from selected MENA countries. Working Papers 2015-612, Department of Research, Ipag Business School.	2015	1975-2008	12 земаља Блиског истока и Северне Африке [36]: Алжир, Кипар, Египат, Иран, Ирак, Израел, Јордан, Либија, Мароко, Сирија, Тунис и Турска.
Azam, M., Khan, A.Q., Bakhtyar, B., Emirullah, C. (2015) The causal relationship between energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews 47, 732–745.	2015	1980-2012	Индонезија, Малезија, Тајланд, Сингапур и Филипини.
Bhattacharya, M., Paramati, S.R., Ozturk, I., Bhattacharya, S. (2016) The effect of renewable energy consumption on economic growth: evidence from top 38 countries. Applied Energy 162, 733–741.	2016	1991-2002	38 земаља које користе највише обновљиве енергије: Аустралија, Аустрија, Белгија, Бразил, Бугарска, Канада, Чиле, Кина, Чешка, Данска, Финска, Француска, Немачка, Грчка, Индија, Ирска, Израел, Италија, Јапан, Кенија, Република Кореја, Мексико, Мароко, Холандија, Норвешка, Перу, Пољска, Португалија, Румунија, Словенија, Јужноафричка Република, Шпанија, Шведска, Тајланд, Турска, Украјина, Уједињено

[36] тзв. MENA државе

			Краљевство и Сједињене Америчке Државе.
Streimikiene, D., Kasperowicz, R. (2016). Review of economic growth and energy consumption: a panel cointegration analysis for EU countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews 59, 1545–1549.	2016	1995-2012	18 земаља Европске уније.
Inglesi-Lotz, R. (2016) The impact of renewable energy consumption to economic growth: a panel data application. Energy Economics. Elsevier, vol. 53(C), 58-63.	2016	1990-2010	34 OECD државе.
Apergis, N., Chang, T., Gupta, R., Ziramba. E. (2016). Hydroelectricity consumption and economic growth nexus: evidence from a panel of ten largest hydroelectricity consumers, Renewable and Sustainable Energy Reviews 62 318–325.	2016	1965-2012	Бразил, Канада, Кина, Француска, Индија, Јапан, Норвешка, Шведска, Турска и САД.
Hamit-Haggar, M. (2016). Clean energy-growth nexus in sub-Saharan Africa: Evidence from cross-sectionally dependent heterogeneous panel with structural breaks. Renewable and Sustainable Energy Reviews 57, 1237–1244.	2016	1971-2007	Камерун, Република Конго, Демократска Република Конго, Обала Слоноваче, Гана, Кенија, Нигерија, Јужноафричка Република, Судан, Того, Замбија.
Kahia, M., Aissa, M.S.B., Lanouar, C. (2017). Renewable and non-renewable energy use-economic growth nexus: The case of MENA Net Oil Importing Countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews 71, 127–140.	2017	1980-2012	Либан, Израел, Јордан, Малта, Мароко, Тунис, Турска, Јерменија, Кипар, Грузија и Мауританија.

Esen, O., Bayrak, M. (2017). Does more energy consumption support economic growth in net energy-importing countries? Journal of Economics, Finance and Administrative Science, 22 (42), 75-98.	2017	1990-2012	75 земаља нето увозница енергије.
Kocak, E.¸ Sarkgunesi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. Energy Policy, 100, 51–57.	2017	1990-2012	Албанија, Бугарска, Грчка, Република Северна Македонија, Румунија, Грузија, Русија, Украјина, Турска.
Marinas, M.C., Dinu, M., Socol, A.-G., Socol, C. (2018). Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries. PLoS ONE 13 (10): e0202951. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202951	2018	1990-2014	Десет земаља чланица Европске уније из Централне и Источне Европе: Бугарска, Чешка, Естонија, Мађарска, Литванија, Летонија, Пољска, Румунија, Словачка, Словенија.
Cheng, C., Ren, X., Wang, Z., Shi, Y. (2018). The Impacts of Non-Fossil Energy, Economic Growth, Energy Consumption, and Oil Price on Carbon Intensity: Evidence from a Panel Quantile Regression Analysis of EU 28. Sustainability, 10, 4067.	2018	1990-2014	28 држава чланица ЕУ.
Kahouli, B. (2019). Does static and dynamic relationship between economic growth and energy consumption exist in OECD countries? Energy Reports 5, 104–116.	2019	1990-2015	34 OECD земаља.
Gorus, M.S., Aydin, M. (2019). The relationship between energy			8 MENA[37] земаља које су богате нафтом: Алжир,

[37]MENA Middle East and North Africa (Блиски исток и Северна Африка).

consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: causality analysis in the frequency domain. Energy 168, 815–822.	2019	1975-2014	Египат, Иран, Ирак, Оман, Саудијска Арабија, Тунис и Уједињени Арапски Емирати.
Muhammad, B. (2019). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries. Energy 179, 232–245.	2019	2001-2017	68 земаља (развијене земље, земље у развоју, као и земље Блиског истока и Северне Африке (MENA))
Carfora, A., Pansini, R. V., Scandurra, G. (2019). The causal relationship between energy consumption, energy prices and economic growth in Asian developing countries: A replication. Energy Strategy Reviews, 23, 81-85.	2019	1971-2015	Индија, Индонезија, Тајланд и Филипини.
Ozcan, B., Ozturk, I., (2019). Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries: a bootstrap panel causality test. Renewable and Sustainable Energy Reviews 104, 30–37.	2019	1990–2016	17 земаља у успону: Мексико, Бразил, Чиле, Перу, Грчка, Мађарска, Пољска, Турска, Египат, Јужноафричка Република, Кина, Индија, Индонезија, Јужна Кореја, Малезија, Филипини, Тајланд.
Bercu, A. M., Paraschiv, G., Lupu, D. (2019). Investigating the Energy–Economic Growth–Governance Nexus: Evidence from Central and Eastern European Countries, Sustainibility 11,3355.	2019	1995-2017	14 земаља Централне и Источне Европе: Албанија, Бугарска, Хрватска, Чешка, Естонија, Мађарска, Летонија, Литванија, Македонија, Пољска, Румунија, Србија, Словачка, Словенија[38]
Rahman, M.M., Velayutham, E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption-economic growth nexus: new evidence from South Asia. Renewable Energy 147 (1), 399–408.	2020	1990-2014	Пет земаља Јужне Азије: Бангладеш, Индија, Непал, Пакистан, Шри Ланка.

[38] Недостају подаци за три земље* за овај период: за Босну и Херцеговину, такозвано Косово* и Црну Гору.

Awodumi, O.B., Adewuyi, A.O. (2020). The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: evidence from oil producing economies in Africa. Energy Strategy Reviews 27, 100434.	2020	1980-2015	Водеће земље (економије) за производњу нафте у Африци: Алжир, Ангола, Египат, Габон, Нигерија.
Topcu, E., Altinoz, B., Aslan A. (2020). Global evidence from the link between economic growth, natural resources, energy consumption, and gross capital formation, Resources Policy 66 (2020), 101622.	2020	1980-2018	124 земље класификоване по различитим нивоима прихода.

Извор: Аутор

3. ОДНОС ИЗМЕЂУ ЕКОНОМСКОГ РАСТА И ЕНЕРГЕТСКЕ ПОТРОШЊЕ

3.1. Опште карактеристике тог односа

Све већа употреба енергије последица је здруженог ефекта економског раста те развоја и пораста броја становништва. Међутим, приметно је да потрошња енергије није порасла у толикој мери као у прошлости због успоравања привредне активности у целом свету и чињенице да повећана доступност алтернативних извора енергије и технолошки развој у којем се води рачуна о енергетској ефикасности не стварају велики притисак на потражњу за енергијом. Технолошки напредак је утицао на смањену и рационалнију потрошњу енергије тако што је омогућио да се при истој количини утрошене енергије оствари већа економска производња.

До сада у историји није забележен период када је привредни раст био праћен смањењем потрошње енергије (Гагаринский *и остали*, 2010). Раст глобалног бруто производа, сличан динамици бруто домаћег производа одређене земље, готово је недвосмислено повезан са повећањем потрошње енергије. Целокупна историја развоја цивилизације показује да је та изјава тачна, имајући у виду да је раст привреде нешто бржи од раста потрошње енергије (као последица повећања ефикасности коришћења енергије).

Битна карактеристика савременог света је активан раст привреда земаља у развоју, који је праћен одговарајућим повећањем потрошње енергије. Веће стопе раста потрошње примарних енергетских ресурса у земљама у развоју у односу на развијене земље указују на тренд конвергенције технолошке основе привреда различитих земаља. Глобални раст БДП-а ће се несумњиво наставити, али ће га покретати углавном земље у развоју. Мање развијене државе ће у наредном периоду бити пред изазовом да обезбеде и развију дугорочну политику усмерену на прелазак из фазе развоја услед сталног повећања експлоатације ресурса у фазу развоја усмерену на постизање одрживости и безбедности у прехрамбеној, енергетској и економској области. Неопходан услов за повећање ефикасности употребе енергије и решавање проблема енергетске и економске безбедности и одрживог развоја јесте развој науке.

Могућа су два приступа анализи употребе енергије. Први приступ пажњу усмерава на процес производње и економски раст, док се други фокусира на развој и друштво у целини. У литератури преовладава први приступ који је усмерен на економски раст представљен стопом раста бруто домаћег производа. Основни циљ креатора политике био је да се достигну што је могуће веће стопе раста БДП-а, имајући у виду да се он сматра главним индикатором богатства и одрживог развоја. Треба имати у виду да је постизање одрживог развоја тек касније постало циљ земаља, када су све више почеле да воде рачуна о животној средини приликом дефинисања економских политика за промовисање раста. Употреба БДП-а као мере благостања и статуса животне средине ограничена је, имајући у

виду да не узима у обзир еколошки аспект. С друге стране, доминантније је заступљена литература која се бави проучавањем односа потрошње енергије и економског раста, али не узима у обзир екстерне ефекте производње енергије. Због потребе да се разликују економски раст и одрживи развој појавиле су се алтернативне мере попут Индекса одрживог економског благостања (енгл. *The Index of Sustainable Economic Welfare* – ISEW), који је стандардни индикатор одрживог развоја. Његов циљ да пружи меру за социјално благостање без угрожавања будућих генерација остао је исти, иако је временом тај индикатор подлегао одређеним изменама.

Током Првог и Другог нафтног шока (1973. и 1979. године) дошло је до промене у расположивости релативно јефтиних и богатих извора енергије, због чега је порастао значај односа економског раста и потрошње енергије. Као последица тих промена, веровало се да ће конвенционално снабдевање енергијом остати ограничено, што ће последично утицати на стални раст цене енергије. Услед тих промена, истаживачи постају свеснији улоге енергије у економији, па се тако појавио велики број радова и извештаја на тему значаја енергије у националној економији, односно истраживања каузалног односа између потрошње енергије и економског раста. Временом је глобални проблем забринутости због глобалног загревања и климатских промена додатно истакао то питање, па је, последично, порастао број нових студијских разматрања те теме.

Енергија је добила кључну улогу у процесу производње захваљујући индустријској револуцији. Од индустријске револуције раст је постао нераскидиво повезан са потрошњом енергије, заједно са радом и капиталом. Међутим, многи економисти су и даље наставили да своје радове заснивају на неокласичном моделу раста (Solow, 1956), према коме капитал и рад треба сматрати јединим примарним инпутима за раст. Економска теорија традиционално тврди да су капитал, рад и земљиште главни фактори сваке производне активности. Добра као што су горива сматарана су међуинпутима, која су такође неопходна за производњу и на микро и на макро нивоу (Stern, 2004).

У наставку следи детаљнији приказ фактора који имају утицај на однос енергетске потрошње и економског раста.

Фактори производње. Напредак технологије је учинио да се било који од примарних фактора тешко може користити у производњи без употребе енергије. Улога енергије постаје изузетно важна у процесу раста поготово због тога што су енергетски ресурси ограничени и што њиховом употребом треба ефикасно управљати. Већи број економиста (првенствено еколошки и енергетски) који препознају енергију као важан производни фактор истичу да ту променљиву не треба занемарити у студијама економског раста, имајући у виду да сви економски процеси захтевају коришћење енергије. Да би машине, радници, природни ресурси и материјали постали продуктивни, у њих се мора уградити енергија. Она се користи и индиректно, у одржавању и производњи капиталних добара или радне снаге, али и у процесу акумулације знања и технолошког напретка. Међутим, треба имати на уму да енергија не може заменити остале факторе производње. Ипак, нема никакве сумње да се у

савременим научним и економским круговима енергија сматра врло важним фактором производње и економског раста.

У неокласичној економији енергија се сматра ендогеним фактором (њена доступност и ефикасност имају физичка и економска ограничења). С друге стране, алтернативни модели раста сугеришу да је енергија главни фактор производње, што има за последицу да се енергија третира као егзогени фактор у моделима раста. Stern (2004) је истицао утицај који енергија има на производњу и раст, а указао је и на факторе који могу утицати на однос енергетска потрошња – економски раст из перспективе производње: супституција енергије другим факторима, технолошки напредак, промене састава енергије која се уноси, промене састава осталих фактора (радно интензивне у капитално интензивне производне технике).

Иако су капитал и технологија главни производни фактори међусобно повезани са енергијом, и рад је веома значајан за будућност енергетског сектора у привреди. Упоређујући допринос сектора производње енергије укупном БДП са доприносом других, очекивао би се еквивалентно висок удео у количини рада у сектору, али у стварности то није случај. Енергетски сектор захтева висококвалификовану радну снагу, што резултира високим платама у индустрији, иако је за тај сектор карактеристичан мали број радника. Сви послови у енергетском сектору могу се поделити у три категорије:

- *директни послови* (запослени у енергетском сектору за производњу, дистрибуцију или неку другу функцију);
- *индиректни* (запослени који робом и услугама обезбеђују обављање делатности самог енергетског сектора);
- *индуковани послови* (појединци запослени у прве две групе, примају приходе од плата и подстичу тражњу за робом и услугама у целукупној привреди).

Посебан значај у подстицању економског раста и повољног утицаја на привреду имају индиректни и индуковани послови.

Различите врсте енергије и горива. Како се привреде развијају и пролазе кроз различите развојне фазе, потрошња енергије се такође мења, а тиме и односи између енергије и економске активности (Toman, Jemelkova, 2003). Такозвани ефекат лествице[39], како су га дефинисали Barnes и Floor (1996) није нужно монотони линеарни прелаз из једног типа или комбинације енергија у други. Домаћинства и други корисници енергије не крећу

[39] Неки аутори заговарају постојање такозване енергетске лествице. То је опис типичног обрасца транзиције горива, повезаног са растом економског нивоа у типичној земљи у развоју и може се користити за илустрацију диференцираних улога различитих врста енергије у економској производњи.

се на поменутој лествици само узлазно (вертикално) већ у многим случајевима, зависно од могућности и реалних трошкова те прихода домаћинства, то кретање може бити и хоризонтално. Према енергетској лествици, прелазак на виши квалитет горива смањује енергетске потребе привреде за производњу јединица БДП.

На нижим нивоима друштвено-економског развоја, привреде генерално карактеришу традиционалне производне активности, које се претежно ослањају на примарне економске секторе попут пољопривреде. Енергија долази из лако доступних, углавном обновљивих и чистијих облика енергије (Tahvonen, Salo, 2001). У наредним фазама развоја, привреда се креће ка већем доприносу производног сектора, па се енергија добија из комерцијалне фосилне енергије и биогорива. На већини индустријализованих нивоа друштвено-економског развоја комерцијална фосилна горива и електрична енергија постају доминантан извор енергије.

Да би се што боље разумео утицај различитих врста енергије на економску производњу (као и предности и мане супституције различитих врста горива), важно је пажњу усмерити на концепт квалитета енергије. Квалитет енергије се дефинише као „релативна економска корисност по јединици топлотног еквивалента различитих горива и електричне енергије. Један од начина мерења квалитета енергије је гранични производ горива[40], који представља маргинално повећање количине производа или услуге произведене употребом једне додатне топлотне јединице по гориву" (Stern, 2004). Постоје одређени носиоци енергије који се могу користити у различитим активностима и секторима. Одличан пример за то је електрична енергија коју користе сви корисници енергије и сектори, за разлику од угља који се не користи директно већ индиректно кроз производњу електричне енергије.

Квалитет енергије није константан током времена већ може да варира зависно од нових технологија које се примењују и од релативних трошкова по јединици енергије. Данас се струја сматра најквалитетнијом врстом енергије (ипак треба напоменути да је производња електричне енергије и даље повезана са количином других горива – природним гасом, фосилним горивима и дрветом), а сам квалитет енергије је цењен још шездесетих година прошлог века (Schurr, Netschert и остали, 1962).

Економске структуре. Структура привреда није фиксна и константна током времена. Према Ростовљевој теорији (Rostow, 1960), постоји пет основних фаза у развоју привреде:

[40] Постоје одређене карактеристике горива које утичу на њихов гранични производ: густина, еколошка прихватљивост, безбедност, приступачност, цена конверзије, капацитет складиштења и природна оскудица. Осим физичких атрибута, постоје и економске карактеристике као што су цена и количина фактора производње потребних за његову производњу и употребу.

- *традиционално друштво*: пољопривреда, лов и риболов су главне економске активности са ограниченом употребом технологије и капитала;

- *предуслови за покретање*: развој и комерцијализација већ успостављених сектора, улагање и боља експлоатација природних ресурса, почетна фаза удела и размене производа и трговине;

- *узлет*: започињу процеси индустријализације и урбанизације, шире се секундарни сектори;

- *погон ка зрелости*: развој диверсификације производних добара, опште и друштвене инфраструктуре и транспортних система;

- *доба масовне потрошње*: производни сектор доминира домаћом производњом, општа потрошња потрепштина и луксузних добара и услуга, урбано друштво.

Иако Ростов истиче да је пролазак кроз сваку од пет фаза развоја привреде прилично линеаран, дужина фаза није унапред дефинисана и извесна. Развијеније фазе карактеришу енергетски интензивније индустрије и већи приходи становништва, који последично имају веће потребе за добрима и услугама и тиме додатно утичу на енергију, померајући потражњу за енергијом навише. Чак и услужној индустрији и финансијском сектору, који имају доминантан допринос у каснијим фазама привредног развоја, потребне су веће количине и квалитет енергетских ресурса да би функционисали.

Споменућемо и Кузњецову криву животне средине, према којој побољшањем економског развоја до одређене граничне тачке долази до деградације животне средине и погоршања енергетског интензитета у смислу прекомерне употребе, након чега се побољшавају квалитет животне средине и енергетска ефикасност. То се дешава због промена економске структуре и веће доступности капитала за улагање у енергетски ефикасне технологије.

Структуре цена. Потреба да се разуме однос енергетске потрошње и економског раста постаје неизбежна у светлу непредвидљивих кретања цена енергије. Утицајем енергетских ценовних шокова на економију и њиховим значајем бавио се Хамилтон (James D. Hamilton).

Енергија је комерцијализован производ и зато је њена потражња у великој мери повезана не само са економском производњом и приходима домаћинства већ и са њеном ценом. У многим енергетским студијама, цена енергије се показала као значајан фактор који

би потенцијално могао да смањи величину односа између потрошње енергије и економског раста.

Концепт ценовне еластичности подложне променама цена, за мерење реакције потрошача у потрошњи енергије, дефинише се на следећи начин:

$$e_d = \frac{\Delta Q\%}{\Delta P\%} = \frac{\frac{Q_1 - Q_0}{Q_0}}{\frac{P_1 - P_0}{P_0}} \tag{3.1}$$

где је e_d ценовна еластичност потражње за енергијом, Q тражена количина енергије, а P цена енергије (где Δ означава промену између два периода, док је 1 последњи временски период, а 0 почетни временски период).

Могућа су три различита сценарија:

- $e_d = 0 \rightarrow$ потражња за енергијом је *савршено нееластична* (када цена варира, потрошачи не мењају количину коју троше);
- $-1 < ed < 0 \rightarrow$ потражња за енергијом је *релативно нееластична* (промена потражње за енергијом [у процентима] *мања* је од процентуалне промене цене);
- $-\infty < ed < -1 \rightarrow$ потражња за енергијом је *релативно еластична* (промена потражње за енергијом [у процентима] *већа* је од процентуалне промене цене).

У стручној литератури преовладава став да развијене земље имају мању негативну еластичност од земаља у развоју, да је еластичност мање негативна за богатије потрошаче него за сиромашније и да су еластичности мање негативне на кратак него на дуги рок. Значај ценовне еластичности није статичан већ може да варира зависно од нивоа цена, услова на тржишту енергије и социоекономских услова у земљи (Inglesi-Lotz, 2011). Правац и величина одговора на промену цена значајно варирају у различитим привредним секторима, зависно од доступности супститута и енергетског интензитета производње (Blignaut и остали, 2015). Стога би са становишта креирања политике било корисно имплементирати секторски диференциране структуре цена енергената.

Осим утицаја цена на потрошњу и потражњу енергије, цена енергије игра важну улогу за привреду у целини. Ниво цена енергената утиче на понашање потрошача и добављача у привреди. Уколико су цене ниске, онда се смањују трошкови за скоро све производе, повећавајући на тај начин и понуду и потражњу, а тиме и економски раст. С друге стране, ако су цене енергената веће, оне врше силазни притисак на економски раст (са изузетком земаља извозница енергената које имају користи од виших цена нафте).

Финансијски развој утиче на смањење ризика и трошкова задуживања, чиме је олакшан приступ капиталним и инвестиционим токовима. На тај начин произвођачи и потрошачи добијају приступ савременим енергетски ефикасним производима и технологијама. Финансијски развој утиче на енергетику преко следећих канала: приступ финансијским производима и тржиштима омогућава потрошачима да позајмљују средства како би купили енергетски интензивније производе (куће, аутомобиле и кућну технику), чиме се повећава потрошња енергије, предузећима је омогућен приступ финансијском капиталу за изградњу нових или проширење постојећих капацитета за пословање, што такође повећава енергетске потребе привреде, док добро развијено тржиште акција може да омогући инвеститорима и предузећима информацију о предстојећем економском расту, чиме се повећава пословно поверење и следствено промовише раст потражње за енергетски интензивним производима. Ти канали могу бити активни само ако постоји ефикасан банкарски и финансијски систем који добро функционише и који побољшава функционисање тржишта акција. Приликом креирања енергетске и еколошке политике треба узети у обзир и утицај финансијског развоја. Приступ финансијским производима обезбеђује капитал за улагање у енергетски ефикасне технологије и производе који стварају потенцијал за смањење потрошње енергије и промовисање енергетске ефикасности, а финансијски развој пружа и додатне могућности за истраживање и развој енергетски ефикаснијих технологија, од којих ће користи имати друштво у целини (Abidin и остали, 2015). Karanfil (2009) се бавио проучавањем променљивих које обухватају финансијски развој земље и које могу утицати на однос енергетска потрошња – економски раст. Sadorsky (2010) је истицао да берзанске и банкарске активности имају утицај на потражњу за енергијом и промовишу економски раст те да финансијске институције позитивно утичу на раст једне земље. Постоје два канала преко којих већа берзанска активност може побољшати економски раст (Minier, 2009). Континуираним развојем тржишта акција успоставља се више прописа којима се доприноси већем поверењу инвеститора. Такође, порастом активности на берзи повећавају се диверсификација и ликвидност што доводи до инвестиција са већом профитабилношћу.

За квантификовање утицаја финансијског развоја користе се бројне променљиве, али се стране директне инвестиције (SDI) најчешће користе у научним истраживањима. Barro и Sala-i-Martin (1995) потврдили су да су SDI један од главних разлога модернизације привреде, а Abidin и остали (2015) су истакли да SDI могу повећати потрошњу енергије експанзијом развоја индустријског, логистичког и производног сектора.

Приликом креирања и планирања енергетске и еколошке политике не треба занемарити улогу **међународне трговине** која постаје све значајнија у контексту све веће глобализације. Непостојање међународне трговине (извоз плус увоз) у моделу раста може потценити или преценити ефекат потрошње енергије на макроекономски раст (Rahman, Mamun, 2016).

У научним истраживањима све већи значај добијају хипотезе о расту узрокованом трговином (енгл. *trade-led growth*) и о трговини узрокованој растом (енгл. *growth-led trade*). За раст који је узрокован трговином претпоставља се да увоз и извоз доприносе економском расту земље. С друге стране, за трговину узроковану растом полази се од претпоставке да економски раст подстиче трговински учинак земље. Као и у случају нашег предмета интересовања за однос енергетске потрошње и економског раста, и овде су могућа четири сценарија, односно четири правца тог односа:

- трансфер академског и техничког знања и технологије, те токови страних директних инвестиција (SDI) могу утицати на економски раст;
- економски раст може створити услове да земља има конкурентску предност у трговини са другим земљама;
- трговина и економски раст су независни;
- постоји негативна веза између трговине и економског раста, која се обично приписује томе што је увоз већи од извоза, а то негативно утиче на раст.

Међународна трговина је тек у последње време добила значај у енергетској литератури, о чему говоре Katircioglu и остали (2016) и Sadorsky (2012), истичући да се трговина, економски раст и потрошња енергије током времена заједно крећу. Стога је неопходно прво испитати могуће узрочно-последичне везе како би се боље разумео тај однос, што може да помогне у креирању и примени трговинске политике.

Када се економски раст промовише извозним активностима, онда извозни сектори захтевају веће количине и бољи квалитет фактора производње како би повећали своју производњу (па расте и њихова потражња за енергијом). Када се креатори политике фокусирају на смањење потрошње енергије из еколошких разлога или у случајевима честих прекида напајања, постављају се додатна ограничења са становишта расположивости инпута за производњу робе и услуга и на домаћем плану, услед чега је економски раст под притиском, и у трговинске сврхе, услед чега је и извоз под притиском.

До пораста енергетских капацитета и раста енергетске потрошње долази када се реална економска производња повећа, што обично резултира повећањем увоза у наредним периодима и тај ефекат је израженији за земље увознице енергије. Раст потрошње енергије

има велики потенцијал да подстакне привредну активност земље и приходе домаћинства, што резултира већим трговинским могућностима (и са увозне и са извозне тачке гледишта).

С друге стране, смањењем потрошње енергије (односно применом политика уштеда чији је циљ смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште) смањује се међународна трговина у случају када су трговинске активности у значајној мери повезане са потрошњом енергије (Sadorsky, 2012).

Раст становништва, посебно у земљама у развоју, и све већи број домаћинстава која имају приступ енергетским услугама, учинили су **становништво** значајним фактором потражње за енергијом једне земље. Треба испитати и индиректни утицај становништва на потрошњу енергије, на основу специфичних карактеристика као што су густина насељености, старосна структура, величина домаћинства и урбанизација (Liddle, 2014). Лидл истиче да становништво у различитим животним фазама и старосним групама има различито понашање, навике, нивое прихода, што утиче и на потражњу за енергијом, те је старосна структура важна за проучавање тог односа. Аутор истиче и да величина и старост домаћинства утичу на понашање у потрошњи енергије.

Овде је корисно споменути и **урбанизацију**. Урбанизациона кретања изазивају структурне промене у бројним привредним секторима и привреди у целини. Становништво руралних подручја тражи више могућности на тржишту рада и за приступ основним услугама и инфраструктури у главним градовима. Утицај кретања становништва према урбаним подручјима тешко је предвидети. С једне стране, урбанизација подстиче економску активност како потрошња и производња постају све концентрисаније, а у исто време резултира економијом обима и могућностима за енергетску ефикасност и примену чистијих врста енергије (Sadorsky, 2013).

Sadorsky (2013) је идентификовао четири потенцијална канала утицаја урбанизације на енергију и раст. Први је утицај на економску производњу. Привредна активност је концентрисана у градовима, што помаже економији обима у производњи, посебно имајући у виду да је и радна снага сада ближе. Међутим, у процесу урбанизације, енергетски интензивни сектори (попут производње) замењују мање енергетски интензивне пољопривредне активности. Други канал утицаја је повећање коришћења транспорта (повећава се саобраћај у урбаним подручјима и ван њих, што резултира већом потражњом за енергијом). Трећи канал утицаја је растућа потражња за инфраструктуром и услугама. Последњи, четврти канал утицаја су промене у преференцијама домаћинстава и потрошачким корпама (приходи становништва имају тенденцију повећања, а са тим се мењају и избори и преференције у потрошњи; такође, начин на који се енергија користи за потребе домаћинства мења се урбанизацијом).

Међутим, урбанизација се често сматра одговорном за већу потражњу за енергијом и пад квалитета животне средине. Међународна агенција за енергију (IEA, 2012) известила

је да више од 50% глобалне популације живи у урбаним областима, где се одвија више од половине глобалне потрошње енергије и производи више од 60% емисије CO_2. Урбано становништво има бољи животни стандард јер им је омогућен лакши приступ модерној инфраструктури, снабдевању водом и енергијом, транспорту и телекомуникацијама. Осим тога, повећање стамбених потреба и раст инвестиција све више доприносе потражњи за енергијом.

Стварни утицај урбанизације зависи од нивоа богатства земље (Ji, Chen, 2017) и стога величина ефекта није иста за све земље и у свим периодима. Позитивна веза између урбанизације и потрошње енергије интензивнија је у земљама са средњим нивоом дохотка. Иако сиромашније земље карактерише брза урбанизација, мале могућности финансирања онемогућавају изградњу инфраструктуре у новим, проширеним урбаним подручјима. С друге стране, већ напредне индустријализоване земље са високим нивоом дохотка достигле су максималан ниво урбанизације, те отуда мање варијације у трендовима урбанизације неће променити већ успостављену инфраструктуру. Такође, и просечан доходак по глави становника је већ релативно висок, па се обрасци потрошње неће драстично променити.

Нажалост, изузетно актуелни фактори, поготово у светлу тренутних ратних дејстава у Украјини, јесу **милитаризација и национална одбрана**. Међународни напори да се смањи потрошња енергије, побољша енергетска ефикасност, а самим тим и смање емисије CO_2, усмерени су првенствено на понашање и енергетске профиле индустријског и стамбеног сектора. Један од углавном запостављених сектора у нашој области проучавања, за који се издваја велики део буџета земаља, јесте национални војни сектор. У литератури се указује на чињеницу да би било пожељно истражити и узети у обзир и утицај одбрамбене димензије на потрошњу енергије и деградацију животне средине (Clark и остали, 2010) посебно због честих ратова који се воде ради стицања доминације над изворима нафте и других природних ресурса. За вођење ратова који су енергетски интензивни и самим тим повећавају потрошњу енергије потребне су и јаке војне снаге. Управо земље са напреднијим војним снагама користе ту своју позицију како би обезбедиле приступ природним ресурсима. То је посебно интензивирано од краја Другог светског рата до данашњих дана. Нажалост, та тенденција ће се наставити и у годинама које долазе.

Нарочито после Другог светског рата, војне операције су постале капитално и технолошки интензивније, трошећи нафту у већој мери него друге облике енергије. Све активности и сродне технологије у сектору одбране користе огромне количине пре свега енергије из фосилних горива, што додатно повећава потребе за енергијом. Осим тога, војни сектор се у великој мери ослања на нове и напредне технологије које се стално унапређују, па улагање у истраживање и развој, као и обука трупа, такође додатно повећавају потребе за енергијом. Последњих година, индустријски напредне земље усмеравају све више средстава на милитаризацију услед све веће бриге за своју одбрану (Bildirici, 2016). Војноиндустријски комплекс у великој мери утиче на политичка и економска дешавања у многим земљама.

Међутим, ништа мањи нису ни трошкови и потрошња енергије војних функција. Посебно високотехнолошке и модерне војске троше енергију за одржавање опреме и инфраструктуре чак и ако их не користе активно (Clark и остали, 2010; Roberts *и остали*, 2003), имајући у виду да трупе и административно особље треба да буду обучени, смештени, наоружани, одевени и транспортовани. Такође, војни сектор треба да има залихе сировина, муниције, резервних делова и друге помоћне опреме. Узимајући све у обзир, војна инфраструктура подразумева и повећава употребу енергије без великог доприноса економском расту земље. Посебно је важно истаћи да војни сектор има и приоритет прве врсте у одлучивању политичког врха неке државе.

Како би се квантификовао и проценио утицај милитаризације на однос између потрошње енергије и економског раста, у литератури су коришћене различите војне мере: укупни војни трошкови или трошкови по војнику (обично обухватају све капиталне издатке за оружане снаге, министарство одбране и администрацију, за рад, одржавање, истраживање и развој, накнаде, социјалне услуге и војну помоћ) и војно особље (обично укључује и активно војно особље, војну резерву и паравојне снаге).

Политичка разматрања. Енергетски систем се не разликује од било ког другог сектора у којем политички процеси и процеси доношења одлука утичу на однос између енергетских и економских ресурса. Процес креирања политике није „рационалан“ са економске тачке гледишта већ више технократски и политизован, што значајно зависи од историјских и културних утицаја и традиције, али, још важније, од опозиције и подршке неколико група које врше притисак (Jacobsson. Lauber, 2006). То се посебно односи на енергетска тржишта на којима су добављачи енергије државни монополи и где се одлуке о увођењу далековода и локалних дистрибутивних мрежа не доносе на бази постизања економске оптималности већ на основу стицања наклоности група за подршку и њихових интереса. Међутим, у последње време енергетски сектор све више карактеришу регулаторне реформе и доношење одлука на основу правних регулатива.

Већина снабдевача електричном енергијом традиционално је била у власништву националних влада. Цене су се држале на ниском нивоу из политичких разлога. Политиком регулације цене електричне енергије многе државе су водиле одређене за њу пожељне економске, социјалне и развојне политике, чиме су утицале на стандард становништва, привредни развој појединих региона, стимулисале развој есенцијалних индустријских грана и подизале конкуретност привреде. Истовремено, национални снабдевачи запошљавају велики број квалификованих и неквалификованих радника, а погоне за производњу електричне енергије увек треба одржавати и проширивати, што ствара све веће трошкове. Управо комбинација ниских прихода и високих трошкова изазива непланиране финансијске губитке који се морају покрити из државних прихода, што је у неким случајевима узроковало пружање лоших енергетских услуга.

Од политичких питања којима се бави енергетски сектор треба истаћи енергетско сиромаштво или недостатак приступа енергетским добрима и услугама. Једна од битних претпоставки успешног и ефикасног функционисања енергетског тржишта јесте заштита угрожених потрошача. Суштина заштите те групе потрошача јесте да се онемогући да рањиве групе буду искључене са мреже напајања због неизмиривања финансијских обавеза уколико би то могло да угрози њихову животну егзистенцију или да се негативно одрази на њихово здравље. Тако то питање постаје шири друштвени проблем, који свака одговорна држава мора да решава кроз надлежне институције. Светске анализе и студије које се баве том проблематиком показују да значајна разлика постоји не само у поимању начина и обима заштите угрожених потрошача већ и у дефинисању и класификовању категорија становништва које ће се наћи у заштићеној групи потрошача. Креатори политике улажу напоре да обезбеде пружање савремених енергетских услуга са циљем подизања животног стандарда грађана и укупног економског раста и развоја земаља.

Концепт **енергетске безбедности** привлачи све већу пажњу у научним круговима и међу креаторима политике. Европска комисија је укључила енергетску безбедност као део приоритетних области енергетске политике, заједно са енергетском ефикасношћу и одрживошћу. Прву дефиницију енергетске безбедности дала је Међународна агенција за енергију још 1985. године и према њој је енергетска безбедност „адекватно снабдевање енергијом по разумној цени“. Европска комисија детаљније дефинише концепт енергетске безбедности у Зеленој књизи као „непрекидну физичку доступност енергетских производа на тржишту, по цени која је приступачна за све потрошаче, уз поштовање еколошких норми и која гледа ка одрживом развоју” (Европска комисија, 2000). У Зеленој књизи је идентификовано и неколико извора ризика: *физички ризици* (трајни поремећаји услед застоја у производњи енергије или исцрпљивања енергетских ресурса и привремени поремећаји услед геополитичке кризе или природних катастрофа), *економски ризици*, *регулаторни ризици*, *социјални ризици* и *ризици по животну средину*.

За квантификовање концепта енергетске безбедности Scheepers и остали (2007) предлажу употребу две заменске променљиве: однос понуде и потражње (из националних енергетских биланса) и такозвани индекс способности за управљање кризама (енгл. *Crisis Capability Index-CCI*), који се односи на контролисање и смањивање ефеката привремених прекида напајања).

Туризам се сматра веома важним сектором за економски развој земље и индустријализацију привреде. Тај сектор доприноси економском расту девизним приливима, кретањем капитала, отварањем радних места и инвестицијама у развој инфраструктуре (Tang, Abosedra, 2014). Све те активности утичу на енергетске потребе једне земље, па не треба занемарити улогу туризма у укупној потрошњи енергије једне земље ни улогу потрошње енергије у туристичком сектору.

Развој сектора туризма доприноси укупној потрошњи енергије (али и климатским променама) кроз различите канале: потрошња енергије расте са растом смештајних и угоститељских капацитета, забавних садржаја и услуга транспорта. Потражња за енергијом у том сектору повећава се већ у периоду изградње хотела и других туристичких објеката. Најважнији фактор који утиче на потрошњу енергије у сектору повезан је са начинима транспорта туриста (Gossling и остали, 2002). Земља порекла туриста такође треба да се узме у обзир јер су студије показале да домаћи туристи (које карактерише највиши ниво енергетске свести и ефикасности) теже да бирају смештајна решења која промовишу уштеде енергије и коришћење обновљивих извора енергије (Tsagarakis и остали, 2011).

Напоменућемо и да се неколико аутора залагало за такозвано раздвајање потрошње енергије и економског раста (енгл. *decoupling*), што је у директној супротности са главном тезом да постоји релативно стабилан, фундаментални однос између енергије и аутпута, који се као такав може користити за даља предвиђања и проучавање тог односа. У том случају би сваки потенцијални „фундаментални однос енергетска потрошња – економски раст“ био подложан суштинским променама током времена. То значи да сви претходни случајеви узрочно-повезаног односа потрошње енергије и економског раста не би могли допринети предвиђању и доношењу политика у будућности, те би у најбољем случају имали маргиналну релевантност, што изазива сумњу у то да ли се таква веза може пронаћи (Mielnik, Goldemberg, 2002; Steinberger, Roberts, 2010).

3.2. Смер каузалности

Између потрошње енергије и економског раста постоји висока корелација која открива да између њих постоји снажна веза. Осим тога, општеприхваћена је чињеница да је енергија суштински инпут за производњу и роба и услуга. Због те чињенице, хипотеза о постојању везе између потрошње енергије једне земље и њеног економског учинка делује сасвим логично, али не даје информацију о смеру те везе, односно то је потребан али не и довољан услов постојања њихове узрочности.

С једне стране, коришћење енергије подстиче економски раст, док, с друге стране, економски раст ствара потребу за коришћењем додатне енергије. У истраживачком пољу енергетског раста (које истражује узрочно-последичне везе између потрошње енергије и економског раста) створено је обиље радова са прилично контрадикторним резултатима, што креаторима политике отежава да спознају какав је утицај на раст када се програми за уштеду енергије примењују у једној земљи, групама земаља или одређеним секторима. У фокусу свих тих радова су две главне променљиве од интереса – енергија и економски аутпут и четири општепризната исхода идентификације Грејнџерове каузалности између ових варијабли: *хипотеза неутралности* (нема каузалности), *хипотеза раста* (једносмерна

каузалност од потрошње енергије ка економском расту), *хипотеза очувања или конзервације* (једносмерна каузалност од економског раста ка потрошњи енергије) и *хипотеза повратне спреге* (двосмерна каузалност).

За једну државу је изузетно важно да идентификује, разуме и квантификује односе између потрошње енергије и економског раста (или неких додатних променљивих односа) како би формулисала адекватну и ефективну економску или енергетску политику са циљем да подстакне економски раст и како би на основу тога донела релевантну одлуку да ли да уложи додатне ресурсе и субвенционише цене енергије (и тиме пружи стабилно и дугорочно снабдевање енергије) или да смањи потрошњу енергије.

У првом случају, када држава доноси одлуку да обезбеди додатне ресурсе ради субвенционисања цена енергената са циљем обезбеђивања стабилних енергетских извора за привреду, каузалност има смер од потрошње енергије ка економском расту и потрошња енергије се може сматрати подстицајем економског раста. Када постоје такве каузалне везе, увођење законских ограничења о потрошњи енергије ради очувања животне средине, раст пореза на потрошњу енергената или пад потрошње услед екстерних шокова могли би се негативно одразити на економски раст. Такође, и међународне обавезујуће иницијативе, енергетска ефикасност или политике очувања могу негативно утицати на економски раст.

Политика очувања енергије произилази и из потребе да се очувају и заштите природни ресурси за будуће генерације и да се смањи емисија CO_2, чиме се заустављају климатске промене и загађење животне средине. Осим тога, ту политику диктирају и међународни еколошки споразуми, од којих су неки обавезујући и велики број земаља их је ратификовао. Еколошки проблеми (ефекат стаклене баште, крчење шума, киселе падавине које оштећују шуме и биодиверзитет и екстремно повлачење воде која се користи за производњу енергије) дубоко су повезани са енергетским политикама, а са њима су нераскидиво испреплетани и привреда и животна средина. Брз раст становништва и урбанизација имају огроман утицај на енергетске и еколошке проблеме и уједно представљају економске и социјалне проблеме.

Ако се не идентификују каузални односи између потрошње енергије и економског раста, онда се енергетска политика може одвојити од економског учинка и може се очекивати да економске политике неће утицати на потрошњу енергије.

Међу економистима преовладава мишљење да је енергија интермедијарно добро и да производња узрокује раст потрошње енергије. С друге стране, неекономисти углавном верују да каузалност иде од потрошње енергије ка производњи и, за разлику од економиста, они енергију сматрају производним фактором (Beaudreau, 2010).

Четири хипотезе су интензивно тестиране и у литератури је приметно да су кључни изазови идентификовани употребом различите методологије, различитих узорака и

временског интервала посматрања. Том проблематиком се у великој мери бавио Hajko (2017), који је проучио велики број радова о односу економског раста и енергетске потрошње и указао на проблем неадекватног одабира метода и изостављања релевантних променљивих. Приметно је да у склопу самог односа постоји много категорија и различитих фокуса истраживача, па тако одређени аутори и студије првенство значај дају примарној потрошњи енергије и економској активности (Carmona, Congregado, Feria, Iglesias, 2017; Liu, Zhou, Wu, 2015), док други пажњу усмеравају на одређену врсту енергије, примера ради на електричну енергију (Salahuddin, Alam, 2017; Sarwar, Chen, Waheed, 2017; Shahbaz, Sarwar, Chen, Malik, 2017), угаљ (Jinke, Hualing, Dianming, 2008), нуклеарну енергију (Baek, 2015), природни гас (Destek, 2016), обновљиве и необновљиве изворе енергије (Adewuyi, Awodumi, 2017; Alvarez-Herranz, Balsalobre-Lorente, Shahbaz, Cantos, 2017; Amri, 2017; Kahia, Aïssa, Ben, Lanouar, 2017; Rafindadi, Ozturk, 2017), у контексту енергетске транзиције чији је фокус на смањању емисије CO_2 и изазовима коришћења обновљивих извора енергије без негативног утицаја на економски раст.

Поменути однос, који изазива велико интересовање научних кругова, осим стриктних односа инпута (енергије) и аутпута (БДП), користи и контролне променљиве попут радне снаге и капитала. Такође, неки аутори користе и проширену контролу тог односа за додатне факторе попут ефекта глобализације који се може мерити директним страним инвестицијама, отвореношћу трговине, такозваним КОФ индексом глобализације (енгл. *KOF Globalization Index*).

На основу закључака аутора који су се бавили метаанализом, постоје одређени предиктори који утичу на то да ли ће каузални однос између посматраних променљивих постојати или не (примера ради, то су: година у којој је рад објављен, почетна година истраживања, биваријантни или мултиваријантни модел, фокус на једну или групу земаља [панел земаља], економетријски метод, ниво економског развоја, структура привреде и квалитет политичких институција посматране земље, климатске карактеристике).

Важно је напоменути да се и у случајевима када се потврди хипотеза о постојању каузалног односа између економског раста и потрошње енергије мора бити веома опрезан у дефинисању нових јавних политика и појединачних мера из области економије, енергетике и енергетске ефикасности које ће позитивно деловати на привреду у целини. Најлошији је сценарио из којег изостају мере и јавне политике које подстичу енергетску ефикасност јер то подразумева губитак позитивних ефеката унапређења енергетске ефикасности и у крајњој линији доводи до изостанка већег раста БДП.

Резултати досадашњих истраживања која су имала циљ да утврде постојање узрочног односа између потрошње енергије и економског раста и којег је смера та узрочност конфликтни су и имају различите закључке. Резултати спроведених истраживања могу се груписати у четири групе (зависно од хипотезе која је доказана).

3.2.1. Хипотеза неутралности (E ≠ BDP)

У случају када је потврђена хипотеза неутралности, не постоји каузалност између потрошње енергије и економског раста, односно други фактори утичу на потрошњу енергије и економски раст (директно или индиректно). Када према хипотези неутралности није идентификована узрочна веза између потрошње енергије и економског раста, то сугерише да потрошња енергије нема никакав ефекат на економски раст и обрнуто.

Према *хипотези неутралности* политике штедње енергије или располагање енергетским ресурсима у ограниченим количинама не би требало да утичу на стопу економског раста, као ни политике проширења снабдевања енергијом, односно такав утицај може бити толико мали да је изван способности да се детектује. Карактеристика те хипотезе је да она природно служи као статистичка нулта хипотеза у емпиријским истраживањима.

3.2.2. Хипозеза повратне спреге (E ↔ BDP)

Хипотеза повратне спреге или двосмерна каузалност подразумева постојање узајамне узрочности између економског раста и потрошње енергије, односно међузависност енергије и раста (обе променљиве утичу једна на другу). Хипотеза повратне спреге идентификује заједнички ефекат између потрошње енергије и економског раста, при чему сваки утиче на други на начин да повећање (смањење) потрошње енергије повећава (смањује) ниво БДП и обрнуто. Потврда те хипотезе подразумева да ће се мере које утичу на смањење и ограничење потрошње енергије негативно одразити на економски раст, односно последице врло сличне онима када је доказана хипотеза раста. Свако ограничење потрошње енергије угрозиће економски раст, док ће, с друге стране, економски раст утицати на повећање тражње за енергијом. Међутим, имајући у виду све потенцијалне варијанте међузависности, тај утицај је могуће поделити на више случајева који се међусобно разликују по знацима узрочности (+/+, +/−, −/+ и −/ −), те отуда сам појам двосмерне узрочности не даје посебне смернице сам по себи.

Међутим, највећи предмет интереса представљају једносмерни типови каузалности, тачније хипотеза раста и хипотеза конзервације (очувања). У ситуацијама када је у једној земљи потврђена једносмерна каузалност од потрошње енергије ка економском расту (економски раст зависи од потрошње енергије), може се очекивати да ће вођење политике ограничавања потрошње енергије узроковати пад или успоравање економског раста или евентуално стагнирање (Narayan, Smyt, 2007). С друге стране, примена политике енергетске

штедње у ситуацији када је потврђена једносмерна каузалност од економског раста ка потрошњи енергије неће изазвати негативне ефекте на економски раст (односно и ако постоји, тај ефекат ће бити занемарљив), што је случај и када не постоји каузалност између те две променљиве, односно када је потврђена хипотеза неутралности.

3.2.3. Хипотеза очувања енергије (конзервације) (BDP → E)

Хипотеза конзервације подразумева постојање једносмерне каузалности од економског раста ка потрошњи енергије. Према хипотези очувања, економски раст повећава потрошњу енергије. Ако енергетске и економске политике ограниче енергетску потрошњу, у случају да је *хипотеза конзервације* доказана, неће бити негативних последица по економски раст, а ни евентуална оскудица у енергетским ресурсима не би представљала проблем за постизање економског раста. У таквом окружењу постоји енергетски независна привреда (или, евентуално, мала енергетска зависност).

Типична импликација доказа за хипотезу очувања је да се планови за очување енергије могу спроводити а да не утичу на економски раст, односно да се може дати подршка примени политике очувања енергије која је мотивисана првенствено напорима да се смањи емисија штетних гасова и да се ублажи глобално загревање.

3.2.4. Хипотеза раста (E → BDP)

Хипотеза раста подразумева постојање једносмерне каузалности од потрошње енергије ка економском расту, која може бити директна и индиректна (енергија је комплементна радној снази и капиталу у процесу производње). Хипотеза раста постулира да повећање (смањење) потрошње енергије може узроковати повећање (смањење) нивоа БДП-а.

Према хипотези раста, потрошња енергије игра виталну улогу у економском расту. Уколико је *хипотеза раста* доказана, енергетска политика која би утицала на повећање енергетских цена или би на неки начин ограничила потрошњу енергије довела би до смањења економског раста и тада се препоручује ефективније коришћење енергије и реструктурирање привреде ка развоју оних енергетских сектора који су мање енергетски

интензивни. Другим речима, енергија је суштински важан ресурс за остваривање економског раста.

Ова хипотеза је заснована на претпоставци да је енергија неопходан фактор производње, односно да ће смањење снабдевања енергијом и, последично, потрошње енергије изазвати успоравање привреде. С друге стране, корисно је напоменути и да Beaudreau (2010) истиче да не постоји физичка веза између потрошње енергије у тренутку t која би могла изазвати промену БДП-а у тренутку $t+i$, где је i >1. Овде постоји блиска повезаност са дефиницијом Грејнџерове каузалности. Наиме, кажемо да променљива X узрокује Y (Грејнџерова каузалност, ако се Y може боље предвидети коришћењем историјског развоја и X и Y, у поређењу са способношћу предвиђања када се користе само опсервације са доцњом променљиве Y). Међутим, у самој дефиницији се не даје објашњење зашто је то тако. Опсервације са доцњом за један период могу имати другачији предзнак коефицијента од опсервације са доцњом за два периода, при чему су оба коефицијента статистички значајна. Већина радова који се баве том тематиком не узима у обзир све нијансе резултата и презентује резултате тако да када X узрокује Y, то значи да смањење X изазива смањење Y. Међутим, таква претпоставка о позитивном знаку узрочности је прилично јака јер се могу појавити још две ситуације (прва је негативан знак узрочности, када кумулирани ефекат повећања X узрокује смањење Y или смањење X узрокује повећање Y, а друга када коефицијенти заосталих променљивих X имају наизменичне предзнаке) (Fuinhas, Marques, 2019). Неколико аутора је истраживало управо тај проблем. Sari и Soytas (2007) су међу првима користили технику генерализованог импулсног одговора да анализирају динамику између енергије и економског раста, користећи капитал и рад као контролне променљиве, док су Bowden и Payne (2009) израчунали збир заосталих коефицијената у мултиваријантној векторској ауторегресији (VAR) такође уз коришћење капитала и рада.

Још једна хипотеза која се може поменути јесте такозвана хипотеза проклетства (енгл. *curse hypothesis*), која тврди да обиље извора енергије може негативно утицати на економски раст земље (Fuinhas, Marques, 2013). Може се истаћи да је у складу са „хипотезом проклетства“ пример Африке и Блиског истока, где повећање потрошње енергије има тенденцију да смањи економски раст. Fuinhas и Marques (2015) у свом раду доказују хипотезу проклетства за панел произвођача нафте. Такође, и Marques и остали (2017) у свом истраживању тврде да постоји могућност негативног утицаја потрошње енергије на економски раст у Африци и на Блиском истоку.

4. ЕМПИРИЈСКО ИСТРАЖИВАЊЕ

У последњем поглављу дисертације дефинисан је емпиријски оквир и приказани су резултати истраживања у погледу односа између економског раста и потрошње енергије на узорку земаља са средњим нивоом дохотка.

Подаци су анализирани применом економетријских метода панела, укључујући и коинтеграциону анализу, како би се тестирале полазне истраживачке хипотезе. На бази резултата емпиријске анализе, као и одговарајућих закључака дате су препоруке за вођење енергетске и економске политике.

На крају овог поглавља дефинисане су основнне смернице и препоруке за даља истраживања у предметној области.

Предмет ове докторске дисертације је анализа сложених односа који постоје између потрошње енергије и економског раста. Овај однос је важан јер има снажан утицај на предлагање економске и енергетске политике, као и политике заштите животне средине. У фокусу дисертације је утврђивање смера узрочности горепоменутих променљивих.

Имајући у виду да у научним круговима не постоји јединствен став о утицају потрошње енергије на привредни раст, као и да је заступљеност наше земље у емпиријским истраживањима изузетно мала, аутор се определио да истражи овај однос применом економетријских метода панела, на узорку земаља који укључује и Републику Србију.

4.1. Извори података и методологија

Спровођење истраживања захтева од истраживача да поседује поуздане и потпуне податке. Међутим, треба имати у виду да је сам дизајн истраживања често условљен расположивошћу података.

Један од најважнијих и најчешће коришћених извора података за истраживање односа између енергетске потрошње и економског раста је база података Светске банке. У овом истраживању користи се база података *индикатора светског развоја* Светске банке. Аутори углавном користе per capita податке („по глави становника“), иако су расположиви и у другим облицима. Препорука је да се користе подаци изражени у константним монетарним јединицама (тј. у константним доларима из одређене године), а у случају да се користе текуће вредности, укључивањем инфлације може се проверити да ли је употреба текућих вредности проблематична или не.

Важно је напоменути да различите базе података (*Eurostat и друге статистичке агенције у земљи (Републички завод за статистику), Бритиш Петролеум (*енгл. *British Petroleum, BP), Међународна агенција за енергију, база података OECD-а*) пружају различите дефиниције променљивих, та разноврсност је велика и зависи од тога шта истраживач треба да испита или жели да докаже. Избор базе података зависи како од теме, тако и од хипотеза које желимо да истражимо, али и од расположивости података. За потребе спровођења предметног истраживања подаци су преузети из базе годишњих података Светске банке - *World Development Indicators (WDI)*, која је јавно доступна.

Скренућемо пажњу на неколико методолошких питања (ограничења) које треба узети у обзир приликом процене односа између потрошње енергије и економског раста, у складу са наводима Bacon и Kojima (2016). Већина студија из ове области препознаје питање *истовремености (симултаности*), односно могућег присуства двосмерног односа између потрошње енергије и економског раста. Игнорисање постојања могуће обрнуте везе може довести до пристрасних резултата. Претпоставља се да ће повећање прихода појединаца (по глави становника) довести до повећања потражње за енергијом, иако померања релативне потражње између сектора (нпр. од производње ка услугама) могу довести до пада енергетског интензитета привреде. Односно доходовна еластичност потражње за енергијом може бити мања од јединице (иако и даље позитивна), а исто тако може да буде и нижа од нуле, иако се ретко дешава да еластичност постане негативна на нивоу економије. Све горе наведено упућује на потребу да се користи методологија која може на одговарајући начин раздвојити два смера узрочности и проценити њихову релативну важност.

Наредно о чему се мора водити рачуна јесте нестационарност података временских серија. Примера ради, уколико су подаци обе временске серије одређени неким трећим фактором (у коме такође доминира тренд) могло би се чинити да су у значајној корелацији чак и ако не постоји стварна веза између њих. Стога је неопходно проверити да ли су подаци стационарни применом тестова јединичног корена (како у истраживању не би била присутна лажна корелација), а у случају да нису приступа се провери коинтеграције променљивих.

Упоредни подаци, временске серије и панел подаци су најчешћи типови структура података који се користе у примењеној економетрији, као и у нашем истраживачком пољу. Скупови података који укључују временску димензију, као што су временске серије и панел подаци, захтевају посебан третман због временске корелације већине економских временских серија. Панел подаци се називају још и лонгитудиналним подацима и добијају се комбинацијом временских серија и упоредних података. У подацима панела испитују се исте јединице посматрања (нпр. појединци, фирме или земље) током датог времена периода. Коришћење панел података у енергетској економији има додатне предности, у смислу мање зависности (колинеарности), већег броја степени слободе, брзине прилагођавања променама економске политике, контроле хетерогености и ефикасности у идентификацији и мерењу економских питања и сл. (Baltagi, 2005).

Зависност упоредних података (панела) је једна од најважнијих дијагностика коју би истраживач требало да истражи пре него што оцени било који модел панел података. Постојање или одсуство овог проблема одређује пут који се даље треба следити. Уколико се утврди присуство зависности упоредних података, потребно је применити методолошке приступе који коригују интеркорелацију јединица посматрања, како би се обезбедила валидност и поузданост оцена модела. Постоји ограничен број тестова зависности упоредних података који се могу користити за откривање проблема зависности панела. Нултом хипотезом се тврди да „не постоји зависност у посматраним подацима“. Ако је скуп података састављен од малог броја јединица посматрања, онда се користи Breusch-Pagan-ов LM[41] тест (Breusch и Pagan, 1980). С друге стране, у случају када је број јединица посматрања знатно већи од временске димензије (T), тада је моћ Breusch-Pagan LM теста мала и у том случају се користи Pesaran CD (енгл. Cross-Sectional Dependence) тест (Pesaran, 2004), а вредност тест статистике пореди се са критичном вредношћу.

Од самог почетка истраживања односа енергетска потрошња-економски раст истраживачи су се сусретали са кратким временским серијама и недостатком броја опсервација за спровођење економетријске анализе. У том случају могуће је користити само панел податке. Из тог разлога је постала уобичајена пракса да се у истраживањима горепоменутог односа користе панел подаци. То је последично довело до унапређења и развоја методологије за анализу панел података. Коришћење панел података има неколико предности, између осталог обезбеђује довољно велике узорке да би се добиле прецизне оцене, као и да би се обезбедиле варијације у подацима. С друге стране, употреба панел података имплицира коришћење прилично јаке претпоставке о независности јединица посматрања у панелу. Висок степен глобализације, дејство заједничких шокова и ефеката преливања услед растуће економске и финансијске интеграције између земаља могу довести до постојања феномена зависности упоредних података (панела). У случају зависних панела, оцене нису ефикасне и дају неважећу статистику теста.

Употреба панел података доводи до узорака који углавном обухватају периоде око 30-40 година (за сваку земљу постоји ограничен број расположивих података на годишњем нивоу). Да би модели били робустни треба користити месечне или кварталне податке, међутим они врло често нису доступни. Подаци могу недостајати услед структурних или политичких препрека, или техничких проблема током периода извештавања, што узрокује појаву небалансираних панела. Један од начина превазилажења овог проблема јесте да одређене земље искључимо из узорка или да смањимо период посматрања података уколико постоје недостајући подаци. Такође, упркос корисности одређене променљиве, понекад се она мора искључити будући да је низ веома дисконтинуиран. Постоје различите статистичке методе које се баве недостајућим подацима. Примера ради, уколико вредност недостаје на почетку серије, може се пренети наредна доступна вредност на место недостајуће вредности

[41] Лагранжов мултипликатор (LM)

или се алтернативно може користити просек серије или предвиђање недостајуће вредности применом регресионог метода (Fuinhas и Marques, 2019).

Резултати студија које се баве проучавањем односа енергетске потрошње и економског раста, које обухватају велики узорак земаља користе се за проучавање глобалних односа, што представља корисну основу за добијање теоријских информација. Међутим, треба бити опрезан када се на њих ослањамо ради спровођења или доношења политике у вези са појединачном земљом, посебно у случају када су земље мале по броју становника и величини привреде. Стога, анализе за једну земљу треба сматрати једнако важним као и анализе за више земаља. Креатори политике треба да их консултују на комплементаран и синтетичан начин.

У овом истраживању, како би се применили модели и методе оцењивања, користиће се тестови за проверу испуњености полазних претпоставки (укључујући Hausman тест (Hausman, 1978) спецификације, као и Pesaran (2004) тест зависности панела).

Анализа панел података у дисертацији обухвата разматрање четири променљиве које су кључне за једначину којом се оцењује БДП. То су променљиве засноване на годишњим подацима који се истоветно посматрају у оквиру периода од 25 година (1990-2014.).

Опредељење за 1990. годину као почетну годину није случајно, та година је изабрана зато што је дошло до дисконтинуитета, односно стварања седам нових земаља од тринаест из скупа земаља које чине узорак, и то распадом СФР Југославије (Србија, Хрватска, Северна Македонија и Босна и Херцеговина) и Совјетског Савеза (Русија, Белорусија и Украјина). Временски период анализе завршава се 2014. услед чињенице да подаци нису расположиви за све земље из наше анализе након 2014. године.

У узорку ће бити анализиране европске земље са средњим нивоом дохотка[42], што обухвата укупно 13 земаља: Албанија, Белорусија, Босна и Херцеговина, Бугарска, Румунија, Русија, Северна Македонија, Србија, Украјина, Хрватска, Мађарска, Пољска, Турска. Временски период посматрања износи 25 година, тј. 1990-2014.

Максималан број опсервација за сваки од параметара износи 325, што класификује овакав узорак у групу малих узорака (детаљније анализирано од стране Koopman и Shephard, 2015).

Графички је зеленом бојом означена селекција свих 13 земаља, (график 1), одакле се може јасно сагледати да су земље груписане у централном, источном и јужном делу Европе, махом обухватајући земље бивше Југославије (осим Словеније и Црне Горе), совјетског

[42]То су земље означене да припадају групи „Emerging and developing Europe“, World Economic Outlook. (2022). Database—WEO Groups and Aggregates Information. International Monetary Fund. https://www.imf.org

блока (Русија, Украјина, Белорусија) и у мањој мери земље Европске уније (Пољска, Мађарска, Румунија, Бугарска), Албанију и Турску.

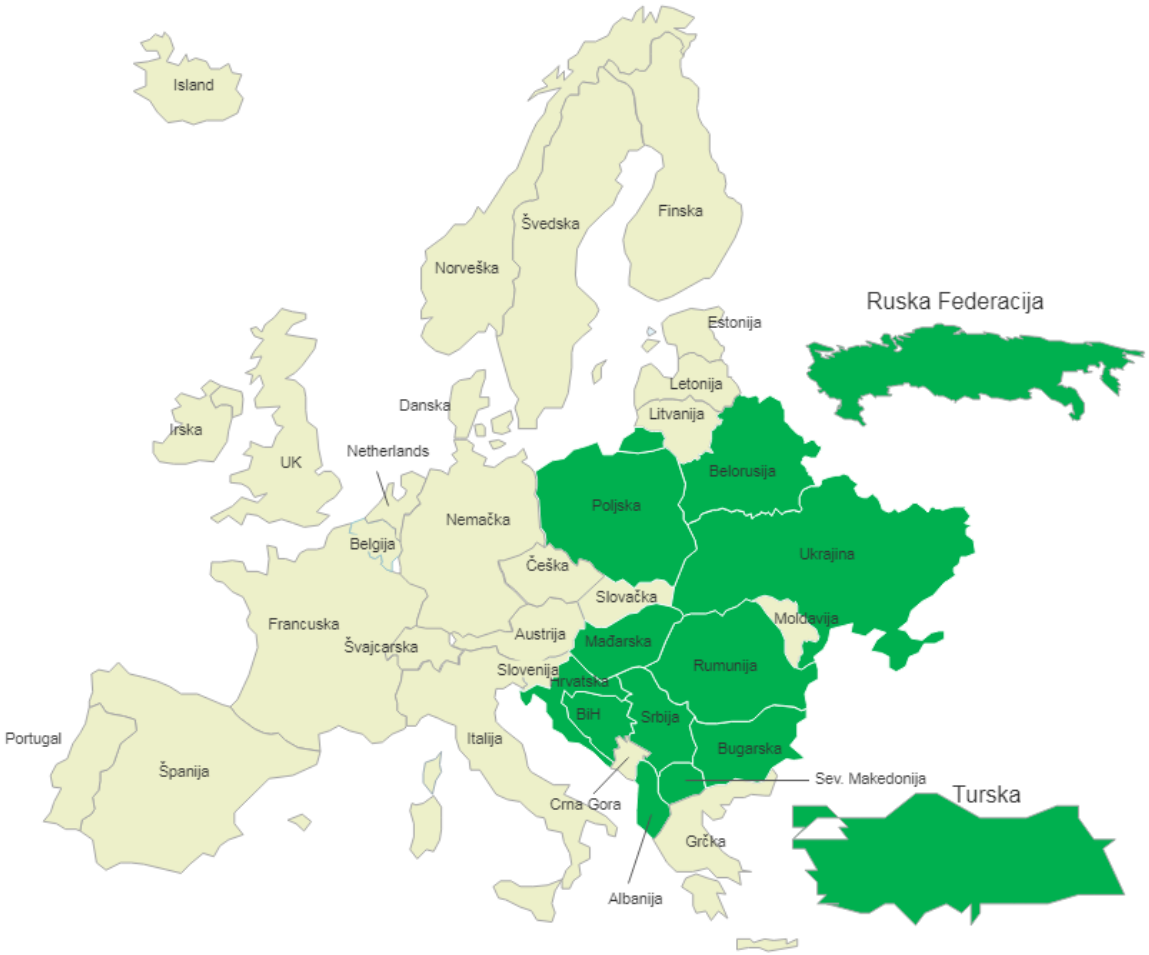


График 1, Земље средњег нивоа дохотка у узорку

*димензије територије Руске Федерације и Турске су умањене у односу на природну величину како би биле прилагођене визуелизацији

Проучавање односа енергетска потрошња-економски раст заснива се на емпиријском истраживању четири основне каузалне хипотезе и у великој мери се ослања на Грејнџеров концепт каузалности (Granger, 1969). Имајући у виду претходна истраживања, хипотезе које се тичу каузалне везе између потрошње енергије и економског раста, дефинисане су преко четири специфичне формулације:

• Хипотеза раста- једносмерна каузалност од потрошње енергије ка економском расту;

• Хипотеза конзервације- једносмерна каузалност од економског раста ка потрошњи енергије;

• Хипотеза повратне спреге- двосмерна каузалност између потрошње енергије и економског раста;

• Хипотеза неутралности- непостојање каузалности у било ком смеру.

Пред аутором се на почетку истраживања јавља дилема која се тиче избора регресије са две променљиве или вишеструке регресије, односно доношења одлуке да ли користити модел са једном или више независних променљивих. Важност овог избора огледа се у могућности појаве пристрасности уколико се изоставе релевантне променљиве код коришћења регресије са две променљиве, чиме се може утицати на промену смера и вечличине каузалности која је оцењена. У литератури су заступљене и регресија са две променљиве и вишеструка регресија. У случају да се аутор определи за вишеструку регресију, примењује се Cobb-Douglas-ова производна функција у анализи утицаја независних променљивих на зависну променљиву:

$$Y= AE^{\alpha 1}K^{\alpha 2}L^{\alpha 3}e^{u} \qquad (4.1)$$

где је Y ознака за аутпут привреде; E за енергију; K за капитал; L за радну снагу, A за ниво технолошког развоја, e за резидуал.

Логаритамска трансформација полазног модела даје спецификацију на бази које се истражује однос енергетска потрошња-економски раст на следећи начин:

$$\ln Y_t= \alpha_0 + \alpha_1 \ln E_t + \alpha_2 \ln K_t + \alpha_3 \ln L_t + u_t \qquad (4.2)$$

где је Y ознака за аутпут привреде; E за енергију; K за капитал; L за радну снагу, u за резидуал, t за временску димензију. Константа α_0 представља почетну вредност за $\ln Y_t$, када су све логаритмоване вредности осталих променљивих нула, док $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ представљају ниво еластичности у односу на природне логаритме променљивих за енергију, капитал и радну снагу респективно.

- У емпиријском оцењивању линеарне функције постављена су следећа ограничења:сума еластичности једнака 1 (α1+α2+α3=1\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = α1+α2+α3=1), што указује на сталне приносе на обим,

- Параметри еластичности (α1\alpha_1α1, α2\alpha_2α2, α3\alpha_3α3) су позитивни (α1,α2,α3≥0\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \geq 0α1,α2,α3≥0),

- Ниво технолошког развоја је константан или се мења у складу са унапред дефинисаном временском путањом.

Аутори Ghali и El-Sakka (2004) покушали су да обезбеде везу са неокласичном производном функцијом. Међутим, ова веза је веома слаба и теорија производне функције не даје дефинитивно објашњење за улогу енергије у поставци модела, а нема консензуса чак ни о једноставном питању да ли су капитал и енергија (фактори производње) комплементи или супститути. О томе сведоче различити резултати засновани на економетријским оценама генерисаним на нивоу индустрије (Stern, 2004). Међутим, имајући у виду да не постоје претходне информације о утицају додатних контролних променљивих (обично капитала и рада), те су регресиони модели са две променљиве често упитни.

Аутор доноси одлуку да ли ће користити агрегиране или податке по глави становника. Препорука је да се у панел студијама подаци нормирају величином популације како би били међусобно упоредиви (Pesaran, Shin и Smith, 2001).

У релевантним радовима (Stern, 2011; Kummel, 2011; Pablo-Romero и Sanchez-Braza, 2015) се указује да је потрошња енергије узрокована променама националног производа, што се заснивало на чињеници да је енергија сама по себи потрошно добро. Међутим, с обзиром на начин на који физика дефинише енергију, енергија се може користити за обављање рада, у смислу сличном макроекономском погледу на рад. Људи могу да обављају више посла, ако се укључе додатни облици енергије, поред људског рада. Као таква, енергија је вероватно способна да побољша продуктивност традиционалних фактора производње. Ово је мотивисало обогаћивање традиционалних макроекономских производних функција другим факторима (укупна факторска продуктивност или технолошко побољшање, побољшање материјала, диференцирани типови капитала и енергија).

Важно је не изоставити кључне променљиве које могу утицати на однос енергетске потрошње и економског раста. Ако је енергија повезана са аутпутом производном функцијом, за очекивати је да ће чак и минимални капитал и рад утицати на аутпут. Ако се ови фактори изоставе из статистичке анализе, онда резултати оцене могу бити пристрасни до мере могуће корелације између променљиве од интереса и изостављених променљивих. Слично, у функцији потражње, могло би се очекивати да цена енергије одређује потрошњу енергије. Стога, неукључивање цене енергије као променљиве у модел може довести до пристрасних резултата.

Многе студије узимају у обзир могућност постојања двосмерне везе између енергије и аутпута. Међутим, највећи број њих укључују само променљиве производне функције (капитал и рад) или само променљиве потражње (цене енергије). Међутим, неке студије расправљају о могућим додатним објашњавајућим променљивим које би требало да буду укључене у анализу када се тестира зависност између енергије и раста. На пример, Apergis и Tang (2013) и Liddle (2013b) су укључили урбанизацију као фактор промене у функцији производње кроз ефекте преливања и економију обима. Altintas и Kum (2013) су укључили извоз као фактор који одређује БДП.

Потребно је идентификовати адекватне методологије у погледу начина на који се мере енергија (потрошња енергије) и аутпут (БДП). Ово мерење може бити прилично једноставно и већина постојећих студија користи слична мерења која мало одступају једна од других. Међутим, уколико су друге објашњавајуће променљиве укључене у спецификацију емпиријског модела или у статистичко тестирање, могуће грешке мерења могу допринети пристрасности оцена. С тим у вези аутори Bacon и Kojima (2016) су идентификовали два проблема мерења у литератури. Први се тиче проблема мерења капитала, односно капитал је ретко доступан на бази временских серија (посебно уколико посматрамо земље у развоју). Како би се решио овај проблем, користе се реалне бруто инвестиције у стални капитал као замена за капитал. Међутим, коришћење података о инвестицијама може бити проблематично, имајући у виду да је реч о променљивој тока која не узима у обзир залихе капитала акумулиране током година, као ни прилагођавање за амортизацију имовине. То може довести до одбацивања капитала као важне променљиве у процени производне функције, а самим тим и пристрасне оцене везе енергије и раста. С друге стране, Sari и Soytas (2007) истичу да оцене основног капитала методом сталног инвентара[43] претпостављају константну стопу амортизације, те да су било каква одступања у капиталу углавном повезана са променом улагања (инвестиција). Дакле, могуће је добити прилично поуздан податак о капиталу из нових података о фиксним улагањима (Sari и Soytas (2007), Lee и остали (2008)).

Други проблем на који су указали горепоменути аутори јесте чињеница да цена енергије није доступна за већину земаља. Како би се решио тај проблем, у неким студијама се користи индекс потрошачких цена (Consumer Price Index – CPI) као замена (прокси променљива) (Altintas и Kum 2013; Eggoh и остали, 2011), док су друге користиле међународну цену сирове нафте изражене у америчким доларима (Ouedraogo, 2013). Иако имају одређене предности, овакви приступи могу бити методолошки проблематични. Цена енергије би требало да се изрази у реалним терминима, односно да се коригује у односу на дефлатор бруто домаћег производа (Gross Domestic Product Deflator – GDP Deflator), који представља најшире мерило општег нивоа цена у економији. Такав приступ омогућава доследну анализу супституције између енергије и других компоненти потрошње, на шта су указали Stern и Enflo (2013). Коришћење индекса потрошачких цена или GDP дефлатора као

[43]енгл. Perpetual inventory method- PIM

замене за релативну цену енергије уместо директне мере може увести грешку мерења у променљиву, што потенцијално доводи до пристрасности и неефикасности у економетријској процени. У студијама са панел подацима, уобичајено је да се производња (аутпут) мери у константним америчким доларима, па је сходно томе и цене енергије потребно изразити у истој валути. У том случају се често примењује CPI, иако тај индекс најчешће није коригован за промене девизног курса. С друге стране, међународна цена сирове нафте, иако номинално изражена у америчким доларима, не одражава релативне промене цена унутар националне економије, нити репрезентује структуру домаће потрошње енергената.

Методолошки приступ анализи односа између потрошње енергије и економског раста треба да буде прилагођен институционалним и структурним специфичностима посматраних економија, уз детаљно сагледавање њихових макроекономских и енергетских карактеристика. У том контексту, пожељно је спроводити анализу не само на агрегатном (националном) нивоу, већ и на дисагрегираним нивоима — као што су секторски или регионални — како би се идентификовале хетерогености у природи и интензитету те релације, те уочиле специфичности у начину на који различити делови економије реагују на промене у потрошњи енергије.

С тим у вези, одређени аутори истичу да постоји снажна потреба за диференцирањем између различитих врста енергије. Примера ради, Toman и Jemelkova (2003) заговарају спецификацију производне функције са разликом између физичког капитала, људског капитала, енергије високог квалитета и енергије ниског квалитета[44]. Разликовање карактеристика и употреба различитих типова енергије довело је до појаве специфичности у проучавању односа енергетска потрошња- економски раст, у смислу фокусирања само на потрошњу одређених врста енергије. Ово се посебно односи на електричну енергију (али и на обновљиве изворе енергије, нуклеарну енергију, фосилна горива, нпр. угаљ, нафту, гас). Електрична енергија је висококвалитетна енергија, која се лако претвара у друге врсте енергије и отуда ужива толику пажњу. Неки аутори сматрају да је доступност енергије довољног квалитета важан аспект економског развоја (Stern, 2011). О значају електричне енергије у проучавању овог односа говори и Gross (2012) који документује електричну енергију као врсту енергије са највишим стопама раста потрошње током периода 1949–2009. Важна истраживачка област енергетска потрошња- економски раст која се тиче односа између електричне енергије и економског раста, појавила се релативно рано. Међу првим студијама овог односа које су истраживале узрочно-последичну везу електричне енергије и раста биле су Murry и Nan (1994); Yang (2000); Aqeel и Butt (2001); и Ghosh (2002). Међутим, оно што се може тврдити јесте чињеница да, иако је електрична енергија важна, она и даље представља само мали део потрошене енергије.

[44]Квалитет енергије се одређује као количина одређеног облика енергије која се може претворити у механичку енергију. Енергија високог квалитета подразумева електричну енергију, механичку енергију и неке облике хемијске ускладиштене енергије (примера ради, фосилна горива), док енергија ниског квалитета подразумева топлотну енерргију (Jensen, 1980; Thollander и остали, 2020).

Студије које су се бавиле односом нуклеарне енергије, која се углавном користи за производњу електричне енергије, и економског раста, имала су још строжија ограничења у својим енергетским променљивим, с обзиром на ограничен број земаља које стварно користе нуклеарну енергију. Како се истиче, прва студија која је обратила пажњу на нуклеарну енергију (у контексту посматраног односа) била је студија Yoo и Jung (2005), након чега је уследио читав низ радова на тему нуклеарне енергије од стране Payne и Taylor (2010); Apergis и остали (2010); Menyah и Wolde-Rufael (2010); Wolde-Rufael (2010); и Wolde-Rufael (2012). Међутим имајући у виду да се само делић електричне енергије производи помоћу нуклеарне топлоте, то доводи у сумњу корисност нуклеарне топлоте као избора енергетске променљиве.

Поред поменутих електричне и нуклеарне енергије, аутори су се бавили и обновљивим изворима енергије, а међу првим радовима који су проучавали овај однос били су Sari и Soytas (2004); Ewing и остали (2007); Sari и остали (2008). Експлицитнији фокус на обновљиве изворе енергије, као посебан облик енергије, може се наћи у раду Payne (2009) који разликује обновљиве и необновљиве изворе енергије, Sadorsky (2009) који је разматрао регресију са две променљиве (обновљивом енергијом и приходима), Menyah и Wolde-Rufael (2010) који су укључили обновљиву енергију уз нуклеарну енергију, емисије и производњу, Payne (2010) који се фокусирао на биомасу и Yildirim и остали (2012) који су користили обновљиве изворе енергије.

Главни мотив за укључивање нуклеарне енергије или обновљивих извора енергије је низак интензитет угљеника и њихов значај у промоцији енергетске безбедности. Емисије угљеника, обновљиве изворе енергије, нуклеарну енергију и раст, на основу претпостављеног нижег интензитета угљеника ових извора енергије разматрају Apergis и остали (2010b), као и Menyah и Wolde-Rufael (2010).

Као два главна аргумента против анализе засноване на индивидуалном типу енергије истиче се чињеница да посебна врста енергије (било која) доприноси само малом уделу укупне потрошње енергије (чак је и удео енергетског сектора у укупном БДП релативно мали) и да је присутна разноликост мешавина горива у појединачним привредним секторима. Селективни фокус на одређену врсту енергије може довести до погрешних закључака ако се не узму у обзир секторске разлике. Потенцијално јака пристрасност анализе засноване на индивидуалном типу енергије је укорењена у супституцији енергије током времена (такозвана енергетска лествица)[45], што је посебно карактеристично за веома дуге временске периоде. Промене у потрошњи једне врсте енергије могу се погрешно

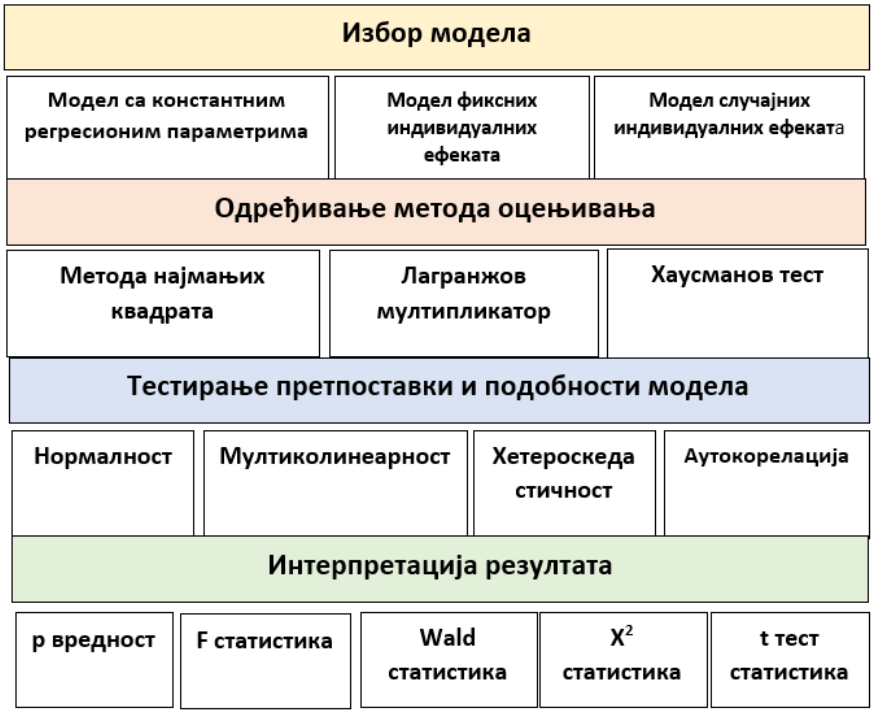
[45] Неки аутори заговарају постојање такозване енергетске лествице, која представља опис типичног обрасца транзиције горива, повезаног са растућим економским нивоом у земљи у развоју и може се користити за илустрацију диференцираних улога различитих врста енергије у економској производњи.

повезати са повећаним економским растом једноставно због изостављања промена у другим врстама енергије.

Друга врста радова која проучава овај однос односи се на употребу енергије у привреди (по секторима). У питању је приступ који се фокусира на појединачне привредне секторе. Често имамо ситуацију да је дисагрегација по секторима ограничена на појединачне секторе услед ограничене расположивости података, а БДП се узима агрегирано, иако је потрошња енергије по секторима поприлично диференцирана.

Транспорт се претежно ослања на нафту, док су индустрији (а поготово производњи) углавном потребни електрична енергија и топлота, а стамбеној потрошњи углавном топлота. Све наведено указује на чињеницу да могу постојати неки важни диференцирани односи, који приликом агрегације на више нивое остају неоткривени. О томе говори Gross (2012) истичући да је таква ситуација пример такозваног Симпсоновог парадокса (Simpson, 1951). Он тврди да би Грејнџерова узрочност у односу енергетска потрошња- економски раст требало да се истражује искључиво на нивоу сектора. Сматра се да је међу првим радовима из ове области био рад Erol и Eden (1990), где је посматрана потрошња енергије у стамбеном, индустријском и транспортном сектору, као и укупна потрошња енергије. Однос између потрошње енергије и економског раста може бити сложен и подразумева стварање низа међусобно повезаних ефеката. Везе између потрошње енергије и економског раста идентификују се у смислу побољшане технологије, технолошких иновација, промена тржишних цена и функција потражње, већих инвестиција и стварања могућности за запошљавање. Стога се чини да би развој одговарајућих модела који могу обухватити ове ефекте и пружити интегрисану слику могао допринети дебати о енергетском расту. Оцењивање економетријског модела на панел подацима састоји се од низа корака, који ће бити приказани у наставку. Иницијална четири корака чине: спецификација модела, дескриптивна статистика, корелациона анализа и тестови јединичног корена. У истраживању ће се кренути од модела фиксних и случајних ефеката као економске спецификације модела панела. Након тестирања испуњености претпоставки различитих модела извршиће се избор спецификације модела и метода оцењивања. Да би се испитала робустност резултата оцењивања емпиријских модела, користиће се алтернативне спецификације, методи оцењивања и подузорци.

Шематски приказ процедура тестирања дат је у наставку:



Слика 1. Шематски приказ процедуре тестирања

4.2. Процес одабира променљивих

Истраживачи енергетског раста се на самом почетку свог истраживачког процеса суочавају са проблемом избора променљивих које ће користити у свом раду. Временом се производна функција која карактерише привреду или одређени привредни сектор континуирано обогаћивала додатним променљивим за које је утврђено да имају узрочну везу са потрошњом енергије и економским растом. Нажалост, за те променљиве не постоје довољно дуге временске серије и истраживачи могу да користе само податке панела.

Проблем одабира променљивих је изузетно важан у проучавању односа енергетска потрошња- економски раст. С тим у вези различите економске теорије проучавају повезаност поменутих променљивих, те опредељење за једну или другу теорију има директне политичке импликације (Camarero и остали, 2015). О поменутој вези (енергетска потрошња-економски раст) расправљали су бројни истраживачи у емпиријској литератури током протеклих 40 година (Belke и остали, 2011; Johansen, 1991; Sims, 1972).

Главни разлози шареноликости резултата истраживања су: примена различитих економетријских приступа, хетерогеност анализираних земаља и разлике у временском

распону узорака. Неки аутори тврде да је главни фактор који доводи до различитих резултата истраживача изостављање релевантних променљивих, које могу имати значајну улогу у овом комплексном односу (Ozturk, 2010; Payne, 2010; Coers и Sanders, 2013).

Основне променљиве које се разматрају су потрошња енергије и економски раст, где се БДП користи као показатељ економског раста и узима се као зависна променљива. Потенцијалне променљиве значајне за проучавање односа енергетска потрошња- економски раст су: стопа економског раста, енергетска потрошња (укупна обновљива и укупна необновљива енергија), запосленост, цене енергије (природног гаса, угља, нафте), инвестиције, енергетски интензитет, приход у новцу, енергетска ефикасност, производња енергије (угља, природног гаса, сирове нафте, нуклеарне енергије), индекс потрошачких цена, продуктивност (по секторима), извоз робе и услуга, увоз робе и услуга.

Литература је углавном усмерена на анализу последица коришћења енергије на производњу. Обично су земље груписане према нивоу прихода према класификацији Светске банке или географском подручју[46], док се постојање различитих нивоа прихода унутар група ретко среће у литератури, а управо би таква класификација могла дати информативније резултате о природи односа између потрошње енергије и економског раста.

Као што је раније истакнуто у проучавању овог односа проблем представљају мали узорци. Аутори често примењују једноставну регресију са две променљиве, што је разумљиво са практичног становишта и изводљивости добијања резултата. Међутим, поставља се питање квалитета и применљивости добијених резултата, јер се управо код регресије са две променљиве често изостављају релевантне променљиве, што резултира пристрасношћу и невалидношћу модела.

Без обзира на изнете недостатке, вишеструке регресије су и даље мање заступљене међу истраживачима, најчешће због ограничене доступности података. Шест година након објављивања првог рада о овој теми, тачније 1984. године Yu и Hwang (1984) су разматрали и запошљавање (поред потрошње енергије и БДП-а), а рад Stern-а (1993) била је вероватно прва права вишеструка регресија (која је укључивала капитал и рад). Потешкоће са којима се сусрећу истраживачи вишеструких регресија јесу недовољна теоријска упутства о избору контролних променљивих. Укључивање променљивих капитала и рада (или њихових замена) произилази из теорије макроекономске производне функције. Истовремено, литература о нафтним шоковима пружа бројна објашњења за процес преносног механизма шока цена енергената на привреду, односно на продуктивност, што би захтевало укључивање мере цена енергије у вишеструке регресије које се баве овим односом. У идеалним поставкама, требало би уградити и опште инфлаторне и монетарне канале утицаја.

[46] Овакво груписање земаља спроводи се како би узорак био хомогенији у смислу дефинисања енергетске политике, али не узима у обзир постојање хетерогености између земаља.

Препорука је да макроекономске контролне променљиве и цене енергије буду укључене у модел.

Међутим, употреба цена (и конкретно цена енергије) није тако честа у студијама. Чињеница да различите врсте енергије имају различите цене за исту калоријску количину енергије указује да различите врсте енергије могу имати различите ефекте на економију. Пажња аутора може бити усмерена на појединачне врсте енергената (управо због њиховог различитог утицаја на економију) или пак у комбинацији са укупном потрошњом енергије или другим врстама енергије. Однос електричне енергије и раста се посебно издвојио у научним круговима (о чему је већ било речи), док остали радови који се ослањају само на једну одређену врсту енергије (обновљиви извори, нуклеарна енергија, фосилна горива) нису заступљени у толикој мери да имају ознаку посебне категорије. Ипак, обновљива енергија је поприлично популарна и све већи број аутора се опредељује да истражује управо овај однос.

Постоји више приступа анализи ове теме, који укључују различите анализиране променљиве, различите економетријске приступе, као и различите земље за које се истраживање спроводи. На основу резултата истраживања није могуће утврдити недвосмислене односе између променљивих, које важе за сваку земљу у узорку и који се могу применити у свим временским периодима. Стога је у циљу повећања ефикасности одлучивања и реализације истраживачких активности потребно утврдити односе који одговарају специфичном предмету анализе и карактеристикама анализираних земаља.

Анализа зависности између четири наведена елемента производне функције може се написати на начин:

$$Y_{it} = f(K_{it}, L_{it}, E_{it}). \quad (4.3)$$

Елементи функције (зависна променљива и три независне променљиве) за сваки ентитет i у временском тренутку t су следећи:

- Y_{it}- *реални БДП по глави становника (**bdp pc**)*
- K_{it}- *реалне бруто инвестиције у основни капитал по глави становника (**bpk pc**)*[47]

[47] Бруто инвестиције у основни капитал обухватају побољшања земљишта (ограде, прокопе, одводе и слично); набавку постројења, машина и опреме; изградњу путева и железница, укључујући школе, канцеларије, болнице, приватне стамбене зграде и комерцијалне и индустријске зграде. Нето набавке вредних ствари (драгоцености) се такође сматрају формирањем капитала. Преузето 18. маја 2023. са: https://databank.worldbank.org/metadataglossary/all/series?search=gross%20fixed%20capital%20formation

- L_{it}- *удео радне снаге у укупној популацији* ***(ursp)***[48]
- E_{it}- *енергетска потрошња (еквивалент у килограмима нафте по глави становника)* ***(ep pc)***[49]

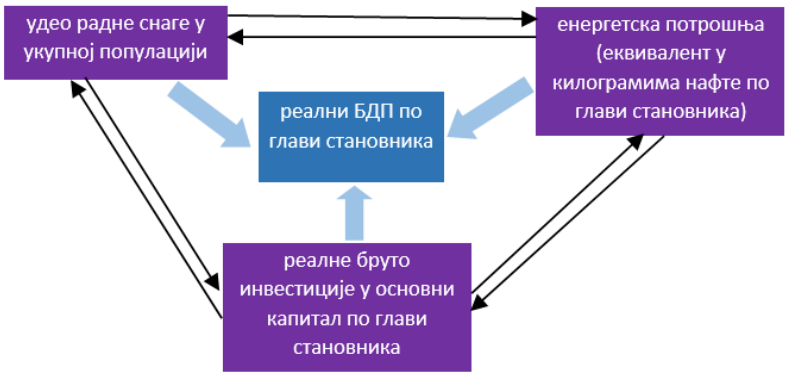
У дисертацији ће бити примењена анализа панел података у вишеструкој регресији која подразумева једну зависну променљиву (Y - реални БДП по глави становника, у варијанти природног логаритма) и три независне променљиве (x_1- реалне бруто инвестиције у основни капитал по глави становника, x_2- удео радне снаге у укупној популацији, x_3- енергетска потрошња (представљено као еквивалент у килограмима нафте по глави становника)), такође у варијанти природног логаритма. Цео модел је логаритмован ради линеаризације везе између посматраних променљивих, решавања проблема екстремних вредности, лакше интерпретације коефицијената и као начин деловања на потенцијални проблем хетероскедастичности (резултати оцењивања модела интерпретирају се као еластичности).

Економетријска анализа биће спроведена уз помоћ софтверског алата Стата 16.

БДП по глави становника је посматран као функција три економске димензије: K_t, L_t и E_t. На слици 2 је приказан однос утицаја три независне променљиве на реални БДП по глави становника, као кључан економски показатељ благостања једне земље.

[48] Радну снагу чине лица старости 15 и више година који обезбеђују рад за производњу добара и услуга током одређеног периода. Радна снага укључује лица која су тренутно запослена и лица која су незапослена, али траже посао, као и оне који први пут траже посао. Међутим, у ову категорију нису укључени сви који раде. Неплаћени радници, породични радници и студенти се често изостављају, а неке земље не укључују ни припаднике оружаних снага. Величина радне снаге има тенденцију да варира током године како варира број сезонских радника.
Преузето 18. маја 2023.
ca:https://databank.worldbank.org/metadataglossary/all/series?search=labor%20force%20total

[49] Употреба енергије се односи на употребу примарне енергије пре трансформације у друга горива за крајњу употребу, што је једнако домаћој производњи плус увоз и промене залиха, минус извоз и горива која се испоручују за бродове и авионе који се баве међународним транспортом. Преузето 18. маја 2023. са: https://databank.worldbank.org/metadataglossary/all/series?search=energy%20use



Слика 2. Однос утицаја три независне променљиве на зависну променљиву

За изабрани скуп земаља са средњим нивоом дохотка, истраживачке променљиве ће бити анализиране и тестираће се дефинисане истраживачке хипотезе:

H_1: *У случају земаља са средњим нивоом дохотка (које су предмет наше анализе), енергетска потрошња (мерена у килограмима еквивалентне нафте) има умерено позитиван, а статистички значајан утицај на раст БДП по глави становника.*

Хипотеза 1 одражава први циљ докторске дисертације, а то је да се детаљније истражи веза између раста бруто домаћег производа по глави становника и потрошње енергије (мерене преко еквивалента у килограмима нафте) у земљама Европе са средњим нивоом дохотка (обе променљиве посматрају се по становнику). Тестирањем хипотезе утврђује се да ли веза постоји, да ли је она једносмерна или двосмерна, као и смер деловања (уколико се утврди да је једносмерна).

Питање међусобног утицаја између наведених променљивих, које се разматрају у оквиру прве хипотезе, посебно је важно за земље средњег нивоа дохотка (попут Србије), које у тренутном периоду дефинишу своје стратешке циљеве преко максимизације стопе привредног раста, али, истовремено намећу питање редефинисања приоритета, услед интензивнијег спровођења планова и политика усмерених на диверсификацију извора сировина у енергетици и све строжију заштиту животне средине.

H_2: *Могуће је утврдити једносмерну каузалност између енергетске потрошње и економског раста у случају већих националних економија које су предмет наше анализе, као и двосмерну каузалност у случају мањих националних економија анализираних земаља.*

Хипотеза 2 испитује постојање и смер каузалности између раста бруто домаћег производа по глави становника и потрошње енергије, у случају земаља са укупним БДП већим од просека земаља у узорку, а такође и двосмерну каузалност између наведених елемената функције, у случају земаља које имају укупни БДП мањи од просека земаља у узорку.

Питање међусобног утицаја између наведених променљивих које се разматрају у оквиру друге хипотезе може бити релевантно у случају анализе земаља чији стратешки циљеви не рефлектују максимизацију привредног раста, или случајеве где потрошња енергије није на адекватном нивоу како би проузроковала економски раст у већој мери.

Тестирањем ове хипотезе утврдиће се, дакле, неколико каузалности, у односу на додатну класификацију променљивих према временској димензији и према димензији укупне величине националне економије (укупног нивоа бруто домаћег производа).

H_3: *„Могуће је посматрати БДП по глави становника једне земље као производ каузалности у већој мери са енергетском потрошњом и капиталом (у смислу бруто инвестиција у основна средства[50]) (двосмерна каузалност), односно са уделом радне снаге у укупној популацији у мањој мери (једносмерна каузалност).“*

Хипотеза 3 испитује постојање двосмерне каузалности између БДП и потрошње енергије и капитала (у смислу бруто инвестиција у основна средства), односно једносмерне каузалности између БДП и удела радне снаге у укупној популацији.

Ова хипотеза може потенцијално да укључи у разматрање чињеницу да ли радна снага (активност) у једној земљи доводи последично до повећања БДП-а. Преко ове хипотезе се интегрално узима у обзир да ли се у некој земљи генерише БДП као резултат високог удела радне снаге.

50 У овом истраживању, капитал се апроксимирао као бруто инвестиције у основна средства по глави становника. Овакав приступ подразумева коришћење података о инвестицијама у физичку инфраструктуру и опрему као индикатора капиталног улагања у економији. Ова апроксимација је коришћена као замена за директно мерење капитала у теоријском оквиру, јер није било доступних података о стању капитала у традиционалном економском смислу. Стога, овај модел користи новчану вредност бруто инвестиција као замену за капитал, што се сматра прихватљивим у контексту овог истраживања, али има своја ограничења.

H_4: У случају земаља из узорка које остварују већи економски раст, енергетска потрошња утиче на раст БДП per capita.

Хипотеза 4 одражава намеру да се детаљније истраже каузалности, у погледу раста бруто домаћег производа по глави становника и потрошње енергије у земљама Европе са средњим нивоом дохотка, и то специфично у земљама средњег нивоа дохотка где се бележи интензивнији раст БДП по глави становника (односно економски раст виши од просека скупа анализираних земаља са средњим нивоом дохотка).

У овом случају, још је евидентнија максимизација стопе привредног раста, тако да је очекивано да се детаљније утврди ниво позитивног утицаја потрошње енергије на економски раст. Додатно, четврта хипотеза претпоставља да земље Европе са вишим стопама раста БДП по глави становника, потенцијално могу да се разликују према нивоу утицаја потрошње енергије у односу на различите изворе сировина и врсту извора енергије (обновљиве, необновљиве изворе), самим тим објективно посматрајући ниво дохотка као фактор за избор земаља у узорку.

H_5: У случају земаља из узорка које остварују мањи економски раст, енергетска потрошња не утиче на раст БДП per capita.

Хипотеза 5 ће слично као и у четвртој хипотези бити искоришћена за детаљну анализу веза између раста бруто домаћег производа по глави становника и потрошње енергије (мерене преко еквивалента у килограмима нафте) у земљама Европе са средњим нивоом дохотка (обе променљиве посматрају се по становнику), али са фокусом на земље са мање интензивним економским растом.

Специфично за ово истраживање, уведена је помоћна променљива „просечан раст БДП по глави становника у периоду 1990-2014“ за сваку од земаља, како би се класификовале све земље у панелу: на земље са већим економским растом, односно на земље са мањим економским растом, о чему ће касније бити више речи.

Тестирањем хипотезе утврдиће се да ли веза постоји, да ли је једносмерна или двосмерна, као и смер деловања (уколико је реч о једносмерној вези).

У циљу добијања што поузданијих резултата, закључци ће се донети на основу резултата већег броја тестова и применом више метода оцењивања. Анализа ће започети дескриптивном статистичком анализом података и тестовима јединичног корена, док ће се

у наставку поглавља дати резултати економетријског оцењивања и тестирање постављених хипотеза.

Што се тиче основних показатеља дескриптивне статистике везаних за истраживачке променљиве, може се навести да је просечан реалан БДП у узорку око 1.944 долара (вредност изражена у константним америчким доларима из 2015. године) по глави становника (минимално 525 долара у Румунији односно максимално 3.364 долара у Бугарској). Затим, у просеку је 445 долара по глави становника бруто принос на капиталне инвестиције (минимално 112 долара у Румунији односно максимално 767 долара у Бугарској).

Затим, просечна енергетска потрошња у узорку износи око 2.207 kg еквивалентне нафте по глави становника (минимално 618 kg у Албанији односно максимално 4.700 kg у Русији), као и да је удео радне снаге око 44 процента (минимално 34% у Турској, односно максимално 50% у Русији).

Узорак обухвата почетну годину 1990., закључно са 2014. годином. Подаци за све земље преузети су из извора Светске банке[51].

Детаљније је дат приказ за сваки показатељ у просечном износу за посматрани период од 25 година, у табели у наставку:

Табела 2. Просечне вредности показатеља од интереса у оквиру земаља у узорку

Земље у узорку	**Потрошња енергије по глави становника**	**Реалан БДП по глави становника**	**Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника**	**Удео радне снаге у укупној популацији**
Албанија	618	2.064,1	630,2	42,6%
Белорусија	2.910	2.366,7	760,4	49,7%
Босна и Херцеговина	1.265	2.330,3	489,5	36,7%
Бугарска	2.531	3.364,8	767,9	45,1%
Северна Македонија	1.351	689,8	176,7	49,3%
Румунија	1.872	525,8	112,4	50,8%
Руска Федерација	4.700	2.740,1	588,8	42,8%
Србија	2.095	2.993,4	535,9	44,0%
Украјина	3.086	1.451,2	274,1	47,2%

[51]https://databank.worldbank.org/home.aspx

Хрваткса	1.996	2.480,4	539,6	44,8%
Мађарска	2.528	1.522,0	334,6	42,1%
Пољска	2.517	2.195,2	438,4	46,0%
Турска	1.234	551,5	145,8	34,8%

Извор: Ауторов прорачун

Следи приказ дескриптивне статистике анализираних променљивих, у оквиру табеле 3.

Табела 3. Дескриптивна статистика анализираних променљивих у узорку земаља

Земља у узорку	**Потрошња енергије по глави становника**	**Реалан БДП по глави становника**	**Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника**	**Удео радне снаге у укупној популацији**
Мерна јединица	Килограм еквивалентне потрошене сирове нафте	$ амерички долар (2015 const.)	$ амерички долар (2015 const.)	% проценат
Ознака	eppc	Bdppc	bpkpc	Ursp
Просек	2.207,9	1.944,2	445,7	44%
Медијана	2.095	2.195,2	489,5	44,8%
Максимум	4.700	3.364,8	767,9	50%
Минимум	618	525,8	112,4	34%
Стандардна девијација	1.042,7	930,5	222	0,04
Коефицијент асиметрије	0,88	-0,35	-0,13	-0,68
Коефицијент спљоштености	1,67	-0,94	-1,14	0,22
Број опсервација	325	325	325	325
Извор података	Светска банка, World Development Indicators			

Извор: Ауторов прорачун

Узорак панел података је балансиран. Утврђене су вредности дескриптивне статискике које описују узорак и спроведена је анализа корелације (детаљније у Прилогу 1). Узорак је хетероген (по основу специфичности земаља у узорку и по специфичности посматраних година), што је очекивано имајући у виду величине посматраних земаља (број становника) и обим њихових економија (мерен нивоом БДП), односно трендове током посматраног периода од 25 година.

Могуће је и формално потврдити хетерогеност, и то спроведеном анализом варијансе (Anova тестовима) (Girden, 1992) у зависности од посматраних земаља и временске димензије. С обзиром да је потврђена хетерогеност, неопходно је узети у обзир регресионе коефицијенте нагиба, али и просторну и временску димензију N и T.

Два дијаграма распршености (график 2 и 3) показују да постоји веза између реалног БДП по глави становника и енергетске потрошње по глави становника (по различитим земљама у панелу- график 2), као и да је реч о директној вези, затим позитиван смер везе између наведених променљивих, као и тренд током целог периода посматрања (у нашем случају 25 година, што је приказано на графику 3).

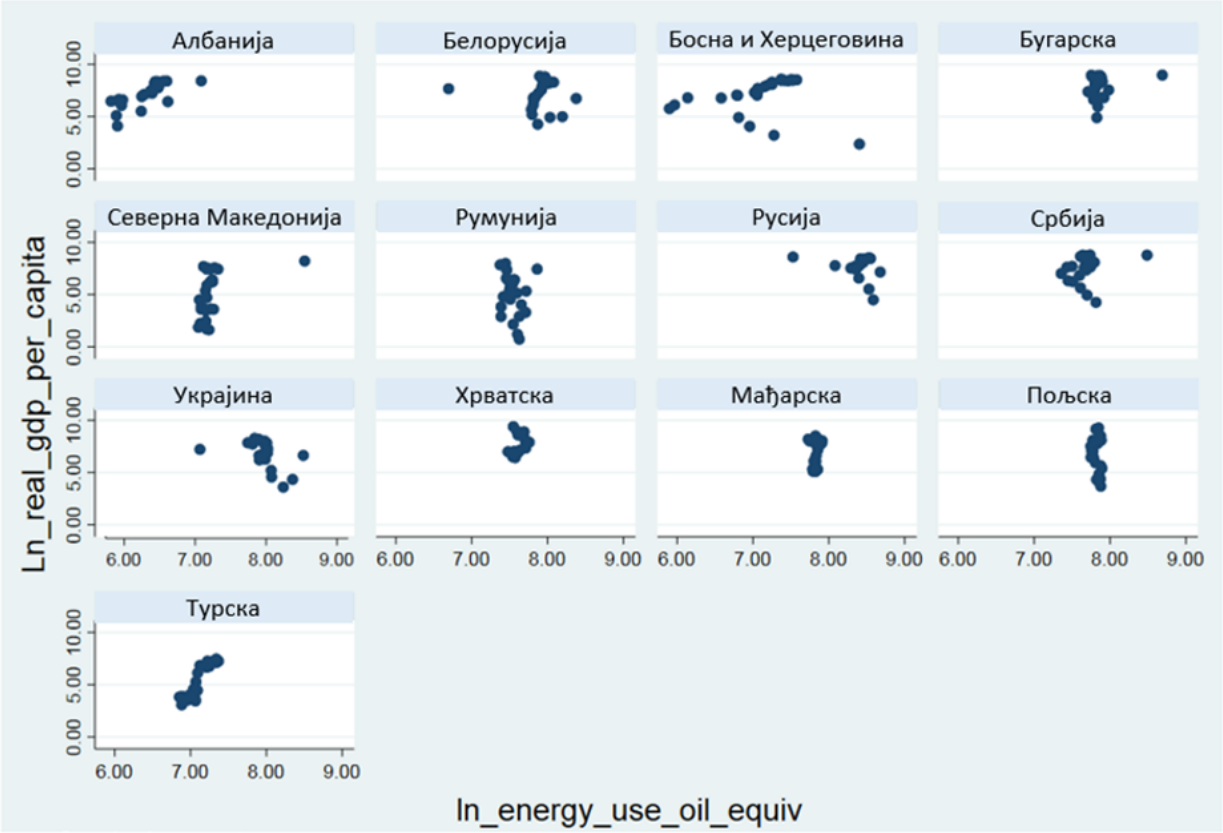


График 2. Дијаграм распршености БДП - потрошња енергије по земљама према класификацији приказаној у табели 2 (изнад). Извор: Ауторов прорачун

Такође, трећи графикон посматра логаритмоване вредности две променљиве (БДП по глави становника и потрошња енергије по глави становника) за сваку земљу на нивоу једне године (за сваку од 25 година у узорку).

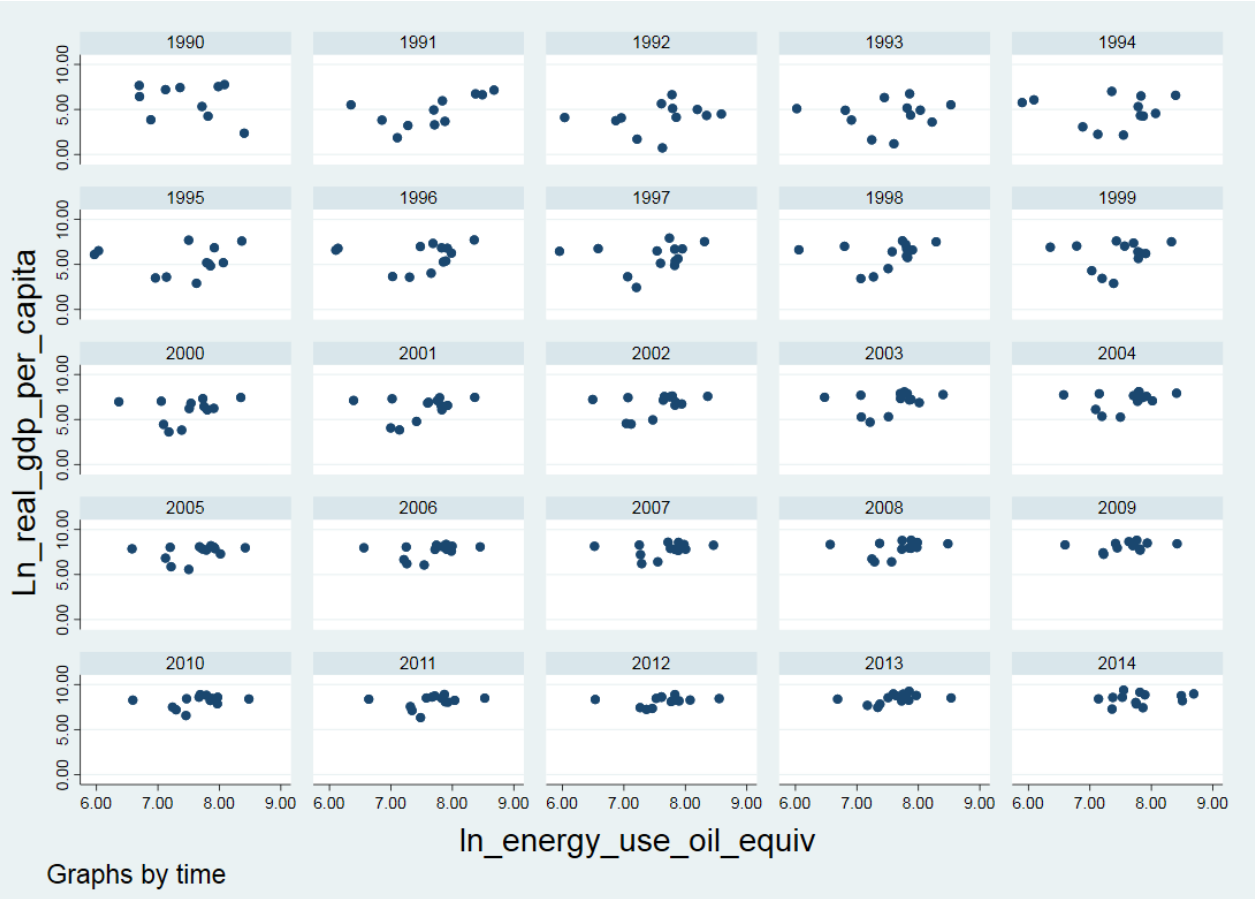
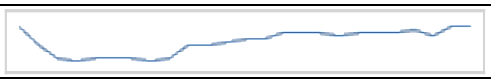
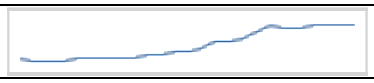
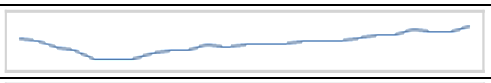
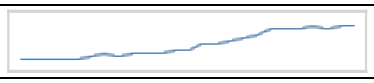
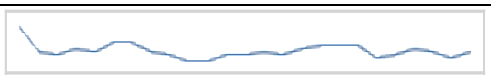
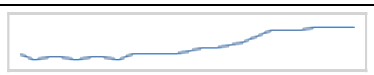
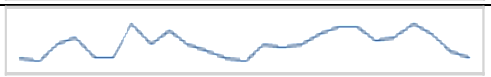
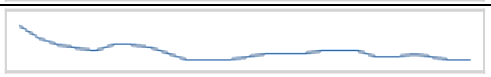
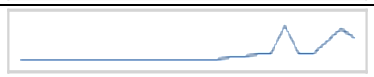
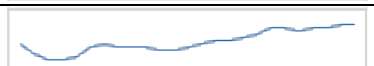
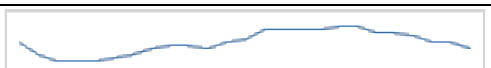
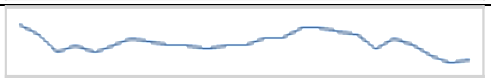
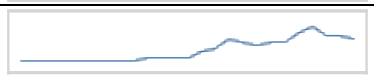
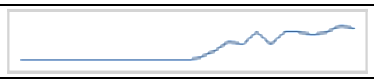


График 3. Дијаграм распршености БДП-потрошња енергије током целог временског периода посматрања. Извор: Ауторов прорачун

На основу оба графика, може се закључити да постоји комплексна веза између енергетске потрошње по глави становника и реалног БДП-а по глави становника, како у погледу посматраних земаља, тако и током периода од 1990. до 2014. године. Оно што је заједничко за све земље је да током целог периода долази углавном до раста БДП по глави становника уз раст енергетске потрошње, уз изузетак Албаније која има изузетно ниску основу реалног раста БДП по глави становника.

У табели 4 је могуће сагледати кретање вредности анализираних променљивих у току периода од 25 година, за сваку од земаља из узорка:

Табела 4. Приказ вредности анализираних промењивих „потрошња енергије по глави становника“ и „реалан БДП по глави становника“ за сваку земљу из узорка, 1990-2014.

Земља у узорку	Потрошња енергије по глави становника	Реалан БДП по глави становника
Албанија		
Белорусија		
Босна и Херцеговина		
Бугарска		
Северна Македонија		
Румунија		
Руска Федерација		
Србија		
Украјина		
Хрватска		
Мађарска		
Пољска		
Турска		

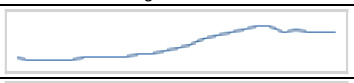
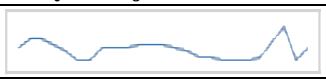
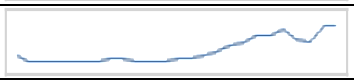
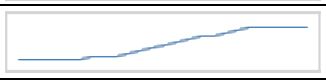
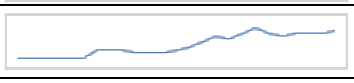
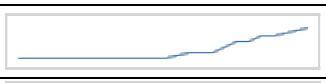
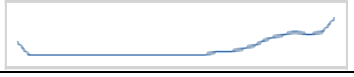
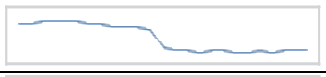
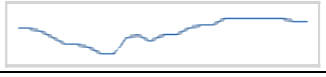
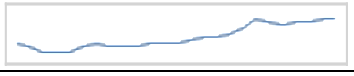
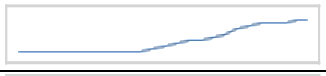
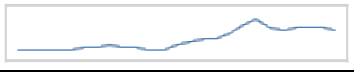
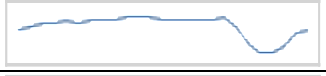
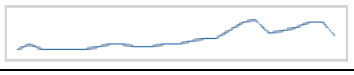
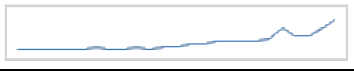
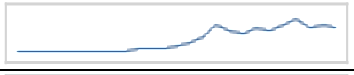
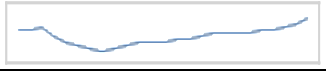
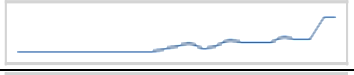
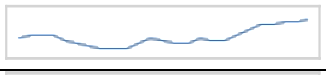
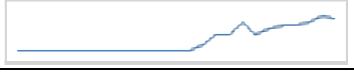
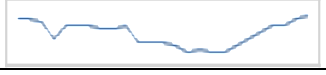
Извор: Ауторов прорачун

Из табеле се може закључити да кретање потрошње енергије не карактерише постојање стабилног тренда, те се уочава значајна варијабилност потрошње по годинама након 2009. године. Варијабилност потрошње енергије постоји и по земљама посматрања, што је очекивано имајући у виду миграције великих индустријских потрошача енергената у свакој од земаља из узорка.

Бруто домаћи производ по становнику у наведеном временском периоду карактерише тренд континуираног раста, изузимајући 2009. годину, када је забележен пад вредности услед негативног утицаја светске економске кризе 2008. године, међутим, након 2009. године бруто домаћи производ наставља да расте континуирано.

Потрошња енергије по становнику је такође, услед утицаја светске економске кризе у 2009. години, забележила значајано смањење, што је резултат смањења привредних активности у анализираним земљама.

Табела 5. Кретање бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника и радне снаге за сваку земљу из узорка, 1990-2014.

Земља у узорку	**Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника**	**Удео радне снаге у укупној популацији**
Албанија		
Белорусија		
Босна и Херцеговина		
Бугарска		
Северна Македонија		
Румунија		
Руска Федерација		
Србија		
Украјина		
Хрватска		
Мађарска		
Пољска		
Турска		

Извор: Ауторов прорачун

Бруто принос на капиталне инвестиције бележи тренд раста у свакој од земаља уз разликовање три периода – уравнотежен раст (на почетку временског хоризонта посматрања), раст у већој мери (средина временског хоризонта у оквиру узорка) и интензиван раст (у случају Пољске и Хрватске) или интензиван пад (на крају временског хоризонта посматрања), што је примећено само у случају Украјине и Румуније.

Удео радне снаге у земљама средњег нивоа дохотка бележи значајан раст, уз одређене годишње варијације. У мањем броју земаља у узорку приметан је пад удела радне снаге након светске економске кризе. Повећање је било посебно значајно у периоду од 2004. до 2008. године, а затим је услед смањења обима привредних активности, дошло до значајног пада.

Након кризе, у оквиру земаља у узорку остварено је повећање удела радне снаге, али по уделима који су значајно мањи од удела пре кризе.

При даљој анализи, а у циљу превенције постојања проблема хетероскедастичности, све променљиве ће се користити у форми природног логаритма, док ће се израчунати коефицијенти у оцењеним моделима тумачити као еластичности.

Логаритмовањем претходних података добијамо променљиве: lnbdp– логаритам бруто домаћег производа по глави становника, lnep– логаритам потрошње енергије (мерено у килограмима еквивалентне нафте) по глави становника, lnbpk– логаритам бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника, lnursp– логаритам удела радне снаге у укупној популацији.

У наставку следи приказ корелације између логаритмованих вредности анализираних променљивих. До резултата корелационе анализе дошло се уз помоћ корелационе функције у Стати.

Табела 6. Корелациона матрица природних логаритама анализираних променљивих.

Променљиве	**lnep**	**lnbdp**	**lnbpk**	**Lnursp**
lnep (p вредност)	1 -			
lnbdp (p вредност)	0,21 (0,000)	1 -		
lnbpk (p вредност)	0,20 (0,000)	0,97 (0,000)	1 -	
lnursp (p вредност)	-0,004 (0,10)	0,05 (0,000)	0,01 (0,000)	1 -

Извор: Ауторов прорачун

Уочава се да постоји статистички значајна позитивна корелација између логаритма бруто домаћег производа и логаритма бруто приноса на капиталне инвестиције, док једини корелациони коефицијент који није статистички значајан јесте између lnursp са lnep, односно између променљивих логаритам удела радне снаге и логаритам потрошње енергије по глави становника. Променљива логаритам потрошње енергије посматрана у корелацији са свим осталим променљивим остварује позитивну и статистички значајну везу на нивоу значајности од 5%.[52]

4.3. Регресиона анализа панел података

Пре него што се приступи анализи регресије оцењене на панел подацима, неопходно је оценити модел са константним регресионим параметрима (енгл. *Pooled* модел), како би се изоловао утицај времена и простора, односно година и различитих земаља у узорку. Први корак у том процесу је креирање вештачких променљивих (енгл. dummy) (вештачке променљиве креиране су за појединачне земље), које ће послужити за испитивање утицаја хетерогених фактора сваке од земаља у узорку који нису експлицитно укључени у емпиријски модел, након чега је оцењена регресија између зависне, независних и вештачких променљивих.

Како би се оправдало увођење индивидуалних ефеката у модел, извршена је провера да вештачке променљиве (по земљама) немају здружени ефекат на резултат регресије. Нулта хипотеза сугерише да је здружени ефекат свих вештачких променљивих једнак нули. Како је претходно спроведен F-тест (вредност статистике износи 111,13, p- вредност износи 0,00) здруженог утицаја индивидуалних ефеката, ти ефекти имају статистички значајан утицај на зависну променљиву и треба их укључити.

Пошто је p вредност (енгл. p-value) једнака нули (резултати су довољно значајни), нулта хипотеза може бити одбачена, тако да регресија (pooled) обухвата здружени ефекат вештачких променљивих (детаљније у Прилогу 2).

Односно, може се закључити како обична регресија оцењена методом најмањих квадрата није адекватна техника, те је неопходно приступити анализи модела са фиксним индивидуалним или случајним индивидуалним ефектима на панел подацима.

Оцена модела са фиксним индивидуалним или случајним индивидуалним ефектима, односно избор адекватног модела, неопходна је у економетријској анализи, када су подаци

[52] У наставку текста ће се подразумевати да су горенаведене променљиве дате у логаритамској вредности, што значи да ће се из описа променљиве то избацити, како не бисмо оптерећивали текст, а све у циљу јасније интерпретације резултата.

организовани као панел који се састоји од временске димензије и јединице посматрања, за сваку од променљивих.

Што се тиче модела фиксних индивидуалних ефеката, при оцени су кључна два фактора: 1. Узимање у обзир појединачне хетерогености; 2. Уклањање временски непроменљивих фактора (нпр. културолошке разлике између јединица посматрања).

Контролом фиксних индивидуалних ефеката, фокус је на варијацијама унутар једне јединице посматрања, што омогућава идентификацију каузалности.

С друге стране, што се тиче модела случајних индивидуалних ефеката, при оцени модела су кључна три фактора: 1. Побољшање ефикасности оцена у односу на регресију израчунату методом најмањих квадрата; 2. Бележење временски непроменљивих фактора, који су равномерно распоређени у оквиру свих јединица посматрања и свих временских периода, како би била утврђена одговарајућа веза између променљивих; 3. Третман ендогености ради побољшања валидности оцена.

Анализа временских ефеката у панел подацима има за циљ да испита утицај претходних временских периода на тренутну зависну променљиву. Када се узимају у обзир временски ефекти као што су t-1 и t-2, разматра се како промена у некој независној променљивој из претходне године утиче на зависну променљиву у текућој години. Ова анализа омогућава идентификацију кашњења у ефектима који могу настати као резултат прошлих економских шокова, инвестиција или политика. Користећи модел са кашњењем, тестиран је значај ових ефеката и утврђена је статистичка релевантност за објашњење тренутних економских процеса. Контрола временских ефеката такође доприноси бољој прецизности предвиђања и исправљању могућих пристрасности у оценама.

Разлог за избор адекватног модела између модела са фиксним индивидуалним или случајним индивидуалним ефектима у анализи панел података, налази се у чињеници да овим избором може значајно да се утиче на интерпретацију резултата и валидност оцењених ефеката. Односи се на више аспеката од интереса за даљу примену и анализу оцењених економетријских модела у наставку дисертације:

- Различита интерпретација коефицијената;
- Узимање у обзир ендогености;
- Побољшање ефикасности оцене;
- Варијације у оквиру временске серије или унутар јединица посматрања;

- Утицај на тестирање хипотеза (фокус тестирања је различит између модела фиксних индивидуалних ефеката односно случајних индивидуалних ефеката).

У наставку следе тестови зависности и тестови јединичних корена.

Пре разматрања коинтеграције неопходно је изабрати између модела са фиксним индивидуалним или случајним индивидуалним ефектима, што се реализује применом Hausman-овог теста:

Нулта хипотеза: Модел случајних индивидуалних ефеката је одговарајући.
Алтернативна хипотеза: Модел фиксних индивидуалних ефеката је одговарајући.

Следи приказ модела са случајним индивидуалним ефектима (енгл. Random effects, RE), затим модела са фиксним индивидуалним ефектима (енгл. Fixed effects, FE).

4.3.1 Модел случајних индивидуалних ефеката

С обзиром да су у питању случајни индивидуални ефекти значајност статистике се тестира Wald-овом тестом који има χ^2 расподелу. Судећи по њеној вредности и придруженој вероватноћи – ова регресија јесте статистички значајна (вредност је виша од 1,96). У наставку следи регресиона формула дефинисана изразом (4.4), а резултати су приказани у табели 7.

$$Y_{it} = \text{lnbdppc}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{lneppc}_{it} + \beta_2 \text{lnbpkpc}_{it} + \beta_3 \text{lnursp}_{it} + u_i + e_{it} \quad (4.4)$$

Где:

Y_{it} представља зависну променљиву за i-ту димензију (просторна јединица) и t-ту димензију (време);

β_0 је константа;

β_1, β_2 и β_3 су кофицијенти регресије за прву, другу и трећу независну променљиву;

lneppc_{it}, lnbpkpc_{it} и lnursp_{it} су вредности три независне променљиве за i-ту димензију и t-ту димензију;

u_i представља случајне индивидуалне ефекте или фиксне ефекте који се не могу директно описати независним променљивама;

e_{it} представља случајне грешке или остатке у моделу, који у овом случају, због логаритамске трансформације функције, добијају интерпретацију као укупна факторска продуктивност (TFP - Total Factor Productivity). Укупна факторска продуктивност одражава ефекте свих ненадзорованих фактора који утичу на зависну променљиву, али нису директно обухваћени независним променљивама у моделу. То могу бити промене у технологији, ефикасности производње, институционалним оквирима или другим аспектима који нису изричито мерени у анализи.

Табела 7. Оцене модела случајних индивидуалних ефеката (зависна променљива ln bdp per capita)

Променљиве (врста променљиве)	Коефицијент (стандардна грешка)	Z статистика	p-вредност*
ln ep per capita	-0,136 (0,062)	-2,19	0,028
ln bpk per capita	0,917 (0,010)	83,93	0,000
ln ursp	0,036 (0,026)	1,37	0,171
_cons	2,92 (0,47)	6,19	0,000
Коефицијент детерминације R^2	0,958		
Wald тест	7,232		
p вредност	0,000		
Стандардна девијација инд. ефеката - σ_u	0,199		
Стандардна девијација грешке - σ_e	0,299		
Одсечак варијансе услед индивидуалних ефеката – ρ	0,307		

Извор: Ауторов прорачун

Варијабилитет индивидуалних ефеката учествује у укупним са приближно 30% (вредност коефицијента ρ износи 0,30).

Следи испитивање да ли су значајни индивидуални ефекти у моделу са случајним ефектима.

Код модела случајних индивидуалних ефеката (стохастичка спецификација) користимо Breusch-Pagan-ов тест уз примену Лагранжовог мултипликатора за тестирање случајних ефеката, а посматра се вредност χ^2 статистике односно припадајућа p-вредност. Нулта хипотеза подразумева хомоскедастичност (варијанса компоненте случајне грешке једнака нули), док алтернативна хипотеза подразумева хетероскедастичност (варијанса компоненте случајне грешке није једнака нули). Резултати Breusch–Pagan-овог (BP) теста су приказани у табели 8, а регресиона формула је дефинисана изразом (4.5).

$$u_{it}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \alpha_2 X_{2i} + \alpha_3 X_{3i} + v_i \quad (4.5)$$

Где:

u_{it}^2 представља варијансу резидуала за i-ту димензију и t-ту димензију из модела са случајним ефектима;

X_{1it}, X_{2it}, X_{3it} су независне променљиве које могу утицати на хетероскедастичност;

α_0 представља константу када су вредности свих осталих коефицијената уз променљиве једнаке нули;

α_1, α_2, α_3 су коефицијенти регресије уз променљиве;

v_i су случајне грешке у моделу регресије варијансе резидуала;

Табела 8. Резултати Breusch–Pagan-овог теста случајних индивидуалних ефеката

	Варијанса	Стандардна девијација
lnbdp pc (независна променљива)	2,96	1,72
E	0,05	0,242
u	0,03	0,193
p вредност	0,0000	
χ^2	434,57	

Извор: Ауторов прорачун

Где:

E – означава резидуале или грешке регресионог модела. Ови резидуали представљају разлику између посматране зависне променљиве и предиктованих вредности зависне променљиве из регресионе једначине,

u - означава квадрате резидуала или квадрате грешака модела регресије. Квадрати резидуала представљају разлике квадрата између посматране вредности зависне променљиве и предиктованих вредности у моделу регресије.

Имајући у виду резултате теста где је добијена вредност χ^2 статистике 434,57 и p-вредност 0,00 (мања од 0,05), то значи да се на нивоу значајности од 0,05 нулта хипотеза може одбацити, што даље значи да компонента варијансе случајне грешке статистички јесте значајна, те да индивидуални случајни ефекти јесу значајни.

Затим, како би се даље контролисала хетероскедастичност, примењен је модел са случајним индивидуалним ефектима где се оцењује регресија случајних коефицијената методом уопштених најмањих квадрата (енгл. *Random coefficients regression by Generalized least squares- REGLS*). Применом методе REGLS на модел случајних индивидуалних ефеката контролише се хетероскедастичност, због декомпоновања случајне грешке на део који варира само по јединицама посматрања и део који варира по обе димензије. Такође, хетероскедастичност се може елиминисати и укључивањем вештачких променљивих у модел. Регресиона формула је дефинисана изразом (4.6), а резултати су приказани у табели 9.

$$Y_{it} = \ln bdppc_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln eppc_{it} + \beta_2 \ln bpkpc_{it} + \beta_3 \ln ursp_{it} + e_{it} \quad (4.6)$$

Где:

Y_{it} представља зависну променљиву за i-ту димензију (просторна јединица) и t-ту димензију (време);

β_0 је константа;

β_1, β_2 и β_3 су кофицијенти регресије за прву, другу и трећу независну променљиву;

$\ln eppc_{it}$, $\ln bpkpc_{it}$ и $\ln ursp_{it}$ су вредности три независне променљиве за i-ту димензију и t-ту димензију;

e_{it} су случајне грешке или остатак у моделу;

Табела 9. Оцене регресије случајних ефеката методом уопштених најмањих квадрата

Независна променљива	Коефицијент (стандардна грешка)	Z тест	p-вредност*
ln ep per capita	-0,292 (0,165)	-1,7	0,076
ln bpk per capita	0,936 (0,053)	17,61	0,000
ln ursp	-0,46 (1,42)	-0,33	0,742
$\chi^2(48)$	1.122,18		
p вредност	0,000		
Wald	738		

Извор: Ауторов прорачун

Резултат приказан у табели 9 односи се на третман потенцијално присутне хетероскедастичности. Оцењени модел случајних индивидуалних ефеката сугерише да је веза између посматраних компоненти значајна, али резултати још увек не показују да ли је модел случајних индивидуалних ефеката адекватан за ову анализу.

4.3.2 Хетероскедастичност

Хетероскедастичност случајне грешке значи да је нарушена претпоставка о хомоскедастичности компонената случајне грешке у моделима фиксних и случајних индивидуалних ефеката. Да би се тестирала нулта хипотеза о хомоскедастичности, потребно је спровести White-ов тест (White, 1980) (који важи у случају модела са константним регресионим параметрима и модела фиксних индивидуалних ефеката). White-ова тест статистика се заснива на коефицијенту детерминације из регресије квадрата коваријационих резидуала на регресоре, њихове квадрате и међупроизводе.

Након спровођења теста, може се закључити да резултати показују испуњене услове тако да је испуњена претпоставка о одсуству хетероскедастичности.

Узимање у обзир свих објашњавајућих променљивих представља примарни услов за одсуство хетероскедастичности, што је врло тешко испунити у реалним условима. Додатно, хетероскедастичност се може јавити и у сценарију где је економетријски модел исправно (коректно) формулисан, али где случајна грешка није константна и долази до њене промене зависно од димензије (у овом случају зависно од земље или године).

На основу резултата White IM теста (статистика теста износи 0,33), и одговарајуће p-вредности (0,8), која је већа од изабраног нивоа значајности од 5% (0,05), можемо закључити

да нема довољно доказа за одбацивање нулте хипотезе о хомоскедастичности. Стога, хипотеза о хомоскедастичности се прихвата на граничном нивоу значајности од 5%.“

4.3.3 Аутокорелација

Проблем аутокорелације настаје када део грешке у регресији корелира са претходним, историјским вредностима грешке, или постоји зависност између истих. Нулта хипотеза гласи да не постоји серијска корелација, што се може проверити Durbin-Watson-овим тестом (Durbin и Watson, 1971).

За укупно 325 јединица у панел подацима и три независне променљиве, из табеле са критичним вредностима (York, 1998[53]) за примену Durbin-Watson-овог теста се може закључити о аутокорелацији на бази доње (dl) и горње (du) границе:

Dl- 1,643; Du- 1,704.

Провером постојања аутокорелације случајне грешке у Стати добија се вредност 0,37, што представља позитивну серијску корелацију (може се видети у табели 10).

Табела 10. Вредности статистике DW теста за аутокорелацију

Вредност DW статистике	Интерпретација резултата теста
1,57	Позитивна серијска корелација

Извор: Ауторов прорачун

Полазна претпоставка модела случајних индивидуалних ефеката јесте да не постоји аутокорелација остатка случајне грешке за исту јединицу посматрања у различитим периодима (једина корелација кроз време која постоји је због присуства истих јединица посматрања током времена). Ова претпоставка значи да постоји исти степен корелације између грешака исте јединице посматрања у различитим периодима и због тога се аутокорелација испитује само на делу композитне грешке. Извори аутокорелације могу бити природни извори (серија се креће по одређеној инерцији и по својој природи има аутокорелацију) и вештачки извори (услед погрешне функционалне форме или неукључивања релевантне променљиве).

[53] https://www.york.ac.uk/depts/maths/histstat/tables/durbinwatson.pdf

4.3.4 Модел фиксних индивидуалних ефеката

Наредни корак је анализа модела фиксних индивидуалних ефеката.

Прво ће бити оцењен модел фиксних индивидуалних ефеката, у оквиру чега ће бити анализирана вредност F статистике, p-вредност, односно вредност индивидуалних коефицијената уз сваку променљиву у регресији. Како би се на адекватан начин оценио регресиони модел са фиксним индивидуалним ефектима, биће спроведен Breusch-Pagan-ов тест за испитивање хетероскедастичности и Pesaran CD тест узајамне зависности упоредних података.

Breusch-Pagan-ов тест хетероскедастичности ће узети у обзир резидуале из оцењеног модела фиксних ефеката, који ће, ако се вредност теста покаже статистички значајном, указати на присуство хетероскедастичности (која даље мора да буде третирана).

Затим ће бити спроведен Pesaran CD тест, како би се проверило постојање зависности између резидуала у оквиру димензија панел података (време, јединице посматрања – земље).

У погледу интерпретације резултата, ако се BP тестом утврди да је претпоставка константне варијансе нарушена, биће неопходно спровести додатне тестове. Затим, ако се Pesaran CD тестом утврде зависности у оквиру димензија панел података (време, јединице посматрања – земље). То може даље утицати на интерпретацију резултата, односно изискивати додатне анализе.

Следи приказ резултата оцењивања модела фиксних индивидулних ефеката, у табели 11, а регресиона формула је раније приказана у оквиру следећег израза (4.7).

$$Y_{it} = \ln bdppc_{it} = \beta_i + \beta_1 \ln eppc_{it} + \beta_2 \ln bpkpc_{it} + \beta_3 \ln ursp_{it} + u_{it} \quad (4.7)$$

Где:

Y_{it} представља зависну променљиву за i-ту димензију (просторна јединица) и t-ту димензију (време);

β_{0i} је фиксни параметар којим се хетерогенсот појединачних јединица посматрања експлицитно укључује у модел;

β_1, β_2, β_3, су кофицијенти регресије за прву, другу и трећу независну променљиву;

$lneppc_{it}$, $lnbpkpc_{it}$ и $lnursp_{it}$ су вредности три независне променљиве за i-ту димензију и t-ту димензију;

u_{it} је резидуална грешка

Табела 11. Резултати регресије зависне промељиве реалан bdp pc уз употребу модела фиксних индивидуалних ефеката

Променљива	Коефицијент (стандардна грешка)	t – тест	p-вредност*
ln ep percapita	-0,224 (0,07)	-3,1	0,002
ln bpk per capita	0,916 (0,011)	82,9	0,000
ln ursp	0,18 (0,426)	0,4	0,67
σ_u	0,41		
σ_e	0,29		
ρ	0,65		
F test	2,364		
Prob > F	0,0000		

Извор: Ауторов прорачун

F-тест се користи за проверу постојања хетерогености у регресији, односно за утврђивање да ли се фиксни ефекти значајно разликују између јединица, а вредност теста (2,364) указује на статистичку значајност модела на нивоу целе регресије. Хипотеза H_0 није прихваћена на нивоу значајности 5%, што значи да у модел треба укључити фиксне индивидуалне ефекте. Спроведено је испитивање постојања аутокорелације у резидуалима модела.

Индикатор ρ сугерише да 65% варијансе чине разлике између панела (земаља), што значи да треба испитати временску димензију панела у погледу статистичке значајности података.

Неколико објективних фактора потенцијално може да утиче на међузависност података, утичући на неке од земаља са средњим нивоом дохотка које су део узорка.

Конкретно, 5 од 13 анализираних земаља су чланице Европске уније (Мађарска и Пољска од 2004. године, Бугарска и Румунија од 2007. године, Хрватска од 2013. године), што подразумева да су (сходно протеклом времену од уласка у чланство у ЕУ) у одређеној мери ускладиле економске и енергетске циљеве, планове и политике. Такође, земље из узорка које нису чланице Европске уније али су у процесу придруживања (Србија, Северна Македонија, Турска, Босна и Херцеговина, Албанија, потенцијално Украјина), теже ка сличним стратешким циљевима на пољу енергетике и раста економије.

Претпоставка о независности грешака u_{it} по јединицама посматрања у истом временском периоду гласи: (и у случају њене испуњености панели су независни, односно не постоји корелација случајних грешака у истом временском периоду за различите јединице посматрања)

$$\text{cov}\,(u_{it,}\, u_{jt}) = 0,\ i \neq j \qquad (4.8)$$

Breusch Pagan LM тестом хетероскедастичности испитује се нулта хипотеза да оцене грешака модела, мерене резидуалима, кроз јединице посматрања у истом временском периоду нису у корелацији. Пошто је придружена вероватноћа (параметар Pr у табели у Прилогу 3) једнака нули, може се закључити да је прихваћена нулта хипотеза о непостојању хетероскедастичности, односно да нема међузависности између упоредних података и њихових резидуала. Матрица корелације резидуала приказана је табелом која се налази у Прилогу 3.

Резултати спроведеног Breusch Pagan LM теста хетероскедастичности су под сенком сумње услед релативно великог броја јединица посматрања у узорку. Међусекторска зависност је већи проблем код макро панела са дугом временском серијом (дужом од 20 година, као што је случај у овом истраживању), те је отуда неопходно применити Pesaran CD тест зависности панела. Тест представља проверу да ли су резидуали корелисани између јединица посматрања (земаља). Нултом хипотезом испитује се непостојање корелације између јединица посматрања (земаља).

Табела 12. Резултати Pesaran CD теста

Статистика	Вредност статистике
Вероватноћа зависности упоредних података (Тест статистика)	0,03
р-вредност	0,311

Извор: Ауторов прорачун

Резултати спроведеног Pesaran CD теста приказани су у табели 12. На основу вредности статистике теста (0,03 < 0,5) може се прихватити нулта хипотеза о непостојању међузависности упоредних података за све анализиране промењиве у узорку. Дакле, вредност израчунате CD-статистике (0,03) и p-вредност (0,311 > 0,05) упућују на прихватање нулте хипотезе којом се тврди да не постоји зависност упоредних података, при нивоу значајности од 5%.

4.3.5 Хаусманов тест

Како бисмо одлучили између модела фиксних индивидуалних или случајних индивидуалних ефеката, може се користити Hausman тест, који се заснива на разлици оцена регресора са фиксним и случајним ефектима. Применом Hausman теста испитује се независност регресора од случајних индивидуалних ефеката. Стога, нулта хипотеза испитује да ли је разлика између модела фиксних индивидуалних ефеката или модела случајних индивидуалних ефеката статистички значајна. Hausman тест се примењује у три корака (регресиона формула је дата раније у виду израза 4.4, а резултати су приказани у табели 13):

- Прво се оцењује модел фиксних индивидуалних ефеката.
- Затим се оцењује модел случајних индивидуалних ефеката.
- На крају се пореде оцене добијене из претходна два корака и на основу тога се израчуна Hausman статистика теста.

Табела 13. Резултати Hausman теста

Променљива	Фиксни коефицијент (стандардна грешка)	Случајни коефицијент	Разлика фиксног и случајног коефицијента
ln ep per capita	-0,22 (0,03)	-0,13	-0,08
ln bpk per capita	0,91 (0,001)	0,91	-0,001
ln ursp	0,18 (0,425)	0,03	0,143
χ^2	10,77		
Prob > F	0,013		

Извор: Ауторов прорачун

На основу резултата тестирања, вредност Hausman статистике износи χ^2= 10,7, а p вредност је 0,013. Пошто је p-вредност мања од 0,05, закључак је да се користи модел фиксних индивидуалних ефеката. Резултати теста су приказани у Прилогу 4.

Како H_0 одбацујемо то значи да је у овој случајној спецификацији нарушена претпоставка о независности регресора од компоненте μ_i модела случајне грешке, односно разлике у оценама између модела фиксних индивидуалних ефеката и модела случајних индивидуалних ефеката су статистички значајне.

Примењена је и робусна варијанта Hausman теста којим се прави дискриминација између оцена модела фиксних индивидуалних и случајних индивидуалних ефеката. Као резултат добијена је вредност χ^2 статистике 538 при p-вредности испод 0,05, што је значајно више од критичне вредности при p-вредности 0,05 и 2 степена слободе, која је једнака 5,99. Може се закључити да је модел фиксних индивидуалних ефеката одговарајући и на основу резултата примене робусног Hausman теста.

4.3.6 Методе провере робусности резултата

Примењена су још два теста провере робусности резултата: Ramsey's RESET (Ramsey, 1969) тест и тест Cook's Distance (Cook, 1977).

Ramsey's RESET тест проверава нулту хипотезу: *Модел је коректно специфициран и не постоје изостављене променљиве*, односно овај тест проверава да ли је регресиони модел правилно дефинисан. Тест служи за утврђивање евентуалне грешке у спецификацији модела. Ако дође до значајнијег одступања, закључак може да буде да постоји проблем са спецификацијом модела. Пошто је израчуната вредност F статистике 57, при вредности изнад 0,05, може се прихватити нулта хипотезада је модел коректно специфициран и да нису изостављене релевантне променљиве.

Затим је примењен и тест Куковог растојања (енгл. Cook's Distance). Тест Куковог растојања служи како би се идентификовало да ли важи нулта хипотеза: *Постоје јединице посматрања од утицаја, које имају специфичан, значајан утицај на резултате регресије*. Куков тест служи за мерење промене у оцењеним коефицијентима, када се једна по једна јединица посматрања изоставе из анализе. Оне јединице посматрања које имају високу вредност Куковог растојања, могу да имају значајан утицај на исход модела регресије. Пошто је утврђена вредност Куковог растојања за сваку променљиву нижа од 0,5 може се

прихватити нулта хипотеза (p вредност већа од 0,05) како не постоје јединице посматрања које имају специфичан, а значајан утицај на резултате модела регресије.

4.3.7 Тест јединичних корена

Следећи корак у анализи представља тест јединичних корена. У литератури постоје две групе тестова: тестови прве генерације и тестови друге генерације, а фокус у овој дисертацији биће на спровођењу тестова прве генерације, имајући у виду да је претходно утврђено да су панели независни.

Тестови прве генерације заснивају се на претпоставци о некорелисаности панела у истом периоду за различите јединице посматрања, односно на претпоставци о независности упоредних података панела. Та претпоставка је тестирана претходно Pesaran CD тестом. Након тога, најпре ће бити примењен *Im-Pesaran-Shin (IPS)* тест (Im, Pesaran и Shin, 2003), за зависну променљиву ln real bdp per capita, а затим и за све три независне променљиве, уз примену модела са константом, као и модела са константом и трендом.

У оквиру *Im-Pesaran-Shin* теста биће проверена нулта хипотеза, односно алтернативна хипотеза:

Нулта хипотеза: *Разматрана променљива поседује јединични корен за све јединице посматрања, чиме је серија нестационарна.*

Алтернативна хипотеза: *Разматрана променљива не поседује јединични корен за бар једну јединицу посматрања, чиме је серија стационарна.*

Односно, довољно је да се након резултата тестова јединичног корена прве генерације утврди како је бар једна јединица стационарна, па да се нулта хипотеза (временска серија за све јединице посматрања садржи јединични корен) одбаци.

Тест Levin, Lin и Chu (Levin, Lin и Chu, 2002 - LLC) је заправо просек проширеног Dickey Fuller теста (Augmented Dickey Fuller (ADF)) (Dickey и Fuller, 1981), а неопходни услови за примену су да је временска димензија већа од 5, односно број јединица посматрања већи од 10. Недостатак тог теста је што претпоставља независност упоредних података. Стога, Im, Pesaran и Shin тест релаксира тај недостатак, тако да алтернативна хипотеза дозвољава да неке, али не све јединице посматрања, имају јединични корен.

Код примене ADF теста, најпре је искључена доцња, а потом је укључена једна доцња, одређена Akaike-овим информационим критеријумом (AIC) (Akaike, 1974)[54].

У наставку следи приказ резултата тестирања присуства јединичног корена прве генерације, за све променљиве.

Табела 14. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln bdp pc

	Ниво променљиве				
		Константа		Константа и тренд	
Тест	Тест у оквиру нулте хипотезе	Статистика теста	p-вредност	Статистика теста	p-вредност
Levin, Lin и Chu	Јединични корен постоји (нестационарна серија)	-2,16	0,015	-5,06	0,0000
Im, Pesaran и Shin	Јединични корен постоји (нестационарна серија)	-1,63	0,88	-4,12	0,0000
	Ниво прве диференце				
		Константа		Константа и тренд	
Тест	Тест у оквиру нулте хипотезе	Статистика теста	p- вредност	Статистика теста	p- вредност
Levin, Lin и Chu	Јединични корен постоји (нестационарна серија)	-13,89	0,0000	-16,16	0,0000
Im, Pesaran и Shin	Јединични корен постоји (нестационарна серија)	-5,11	0,0000	-5,06	0,0000

Извор: Ауторов прорачун

Примена Levin, Lin и Chu теста упућује на то да је серија стационарна у нивоу (нулта хипотеза се одбацује).

Резултати Im, Pesaran и Shin теста јединичног корена прве генерације показују да серија није стационарна (0,88 > 0,05) у нивоу променљиве логаритам реалног БДП по глави становника (нулта хипотеза се прихвата), док исти тест упућује да је прва диференца стационарна (нулта хипотеза се одбацује).

[54] Корисне информације о тестовима јединичног корена могу се наћи код следећих аутора: Stock (1994), Maddala и Kim (1998), Phillips и Xiao (1998), Baltagi и Kao (2000).

Генерални закључак у вези са променљивом ln bdp pc је да постоје различити резултати у зависности од теста. Наиме, према Levin, Lin и Chu тесту, променљива је стационарна у нивоу ($p < 0,05$), док Im, Pesaran и Shin тест указује на нестационарност у нивоу ($p = 0,88$), али потврђује стационарност након првог диференцирања ($p < 0,05$).

Сходно томе, променљива се може третирати као интегрисана реда један (I(1)), уз потребу даљег опреза у интерпретацији, имајући у виду неусклађене резултате различитих тестова. У наставку следе резултати тестова јединичног корена прве генерације за остале променљиве.

Табела 15. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln ep pc

Ниво променљиве				
	Константа		Константа и тренд	
Тест	Статистика теста	p- вредност	Статистика теста	p- вредност
Levin, Lin и Chu	2,74	0,9969	5,58	0,01
Im, Pesaran и Shin	-2,95	0,0522	-3,82	0,0000
Ниво прве диференце				
	Константа		Константа и тренд	
Тест	Статистика теста	p- вредност	Статистика теста	p- вредност
Levin, Lin и Chu	9,69	1,00	11,60	0,01
Im, Pesaran и Shin	-7,72	0,03	-7,76	0,0000

Извор: Ауторов прорачун

Што се тиче p-вредности за Levin, Lin и Chu тест која износи 0,9969 на нивоу променљиве односно износи 1,00 на нивоу прве диференце, може се закључити да је временска серија нестационарана, што може да има импликације за примену одређених статистичких метода које претпостављају стационарност. Међутим, закључак је да то не би било сврсисходно имајући у виду да је аутор реализовао четири теста јединичног корена.

У случају LLC теста за променљиву ln ep pc, резултати тестова јединичног корена прве генерације показују да је серија нестационарна на нивоу променљиве, као и на нивоу прве диференце. Сходно томе, не постоји довољно доказа да нулта хипотеза буде одбачена. У случају IPS теста серија је такође нестационарна на нивоу променљиве, али на нивоу прве диференце, серија је стационарна.

Табела 16. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln bpk pc

Ниво променљиве				
	Константа		Константа и тренд	
Тест	Статистика теста	p- вредност	Статистика теста	p- вредност
Levin, Lin и Chu	-1,4570	0,0726	-3,2305	0,0006
Im, Pesaran и Shin	-1,32	0,8674	-3,7407	0,0000
Ниво прве диференце*				
	Константа		Константа и тренд	
Test	Статистика теста	p- вредност	Статистика теста	p- вредност
Levin, Lin и Chu	-13,1567	0,0000	-15,9225	0,0000
Im, Pesaran и Shin	-5,2052	0,0000	-5,1656	0,0000

Извор: Ауторов прорачун

LLC и IPS тестови на нивоу променљиве, упућују на то да је серија нестационарна на нивоу променљиве (нулта хипотеза је прихваћена), односно стационарна на нивоу прве диференце (нулта хипотеза је одбачена).

Табела 17. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln ursp

Ниво променљиве				
	Константа		Константа и тренд	
Тест	Статистика теста	p- вредност	Статистика теста	p- вредност
Levin, Lin и Chu	-4,5267	0,057	-5,7880	0,3446
Im, Pesaran и Shin	-0,6457	0,9999	-1,6731	0,3036
Ниво прве диференце*				
	Константа		Константа и тренд	
Тест	Статистика теста	p- вредност	Статистика теста	p- вредност
Levin, Lin и Chu	-7,7422	0,064	-7,6666	0,0078
Im, Pesaran и Shin	-3,5729	0,0000	-3,8405	0,0000

Извор: Ауторов прорачун

Што се тиче p-вредности за Im, Pesaran и Shin тест која износи 0,9999 на нивоу променљиве, може се закључити да је временски низ потенцијално нестационаран, што може да има импликације за примену одређених статистичких метода које претпостављају стационарност (у чијем случају би било неопходно спровести додатне анализе како би се разумели подаци над којима је рађен тест). Закључак је да је већина тестова указала на то да

је посматрана серија стационарна, због чега ће се узети то као претпоставка у даљем спецификовању емпиријског модела.

Резултати тестова јединичног корена прве генерације показују да је серија нестационарна на нивоу прве диференце логаритма удео радне снаге у укупној популацији у случају LLCтестова, а у случају IPS теста серија је стационарна.

LLC и IPS тестови на нивоу променљиве упућују на то да је серија нестационарна (нулта хипотеза се прихвата).

На основу спроведених тестова јединичног корена прве генерације (Levin, Lin и Chu – LLC и Im, Pesaran и Shin – IPS), утврђено је да већина анализираних променљивих није стационарна на нивоу, али постаје стационарна након примене прве разлике, што указује на ред интеграције I(1). Конкретно, за променљиву ln bdp pc, LLC тест сугерише стационарност на нивоу ($p < 0,05$), док IPS тест показује да је серија нестационарна ($p > 0,05$), због чега се, ради доследности, ова променљива третира као интегрисана реда један. За променљиве ln ep pc, ln bpk pc и ln ursp, оба теста недвосмислено показују да су серије нестационарне на нивоу, док се након прве диференце региструје стационарност, посебно у оквиру IPS теста, који је адекватнији за хетерогене панеле.

Узимајући у обзир све резултате, може се закључити да све испитиване променљиве у моделу имају ред интеграције I(1), што потврђује потребу за применом метода које дозвољавају мешовиту стационарност или анализу коинтеграције међу променљивима. Ови налази представљају важан предуслов за даљу спецификацију емпиријског модела. Сходно томе, у даљој спецификацији емпиријског модела, варијабле које су стационарне у нивоу биће задржане у оригиналној форми, док ће варијабле које имају јединични корен бити укључене у модел у форми прве диференце. Овај приступ обезбеђује коректност модела у складу са теоријским оквиром и емпиријским доказима. У циљу идентификовања дугорочних веза између променљивих, разматраће се могућност примене поебних модела као што су модели са панел коинтеграцијом, уколико то буде оправдано резултатима.

Оваквим поступком обезбеђује се да модел буде адекватан и теоријски утемељен, истовремено омогућавајући поуздано тестирање хипотеза и интерпретацију резултата.

4.3.8 Анализа корелација између потрошње енергије и економског раста

Матрица коефицијената корелације за анализиране промењљиве у узорку, приказана је у табели 18. Корелациони коефицијент између потрошње енергије и БДП по глави становника за све анализиране податке има вредност 0,19 и значајан је, на нивоу значајности од 5%.

Табела 18. Матрица коефицијената корелације БДП по глави становника и потрошње енергије по глави становника

	Промењљиве		Коефицијент корелације
Оригинални подаци	bdp pc, ep pc	Корелација	0,19
		p-вредност	0,0000
Просечне вредности променљивих по земљама	bdp pc, ep pc	Корелација	0,38
		p-вредност	0,0000

Извор: Ауторов прорачун

Између анализираних променљивих постоји статистички значајна позитивна корелација. Већим вредностима БДП по становнику одговарају веће вредности потрошње енергије по глави становника, што је и очекивано с обзиром да у већим економијама предуслов обављања економске активности изискује одређену потрошњу енергије.

Када се посматрају просечне вредности за обе независне промењљиве по анализираним земљама у узорку, такође се уочава постојање статистички значајне корелације позитивног знака и вредности корелационог коефицијента 0,38. Земље које у просеку имају већу вредност БДП по глави становника, троше у просеку више енергије по глави становника.

Такође, у наставку је приказан графикон груписаних вредности по земљама, за сваку вредност корелације bdp pc и ep pc (График 4). Приказани су подаци о бруто домаћем производу и потрошњи енергије за све анализиране земље. Графички приказ потврђује претходну тврдњу да између промењљивих постоји позитивна корелација.

Додатно, уочава се да се ниво корелације разликује од земље до земље, али да је у највећем броју случајева корелација позитивног знака.

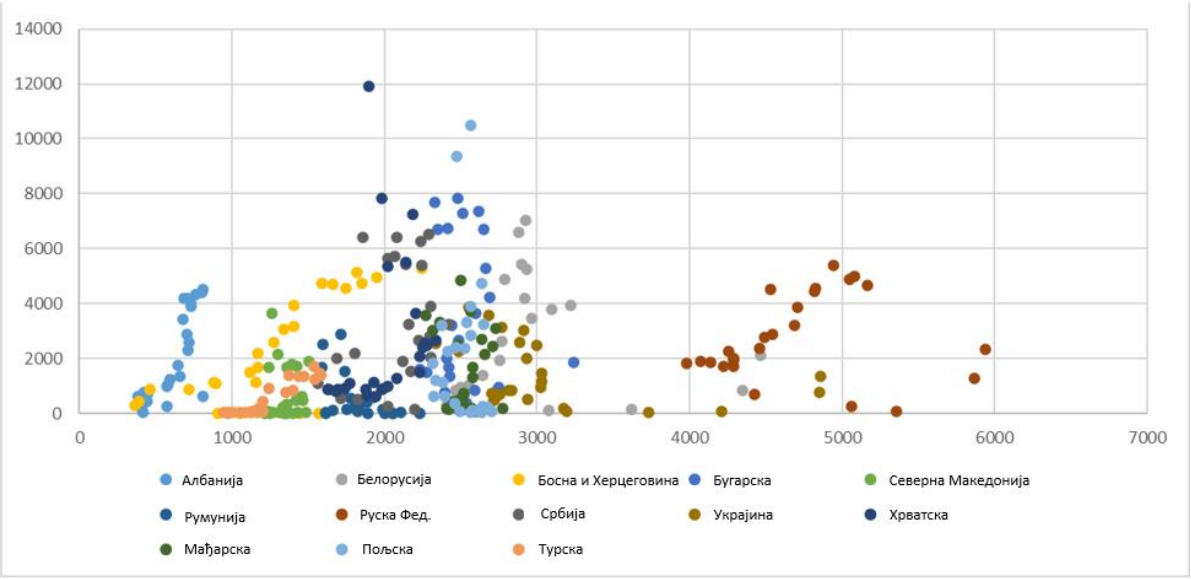


График 4. Дијаграм распршености БДП по глави становника и потрошње енергије по глави становника (1990-2014) Извор: Ауторов прорачун

Дијаграм распршености који представља однос просечних вредности анализираних променљивих по земљама представљен је графиком 5. Осим претходног закључка да земље које имају већу вредност БДП по глави становника троше више енергије по глави становника, на графикону се може уочити и да постоје одређене разлике међу земљама.

Наиме, у групи земаља које имају просечну вредност БДП по глави становника у разматраном периоду у распону од 500 до 2.000 америчких долара (изражено у константним америчким доларима из 2015. године), налазе се Русија, Турска, Румунија, Украјина и Мађарска.

Затим, уочава се пет земаља груписаних према просечној вредности БДП у распону од 2.000 до 2.500 америчких долара и то: Албанија, Пољска, Босна и Херцеговина, Белорусија и Хрватска и трећа група земаља које се групишу око просека БДП од 2.500 америчких долара навише, и то Северна Македонија, Србија и Бугарска. Све три групе су обележене на графикону јединственим бојама.

Што се тиче разматрања просека потрошње енергије по глави становника, такође постоји неколико зона са јасним разликама између земаља, тако да постоји група ниске просечне потрошње енергије, а то су Русија, Турска, Румунија, Албанија, Босна и Херцеговина, затим група земаља средње просечне потрошње енергије, то су земље: Србија, Хрватска, Бугарска, Пољска, Мађарска и постоји група земаља високе просечне потрошње енергије по глави становника, а то су Северна Македонија, Белорусија и Украјина.

Последња група се разликује по величини укупне економије (мерене величином БДП) и према броју становника, тако да се у случају Северне Македоније може приметити да је потрошња енергије један од главних генератора БДП-а по глави становника (вероватно због постојања доминантног индустријског потрошача), односно у случају Украјине и Белорусије може се уочити комбиновани ефекат већег броја становника и индустријских потрошача енергената.

Насупрот томе, за наведени временски период издваја се несразмеран ниво потрошње енергије по глави становника у односу на просечну вредност БДП по глави становника, што може бити знак недовољне развијености енергетике у конкретној земљи. То се односи на земље: Албанију, Пољску, Босну и Херцеговину, Хрватску, Србију и Бугарску.

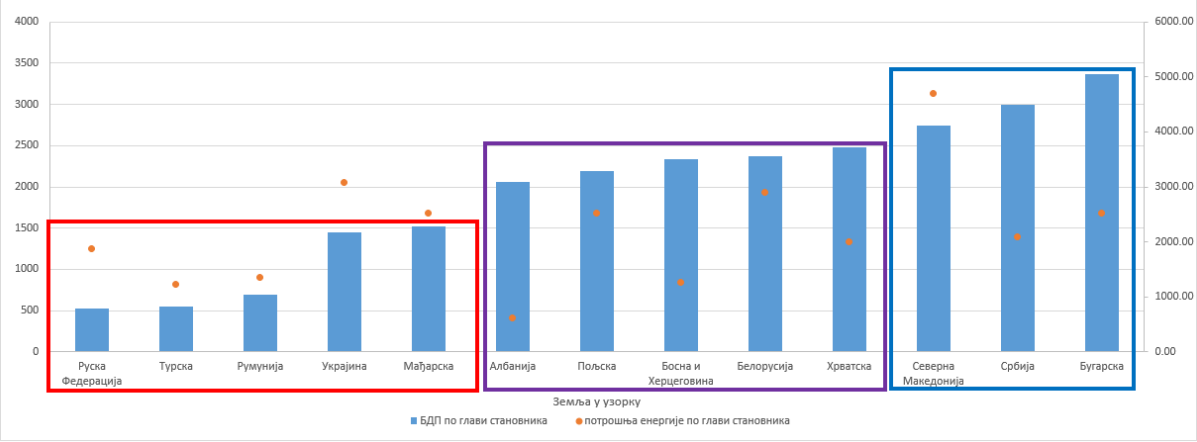


График 5. Дијаграм просечних вредности БДП-а по глави становника и потрошње енергије по глави становника (1990-2014) Извор: Ауторов прорачун

4.4. Коинтеграциона анализа

Коинтеграциона анализа представља методолошки оквир за моделовање макроекономских серија који ће бити примењен у овој дисертацији. Основе концепта поставили су Engle и Granger (1987), након чега долази до великог интересовања за коинтеграциону анализу.

Кажемо да су променљиве коинтегрисане (расту по приближно истој стопи и имају сличну динамику) у случају да између њих постоји дугорочна релација и да су одступања променљивих од те дугорочне релације стационарна. Како истичу Erdem и Tugcu (2012) довољан услов за спровођење коинтеграције у панел анализи односа енергетска потрошња-економски раст је да се докаже да променљиве нису стационарне. Када временске серије имају исти ред интегрисаности, спроводи се коинтеграциона анализа.

Сами аутори модела (Engle и Granger, 1987) су показали да коинтегрисане серије садрже механизам корекције ка равнотежи. Коинтеграција и модел са корекцијом равнотежне грешке користи се у случају када се оцењивањем настоје утврдити дугорочни равнотежни односи и краткорочне релације између променљивих.

За тестирање узрочне везе између енергетске потрошње и економског раста примењују се две економетријске методе- коинтеграциона анализа и Грејнџеров тест узрочности (Stern, 2011). Тврдња да су енергија и раст коинтегрисани постала је донекле „стилизована чињеница“ *(*енгл. *stylized fact)* (Smyth и Narayan, 2015) и управо се то често потврђује у емпиријским студијама. Међутим, када је у питању узрочност, закључци су различити и тумачења су бројна. Ова разноликост у резултатима тестова узрочности приписује се бројним факторима, укључујући, између осталог, институционалне разлике између земаља, спецификацију модела, карактеристике података и економетријски приступ, о чему је већ било речи (Sebri, 2015; Smyth и Narayan, 2015).

Тестирање коинтеграције појавило се релативно рано и стекло је популарност током 1990-их година. Међу првим студијама чија је пажња била усмерена на податке панела је студија аутора Lee (2005), са резултатима заснованим на Педронијевом (1999, 2000) тестирању коинтеграције у панелима у анализи потрошње енергије, реалног БДП и реалног капитала. Слични панели су такође коришћени и код других аутора (Lee и остали, 2008; Costantini и Martini, 2010 и Lee и Lee, 2010). Такође, коришћена је и регресија са три променљиве, али са потрошњом енергије, економским растом и ценама (Mahadevan и Asafu-Adjaye, 2007). Mehrara (2007) је објавио рад који је релативно рано у свом истраживању користио панел оквир за проучавање односа енергетска потрошња- економски раст, али само у анализи са две променљиве.

У литератури је могуће уочити постојање три групе приступа коинтеграцији у панелу приликом истраживања и доказивања постојања дугорочне везе између потрошње енергије и економског раста (Ozturk, 2010). У прву групу такозваних тестова заснованих на резидуалима (енг. Residual-Based Tests) спадају: тестови аутора McCoskey и Kao (1998), Kao (1999) и Pedroni (1999, 2004). У другу групу такозваних тестова заснованих на вероватноћи (Likelihood-Based Tests) спадају: тестови аутора Larsson и остали (2001) и Groen и Kleibergen (2003). У трећу групу такозваних тестова заснованих на моделу са корекцијом грешке (Error Correction-Based Tests) спада тест који је развио Westerlund (2007).

Baltagi (2005) истиче да тестови коинтеграције у панелу имају већу статистичку моћ у односу на тестове коинтеграције временских серија, поготово у случају малих узорака. Овај аутор такође истиче да тестови коинтеграције Groen и Kleibergen (2003) и Westerlund (2007) имају предност у односу на остале, у смислу да дозвољавају зависност упоредних података.

Такође, у оквиру прве групе тестова панела, Pedroni-јеви (1999, 2004) тестови имају већу статистичку моћ у односу на остале тестове коинтеграције у панелима заснованих на резидуалима, у случају када временска димензија скупа података постане већа. С друге стране, McCoskey и Kao (1998) и Kao (1999) тестови дају боље резултате и показују већу статистичку моћ у случају панела који имају својства малог узорка. Међутим, под претпоставком да су упоредни подаци хетерогени, тестови које је предложио Pedroni (1999, 2004) представљају најбољи избор за студије које се баве истраживањем односа енергетска потрошња- економски раст.

Процедура тестирања коинтеграције приказана је у наставку, а примењени су Kao, Pedroni и Westerlund тестови, о којима ће бити више речи у наставку дисертације:

1. Коришћење података у форми временске серије, за скуп променљивих од интереса, уз свођење променљивих на исте величине (нпр. у облику природних логаритама);

2. Спецификација модела: Одређивање одговарајућег модела за тестирање коинтеграције, на основу истраживачког питања и изложене теорије;

3. Тестови коинтеграције (Kao, Pedroni и Westerlund):

    3.1 – Поставка теста;

3.2 – Коришћење одговарајуће технике за процену, попут методе најмањих квадрата (Као), регресионог модела са фиксним ефектима (Pedroni), односно процедуре засноване на методу максималне веродостојности (енгл. Maximum Likelihood) (Westerlund);

3.3 – Спровођење теста коинтеграције, поређење вредности тест статистике (Као тест – χ^2 дистрибуција, Pedroni тест – нормална дистрибуција, Westerlund тест – нормална дистрибуција) и p-вредности ради оцене статистичке значајности;

3.4 – Извођење закључака о прихватању или одбацивању нулте хипотезе о постојању коинтеграције.

У наставку следи приказ сваког од наведених тестова коинтеграције на изабраном узорку земаља.

4.4.1 Као тест коинтеграције

Као тест коинтеграције је статистички тест који се употребљава ради утврђивања да ли су коинтегрисане променљиве у оквиру панела, индикујући дугорочност веза између њих. Како би се Као тест коинтеграције поставио у контекст панел података, требало би пратити следеће кораке:

- Разумевање панел података;
- Анализа коинтеграције у панел подацима;
- Коинтеграција у панел подацима;
- Примена Као теста;
- Интерпретација Као теста;
- Контекстуализација резултата.

Као тест се може користити за тестирање нулте хипотезе да две временске серије нису коинтегрисане у односу на алтернативну хипотезу да су коинтегрисане.

Нулта хипотеза: Две временске серије у панел подацима нису коинтегрисане.

Алтернативна хипотеза: Две временске серије у панел подацима су коинтегрисане.

Табела 19. Као тест коинтеграције између променљиве реалан БДП по глави становника и потрошња енергије по глави становника

Зависна променљива ln bdp pc		
	t статистика	p-вредност
ADF	-2,59	0,004
Резидуална варијанса	0,005	
HAC варијанса	0,004	

Извор: Ауторов прорачун

HAC (енгл. Heteroscedasticity and Autocorrelation Consistent) (Andrews, 1999) оцена варијансе се користи ради узимања у обзир потенцијалних проблема хетероскедастичности односно аутокорелације. Наведена вредност у табели 19 представља робусну стандардну грешку, која обухвата могућу неиспуњеност претпоставки (о хомоскедастичности односно одсуству аутокорелације).

Резултати Као теста коинтеграције у варијанти зависне променљиве реалан БДП по глави становника, приказани су у табели 19. Када се у изразу $y=f(x_1, ..., x_n)$ променљива логаритам реаланог БДП по глави становника нађе у функцији зависне (y= ln bdp pc), а логаритам потрошње енергије по глави становника у функцији независне променљиве (x_1 = ln ep pc), p-вредност износи 0,004. У овом случају резултати теста упућују на то да постоји коинтеграциона веза између променљивих на нивоу од 5%. Одбацивањем нулте хипотезе може се закључити да међу променљивима постоји коинтеграциона веза.

Резултати Као теста коинтеграције у варијанти зависне променљиве потрошња енергије по глави становника, приказани су у табели 20. Када се променљива логаритам потрошња енергије по глави становника нађе у функцији зависне, а логаритам реалан БДП по глави становника независне променљиве, p - вредност је 0,038.

У овом случају резултати теста такође указују на то да постоји коинтеграциона веза између променљивих, уз ризик грешке од 5%. Одбацивањем нулте хипотезе може се закључити да међу променљивима постоји коинтеграциона веза.

Табела 20. Као тест коинтеграције између променљиве потрошња енергије по глави становника и променљиве реалан БДП по глави становника

Зависна променљива ln ep pc		
	t статистика	p-вредност
ADF	-0,77	0,038
Резидуална варијанса	0,004	
HAC варијанса	0,005	
Број доцњи	2	

Извор: Ауторов прорачун

Број доцњи приликом спровођења тестова одређен је на основу Bayes-овог информационог критеријума. Услед ограничења која има Као тест коинтеграције, а која се пре свега огледају у непоузданости резултата теста у случају постојања упоредне међузависности података, постојање коинтеграције ће се додатно проверавати другим тестовима (Pedroni и Westerlund).

4.4.2 Pedroni тест коинтеграције

Неопходно је утврдити постојање коинтеграције између променљивих у подацима панела, па је у ту сврху реализован Pedroni (1999, 2004) тест коинтеграције који укључује седам коинтеграционих статистика и може се поделити у две групе: унутар једне димензије (у нашем случају на нивоу једне земље) и између димензије (земаља). Прву групу чине четири панел коинтеграционе статистике (панел v статистика, панел ρ статистика, панел PP (Philips Perron) (Phillips и Perron, 1988) статистика, панел ADF статистика). У склопу прве групе статистике тестова здружених средина, три статистике су непараметарске, док је четврти тест параметарски (аналоган проширеној верзији DickeyFuller-овог теста). Другу групу чине три коинтеграционе статистике групних средина (групна ρ статистика, групна PP статистика и групна ADF статистика). У склопу друге групе статистике групних средина једна је параметарска (заснована на проширеном Dickey Fuller тесту), док су друге две непараметарске. Нултом хипотезом тестира се непостојање коинтеграције међу подацима панела и предложеним коинтеграционим статистикама дозвољава се да у моделу буде присутна хетерогеност.

Чест је случај да статистике дају контрадикторне резултате, у смислу да одређене статистике потврђују, док друге одбацују нулту хипотезу (Jardon и остали, 2015).

Тестирамо хипотезе:

Нулта хипотеза: Не постоји коинтеграција у нестационарним панелима.

Алтернативна хипотеза: Постоји коинтеграција у нестационарним панелима.

Одузете су средње вредности између скупа променљивих, тако да је проблем упоредне зависности података смањен, те је добијен следећи резултат:

Табела 21. Резултати Pedroni теста коинтеграције

Унутар димензије– Заједнички (здружене средине)			Између димензије– Индивидуални (групне средине)		
Тест статистика	Статистика	p-вредност	Тест статистика	статистика	p-вредност
Панел v- статистика	-1,42	0,07	Групна ρ - статистика	1,15	0,12
Панел ρ - статистика	-0,48	0,31	Групна PP-статистика	-2,18	0,01
Панел PP-статистика	-2,82	0,002	Групна ADF-статистика	-2,74	0,003
Панел ADF-статистика	-2,76	0,002			

Извор: Ауторов прорачун

Резултати су приказани у Прилогу 5. У случају не узимања у обзир фиксних временских ефеката у току спорovођења процедуре тестирања (када је логаритам реални БДП по глави становника зависна променљива а све остале дефинисане променљиве су независне) панел v, и панел ρ статистика потврђују нулту хипотезу о непостојању коинтеграционе везе између променљивих, док панел PP и панел ADF статистика упућују на постојање коинтеграције. Групна ρ статистика такође потврђује нулту хипотезу о непостојању коинтеграције, док групна PP и групна ADF статистика упућују на постојање коинтеграције.

Када се узму у обзир и фиксни временски ефекти (енгл. time fixed effects), резултати седам кључних статистика у оквиру Pedroni теста показују следеће:

Табела 22. Резултати Pedroni теста када се узму у обзир и фиксни временски ефекти

Унутар димензије – Заједнички (здружене средине)			Између димензије – Индивидуални (групне средине)		
Тест статистика	Статистика	p-вредност	Тест статистика	статистика	p-вредност
Панел v-статистика	-2,17	0,01	Група ρ - статистика	2,1	0,01
Панел ρ - статистика	0,64	0,26	Група PP-статистика	-1,45	0,07
Панел PP-статистика	-2,46	0,006	Група ADF-статистика	-2,1	0,01
Панел ADF-статистика	-3,11	0,0009			

Извор: Ауторов прорачун

У случају узимања у обзир фиксних временских ефеката у току спровођења процедуре тестирања, (логаритам реалан БДП по глави становника зависна променљива а све остале иницијално дефинисане променљиве су независне променљиве), вредности панел v, панел PP и панел ADF статистика упућују на постојање коинтеграционе везе између променљивих. Група ρ статистика и група ADF статистика упућују на постојање коинтеграције, док група PP статистика потврђује нулту хипотезу о непостојању коинтеграционе везе.

4.4.3 Westerlund тест коинтеграције (прве генерације)

У циљу додатне провере добијених резултата након спровођења Pedroni теста, биће примењен и Westerlund (2005) тест коинтеграције прве генерације између логаритма реалног БДП по глави становника и логаритма потрошње енергије. Изабране су две променљиве (у односу на укупан број променљивих), примарно из разлога како би се анализа резултата овог теста коинтеграције фокусирала на једноставну интерпретацију, а секундарно из чињенице да је Westerlund тест коинтеграције дизајниран за упоређивање парова променљивих, тако да би у случају једне зависне и три независне променљиве, резултовало у временски захтевној, вишеструкој анализи парова променљивих.

Резултати примене Westerlund теста коинтеграције су приказани у Табели 23. Имајући у виду претходно утврђену чињеницу да су све разматране променљиве — логаритам реалног бруто домаћег производа по глави становника (ln bdp pc) и логаритам

потрошње енергије по глави становника (ln ep pc) — стационарне у првим диференцама, оправдан је даље реализовани приступ у анализи коинтеграције ових променљивих. Предност спроведеног Westerlund-овог теста коинтеграције огледа се у могућности независног тестирања две различите хипотезе. Наиме, нултом хипотезом тврди се да између променљивих не постоји коинтеграција, док се алтернативном хипотезом може тврдити да постоји коинтеграција на нивоу целог панела или да постоји коинтеграција само на нивоу одређене временске јединице.

Нулта хипотеза: Између променљивих не постоји коинтеграција.

Алтернативна хипотеза: Постоји коинтеграција на нивоу целог панела или постоји коинтеграција само на нивоу одређене временске јединице.

Без обзира на то како је постављена алтернативна хипотеза, у конкретном примеру долази се до закључка да постоји коинтеграциона веза између променљивих. Закључак је идентичан у оба случаја, односно у спецификацији где је логаритам реалан БДП по глави становника зависна променљива, и обрнуто, када је логаритам потрошње енергије у функцији зависне променљиве.

Табела 23. Westerlund тест коинтеграције логаритма реалног БДП по глави становника и логаритма потрошње енергије по глави становника

Зависна променљива	статистика	p-вредност	Коинтеграција
ln bdp pc	5,25	0,0000	На нивоу једне димензије
ln bdp pc	2,39	0,0083	На нивоу панела
ln ep pc	-3,06	0,0011	На нивоу једне димензије
ln ep pc	-2,58	0,0049	На нивоу панела

Извор: Ауторов прорачун

Примењени тестови потврдили су присуство коинтеграције. Према томе, у циљу добијања поузданих резултата неопходно је спровести оне тестове који дају релевантне резултате у случају утврђене коинтеграције.

У складу са процедуром која је примењена у претходно спроведеним тестовима, тестираће се коинтеграциона веза између променљивих где се у функцији зависне променљиве налази логаритам реалан БДП по глави становника, а након тога ће се

спровести исти тест где ће у функцији зависне променљиве да се нађе потрошња енергије по глави становника. Просечан број доцњи и просечан број будућих вредности (из t+1, t+2, итд. периода) код оба теста одређени су на основу минималне вредности Akaike информационог критеријума (AIC). Број понављања за израчунавање робусних p-вредности је постављен на 400, у складу са величином узорка. Резултати спроведеног теста приказани су у табелама 24 и 25.

Тестирана је нулта хипотеза, којом се тврди да међу променљивим не постоји коинтеграција, док се алтернативном хипотезом за G_t и G_a статистике тврди да постоји коинтеграција између променљивих на нивоу барем одређене године. Алтернативна хипотеза за P_t и P_a статистике теста тврди да постоји коинтеграција између променљивих на нивоу панела, док је нулта хипотеза идентична као и G_t и G_a статистика.

Вредности израчунатих статистика приликом спровођења теста у случају када је логаритам бруто домаћег производа зависна променљива и робусних p-вредности, упућују на одбацивање нулте хипотезе. Наиме, робусне p-вредности за статистике G_t, P_t и P_a на нивоу статистичке значајности од 5% упућују на немогућност да се алтернативна хипотеза одбаци, стога се може закључити да између променљивих постоји коинтеграциона веза. Статистике G_t, P_t, и P_a су мање од 0,05, па можемо одбацити нулту хипотезу о непостојању коинтеграције између променљивих, док једино G_a статистика има вредност 0,63.

Међутим, Westerlund (2007) наводи да у случају малих узорака, робусна p-вредност која одговара Ga статистици може имати високу вредност. На основу наведеног, може се закључити да између променљивих постоји коинтеграциона веза. Westerlund тест коинтеграције утврђује да између логаритма реалног БДП по глави становника и логаритма потрошње енергије постоји коинтеграциона веза. Табела 24 приказује резултате на нивоу значајности од 0,05.

Табела 24. Westerlund коинтеграциони тест (уз разматрање робусне p - вредности) логаритма реалног БДП по глави становника и логаритма потрошње енергије по глави становника

Статистика	Вредност статистике теста	Z вредност	p-вредност	робусна p-вредност
G_t	-1,599	-2,158	0,015	0,000
G_a	-3,372	0,341	0,634	0,001
P_t	-4,598	-2,362	0,009	0,001
P_a	-3,178	-2,679	0,004	0,003

Извор: Ауторов прорачун

У другој варијанти, када је зависна променљива ln ep pc, односно потрошња енергије по глави становника, вредности израчунатих статистика приликом спровођења теста у

случају када је логаритам потрошње енергије по глави становника зависна променљива и робусне p- вредности, упућују на одбацивање нулте хипотезе.

Закључак, након теста и узимања у обзир свих релевантних вредности, на нивоу статистичке значајности од 5%, води ка томе да се одбаци нулта хипотеза о непостојању коинтеграције, стога се може закључити да између **променљивих постоји коинтеграциона веза**.

Коначно, вредност Westerlund теста коинтеграције (узимајући у обзир p вредности и робусне p-вредности) у односу на коју се испитује постојање коинтеграције између променљивих, показује да између логаритма потрошње енергије и логаритма реалног БДП по глави становника постоји коинтеграциона веза. У табели 25 су приказани резултати на нивоу значајности 0,05.

Табела 25. Westerlund коинтеграциони тест (уз разматрање робусне p-вредности) логаритма потрошње енергије по глави становника и логаритма реалног БДП по глави становника

Статистика	вредност	Z вредност	p-вредност	Робусна p-вредност
Gt	-0,444	1,844	0,967	0,000
Ga	-0,500	2,618	0,996	0,001
Pt	-2,503	-0,567	0,285	0,001
Pa	-0,406	0,773	0,780	0,003

Извор: Ауторов прорачун

На основу добијене p-вредности и робусне вредности исте статистике може се закључити да се одбацује нулта хипотеза о непостојању коинтеграције, односно може се закључити да постоји коинтеграција између променљивих и у варијанти обрнутог редоследа зависне и независне променљиве.

4.4.4 Тестирање истраживачких хипотеза

Претходно постављене хипотезе могу да буду потврђене различитим тестовима.

H_1: У случају земаља са средњим нивоом дохотка (које су предмет наше анализе), енергетска потрошња (мерена у килограмима еквивалентне нафте) има умерено позитиван, а статистички значајан утицај на раст БДП по глави становника

При разматрању утицаја између променљивих, неопходно је применити одговарајуће тестове за испитивање статистичке значајности, затим квантификовати појединачни однос између сваког од регресора и зависне променљиве. У наставку ће бити објашњена панел метода потпуно модификованих најмањих квадрата FMOLS (енгл. Fully Modified Ordinary Least Squares), која служи за оцењивање параметара модела линеарне регресије, у случају дугорочне везе између променљивих, а посебно је корисна у анализи коинтегрисаних временских серија. Кључни кораци за примену су следећи:

- Утврђивање коинтеграције пре примене FMOLS, што може бити остварено уз помоћ одговарајућих тестова;
- Након потврде коинтеграције, формулише се одговарајући модел регресије. Модел треба да укључи коинтеграциону везу као и додатне експланаторне променљиве, ако се покаже њихова релевантност;
- Оцењивање применом метода потпуно модификованих најмањих квадрата: FMOLS коригује оцене у случају потенцијалних проблема ендонгености и пристрасности;
- Тестирање серијских корелација и хетероскедастичности;
- Интерпретација резултата ради анализе и дефинисања економски повезаних закључака, уз помоћ статистичке значајности сваког коефицијента, односно веза између променљивих на дуги рок.

Због проблема ендогености и серијске корелације примена методе обичних најмањих квадрата резултира пристрасним оценама. У пракси постоје две методе које се користе приликом провере параметара модела линеарне регресије када је у питању однос енергетска потрошња- економски раст. Први је панел метод потпуно модификованих најмањих квадрата[55].

Годинама су методе унапређиване у складу са потребама саме анализе панел података и добиле су форму у којој се данас употребљавају. За разлику од методе уопштених најмањих квадрата, оба ова метода се могу користити и у хомогеним и у хетерогеним панелима што уједно представља њихову предност. Регресиона формула, која узима у обзир оцену дугорочних веза између променљивих је дата изразом (4.9), а резултати у табели 26.

[55] Који заправо представља проширену верзију методологије Phillips и Hansen (1990). Други метод првобитно развијен од стране Saikkonen (1992) и Stocki Watson (1993) је метод динамичких обичних најмањих квадрата (енгл. dynamic ordinary least square, DOLS), приказан у табели 26.

$$\ln\Delta bdp_pc_t=\beta 1\ln\Delta bpk_pc_t+\beta 2\ln\Delta ursp_t+\beta 3\ln\Delta ep_pc_t+\lambda ECT_{t-1}+\epsilon_t \quad (4.9)$$

Где:

$\ln\Delta bdp_pc_t$ – Краткорочна стопа раста реалног бруто домаћег производа (БДП) по глави становника. Ова променљива мери промену БДП-а по глави становника у кратком периоду.

$\ln\Delta bpk_pc_t$ – Краткорочна промена реалних бруто инвестиција у основни капитал по глави становника. Овај параметар указује на промене у инвестицијама у физички капитал (као што су фабрике, машине, инфраструктура) по глави становника у кратком периоду.

$\ln\Delta ursp_t$ – Краткорочна промена учешћа радне снаге у укупној популацији. Овај параметар показује промену у проценту људи који су активно ангажовани у радној снази у односу на целу популацију.

$\ln\Delta ep_pc_t$ – Краткорочна промена енергетске потрошње по глави становника. Овај параметар мери промене у потрошњи енергије по глави становника у кратком периоду.

ECT_{t-1} – Error Correction Term (ECT), тј. резидуал из дугорочне коинтеграционе једначине. Ова варијабла мери колико се економија враћа ка дугорочној равнотежи након шока. У суштини, ECT приказује разлику између тренутног стања и жељене дугорочне равнотеже.

λ – Брзина прилагођавања ка дугорочној равнотежи. Очекује се да овај параметар буде негативан и статистички значајан, јер означава брзину којом се економија враћа ка равнотежи након шокова или промена.

ϵ_t – Преостала грешка модела, која представља неусклађеност између модела и стварних података, односно несавршеност предикција модела.

Табела 26. Резултати оцене модела панел методом потпуно модификованих најмањих квадрата

Променљива	Коефицијент (стандардна грешка)	t тест	p-вредност
Δ ln ep pc	0,063466 (0,083)	1,99	0,048
Δ ln bpk pc	0,805729 (0,033)	28,13	0,000
Δ ln ursp	0,016591 (0,398)	3,02	0,03
ln ep pc (t-1)	0,063466 (0,083)	2,34	0,000
ln bpk pc (t-1)	0,805729 (0,033)	11,22	0,000
ln ursp (t-1)	0,016591 (0,398)	1,99	0,01
Оцена ECT (t-1)	-0,1 (0,2)	1,96	0,01
Укупни R^2	0,97		
Кориговани коефицијент детерминације R^2	0,97		
F статистика (p – вредност)	5,21 (0,001)		

Извор: Ауторов прорачун

Један проценат повећања бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника, доводи до раста БДП по глави становника у износу од 0,8 процената, један проценат повећања удела радне снаге у укупној популацији, доводи до раста БДП по глави становника за 0,02 процената, затим један проценат повећања потрошње енергије по глави становника доводи до раста БДП-а по глави становника за 0,06 процената. Сви резултати оцене регресије случајних коефицијената (на нивоу променљиве и на нивоу прве диференце) методом уопштених најмањих квадрата су статистички значајни (p- вредност је мања од 0,05, док су апсолутне вредности t-статистике изнад 1,96). Што се тиче F статистике и пратеће p-вредности, такође су добијене статистички значајне вредности.

FMOLS и DOLS (енгл. Dynamic Ordinary Least Squares) су два методолошка приступа која се најчешће користе у оцењивању коинтеграционих веза, али се разликују у неколико кључних аспеката:

Ова метода представља унапређење класичне OLS (методе обичних најмањих квадрата) које се примењује у анализи коинтеграционих веза. За разлику од стандардне OLS методе, FMOLS коригује проблеме ендогености (међусобне узрочности између

променљивих) и присуства серијске корелације у резидуалима. Ове корекције омогућавају добијање непристрасних и конзистентних оцена параметара у моделима који укључују коинтегрисане променљиве. FMOLS такође узима у обзир целокупну динамику система, а не само утицај у првом периоду, чиме се побољшава тачност процена дугорочне везе између економских променљивих.

DOLS метода је метода која проширује класичну регресију додавањем доцњи и вредности у будућности првих разлика независних променљивих у модел. На тај начин се смањују проблеми ендогености и аутокорелације који се често јављају у анализи коинтеграционих односа. Конкретно, укључивањем чланова попут ΔX_{t-1}, ΔX_{t+1} итд., DOLS модел омогућава бољу контролу над динамичким аспектима података. За разлику од FMOLS методе, која примењује статистичке корекције на резидуале, DOLS се ослања на експлицитно укључивање динамичких компоненти у модел. Овај приступ омогућава добијање ефикаснијих и поузданијих процена дугорочних односа међу коинтегрисаним променљивама у временским серијама.

Што се тиче регресије за оцену модела методом диференцираних обичних најмањих квадрата (DOLS), она је дата изразом (4.10), док су резултати оцене модела приказани у табели 27. У наставку се налази објашњење и разлике у примени DOLS и FMOLS метода:

$$\Delta Y_t=\beta_1\Delta X_t+\alpha\Delta Y_{t-1}+\gamma\Delta X_{t-1}+u_t \qquad (4.10)$$

Где:

- Yt је зависна променљива у t-том периоду времена, где Δ означава прву диференцу за променљиву Yt.
- β1 је коефицијент коинтеграционе везе уз променљиву X_t, који показује снагу и правац односа између променљивих ΔX_t и ΔY_t у кратком року.
- α и γ су коефицијенти коинтеграције за вредности променљивих Y_t и X_t са доцњом од једног периода (односно ΔYt-1 и ΔXt-1), који узимају у обзир динамику коинтеграционе везе и временске ефекте.
- ΔX_t и ΔX_{t-1} су независне променљиве у регресији, где Δ означава прву диференцу за променљиве.
- u_t је грешка модела која одражава несавршеност модела и неухваћене факторе.

Табела 27. Резултати оцене модела панела методом динамичких обичних најмањих квадрата

Променљива	Коефицијент (стандардна грешка)	t тест	p-вредност
ln ep pc	0,7536 (0,12)	6,27	0,000
ln bpk pc	0,3452 (0,0657)	5,25	0,000
ln ursp	0,1987 (0,0895)	2,22	0,003
ln ep pc (-1)	0,7443 (0,09)	4,15	0,001
ln bpk pc (-1)	0,2446 (0,0567)	11,35	0,003
ln ursp (-1)	0,1765 (0,0234)	2,47	0,011
ECM (t-1) (модел корекције грешке)	-0,01		
Укупни R^2	0.85		
Кориговани коефицијент детерминације R^2	0.83		
F статистика (p – вредност)	6,13 (0,000)		
Тест статистика коинтеграције (p – вредност)	13,94 (0,001)		

Извор: Ауторов прорачун

Један проценат повећања бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника, доводи до раста БДП по глави становника у износу од 0,34 процената, један проценат повећања удела радне снаге у укупној популацији, доводи до раста БДП по глави становника за 0,2 процената, а један проценат повећања потрошње енергије по глави становника доводи до раста БДП-а по глави становника за 0,75 процената. Сви резултати оцене регресије случајних коефицијената (на нивоу променљиве и на нивоу прве диференце) методом уопштених најмањих квадрата су статистички значајни (p- вредност је мања од 0,05, док су апсолутне вредности t-статистике изнад 1,96). Што се тиче F статистике и пратеће p-вредности, такође су добијене статистички значајне вредности. На крају, за приказ резултата оцене модела путем метода DOLS узета је у обзир и вредност ECM (модел корекције грешке, представља економетријски приступ који комбинује краткорочну динамику и дугорочну равнотежу између економских променљивих. У оквиру панел DOLS

модела у Табели 27, променљива ECM(t-1) одражава брзину прилагођавања система ка дугорочној равнотежи након краткорочног одступања) са доцњом, која детектује динамику којом се модел прилагођава како би се повратила дугорочна стабилност, након нарушавања на кратак рок.

У случају Србије, такође је забележен субоптималан резултат за последњих пет година у узорку, имајући у виду девастирајуће ефекте економске кризе на глобалном нивоу.

На крају, узимајући у обзир резултате примене FMOLS и DOLS метода и позитивну вредност коефицијента регресије уз променљиву потрошња енергије по глави становника (при нивоу значајности од 0,05), може се потврдити прва хипотеза, односно да постоји статистички значајан, позитиван утицај енергетске потрошње на раст БДП по глави становника у случају посматраних земаља са средњим нивоом дохотка.

Имајући у виду резултате спроведеног емпиријског истраживања државне политике анализираних земаља треба да буду усмерене на повећање, диверсификацију и одрживост енергетских извора, а све у циљу обезбеђења континуираног економског раста. Препорука је да се у државама у којима је доказана хипотеза раста подстиче инвестирање у енергетску инфраструктуру, као и да се предузимају мере смањења енергетске зависност од једног енергента, као и да се промовише прелазак ка нискоугљеничним изворима. Државе треба да обезбеде енергетску сигурност формирањем стратешких резерви енергената из стабилних извора, као и енергетску ефикасност. С тим у вези потребно је улагање у ефикаснију производњу како би се максимизирао ефекат потрошене енергије на БДП, као и субвенционисање оних индустрија које користе енергију као кључни инпут. Енергетске политике земаља у којима је доказана хипотеза раста морају бити усклађене са принципима Зелене агенде[56] и Европским зеленим договором[57], како би се у контексту климатских промена и очувања животне средине користило више чисте енергије, преласком са фосилних на обновљиве изворе енергије.

[56] Зелена агенда за Западни Балкан део је Европског зеленог договора (Green Deal) и представља документ који су 2020. године потписале земље региона (Србија, Босна и Херцеговина, Црна Гора, Северна Македонија, Албанија) у оквиру сарадње са Европском унијом. Кључни циљеви Зелене агенде су: смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште, повећање удела обновљивих извора енергије, енергетска ефикасност, заштита екосистема, управљање отпадом, одржива мобилност и здрава животна средина.

[57] У питању је развојна стратегија Европске уније за постизање климатске неутралности до 2050. године и представља свеобухватан план за трансформацију европске економије ка одрживом и зеленом друштву, без угрожавања економског раста.

H_2: *Могуће је утврдити једносмерну каузалност између енергетске потрошње и економског раста у случају већих националних економија које су предмет наше анализе, као и двосмерну каузалност у случају мањих националних економија анализираних земаља.*

Ова хипотеза може се размотрити као претпоставка која се базира на различитим динамикама између енергетске потрошње и економског раста у различитим економијама, с тим што претпостављате да ће за веће националне економије бити присутна једносмерна каузалност, док ће за мање економије бити присутна двосмерна каузалност. Оваква хипотеза ће бити тестирана коришћењем Грејнџеровог теста каузалности, као намеру да се утврди смер каузалности између променљивих (за сваку земљу у панелу), а спроводи се након теста коинтеграције (Pedroni, 2004). Тест би показао да ли и на који начин промена у једној променљивој утиче на другу. У овом случају, израз "једносмерна каузалност" указује на то да један фактор (нпр. енергетска потрошња) утиче на други (нпр. економски раст), али не обрнуто. Двосмерна каузалност подразумева да оба фактора утичу један на други, чиме се враћа повратна спрега између њих.

Специфично за ово истраживање, дефинисана је помоћна променљива „просечна вредност БДП-а“ на нивоу сваке земље у последњој години посматрања (2014.), како би се на ефикасан начин раздвојио скуп земаља које припадају већим националним економијама, од скупа земаља у панелу које припадају мањим националним економијама. Пошто просечна вредност БДП за 2014. износи 330 милијарди долара, након примењене класификације на веће и мање националне економије добијена је следећа табела:

Табела 28. Класификација земаља у панелу према помоћној променљивој „просечна вредност БДП за 2014. годину“

Земља у панелу	Величина БДП у америчким доларима (2015, const.) за 2014. годину	Класификација земаља у односу на помоћну променљиву „просечна вредност БДП за 2014. годину“
Албанија	13,2 млрд.	Мања национална економија
Белорусија	78,8 млрд.	Мања национална економија
БиХ	18,5 млрд.	Мања национална економија
Бугарска	56,8 млрд.	Мања национална економија
Румунија	199,6 млрд.	Мања национална економија
Руска Федерација	2.059,2 млрд.	Већа национална економија
Северна Македонија	11,3 млрд.	Мања национална економија
Србија	47,06 млрд.	Мања национална економија
Украјина	133,5 млрд.	Мања национална економија
Хрватска	57,6 млрд.	Мања национална економија
Мађарска	140,7 млрд.	Мања национална економија
Пољска	542,4 млрд.	Већа национална економија
Турска	938,9 млрд.	Већа национална економија

Извор: Ауторов прорачун

Грејнџеров тест каузалности мери предиктивну моћ једне променљиве уз помоћ неке друге променљиве, односно утврђује да ли једна променљива обезбеђује информације о другој променљивој (у виду тренутних или историјских вредности те променљиве).

У наставку следе кораци израчунавања Грејнџер узрочности уз помоћ коришћења векторске ауторегресије:

- Припрема података: Прикупљање и организација података у форми временске серије;

- Тест Грејнџер узрочности: Тестирање нулте хипотезе Но: Променљива x_1 не поседује Грејнџер узрочност у односу на променљиву x_2;

- Тестирање хипотеза: Укључује F тестове или Wald тест. У случају одбацивања нулте хипотезе, закључак је да анализирана променљива поседује Грејнџер узрочност у односу на зависну променљиву која се тестира;

- Интерпретација резултата: Сваки резултат примене Грејнџер теста може да се тумачи даље у виду откривених каузалности између променљивих (једносмерна, двосмерна, неутрална или повратна спрега).

Грејнџеров тест каузалности је примењен тако што су за сваку од анализираних земаља тестиране једносмерне и двосмерне каузалне везе између променљивих, користећи једноставне моделне спецификације. Тестирање је спроведено на вредностима са доцњом сваке променљиве, чиме је омогућено анализирање каузалних односа без употребе сложенијих модела који захтевају спецификацију више зависних променљивих. Овај приступ је омогућио тестирање каузалности између две променљиве и анализу резултата у контексту статистичке значајности.

Са намером тестирања хипотезе, употребљен је раније примењен приступ (Chang и остали, 2014), а резултати су приказани у табели 29 (значајност на нивоу 5%).

Табела 29. Приказ Грејнџерове каузалности између потрошње енергије и БДП

H_0: Потрошња енергије не узрокује БДП по глави становника (према Granger тесту каузалности)			
Земља	Wald	p вредност	Granger каузалност Да/Не
Албанија	1,39	0,497	Хипотеза конзервације, Y-E
Белорусија	6,84	0,03	Хипотеза раста, E-Y
БиХ	16,52	0,00	Хипотеза повратне спреге (двосмерна)
Бугарска	2,58	0,27	Хипотеза неутралности
Румунија	16,10	0,00	Хипотеза раста, E-Y
Руска Федерација	5,47	0,06	Хипотеза неутралности
Северна Македонија	13,70	0,001	Хипотеза повратне спреге (двосмерна)
Србија	7,32	0,026	Хипотеза повратне спреге(двосмерна)
Украјина	3,42	0,18	Хипотеза неутралности
Хрватска	6,88	0,03	Хипотеза повратне спреге(двосмерна)
Мађарска	3,41	0,18	Хипотеза конзервације, Y-E
Пољска	26,03	0,00	Хипотеза раста, E-Y
Турска	2,1	0,34	Хипотеза неутралности

Извор: Ауторов прорачун

Може се сматрати да је друга хипотеза потврђена, узимајући у обзир вредности Wald статистике и p вредности (испод 0,05). У случају већих економија, једносмерна каузалност, која одговара хипотези раста, прихваћена је за Пољску, док су у случају Руске Федерације и Турске (такође већих економија) потврђени резултати који указују на хипотезу неутралности (због p вредности изнад 0,05).

Друга хипотеза је, дакле, прихваћена, при чему су у мањим економијама, као што су Хрватска, Босна и Херцеговина, Северна Македонија и Србија, утврђене двосмерне каузалности (пошто су p вредности у оба смера каузалности биле испод 0,05), док је у већим економијама присутна једносмерна каузалност.

Све утврђене каузалности су приказане визуелно на графикону 6. Хипотеза раста је означена зеленом бојом (Пољска, Белорусија, Румунија), хипотеза неутралности је означена наранџастом бојом (Русија, Турска, Украјина, Бугарска), двосмерна каузалност је означена жутом бојом (Србија, БиХ, Хрватска и Северна Македонија), док је хипотеза конзервације означена тамно црвеном бојом (Албанија, Мађарска).

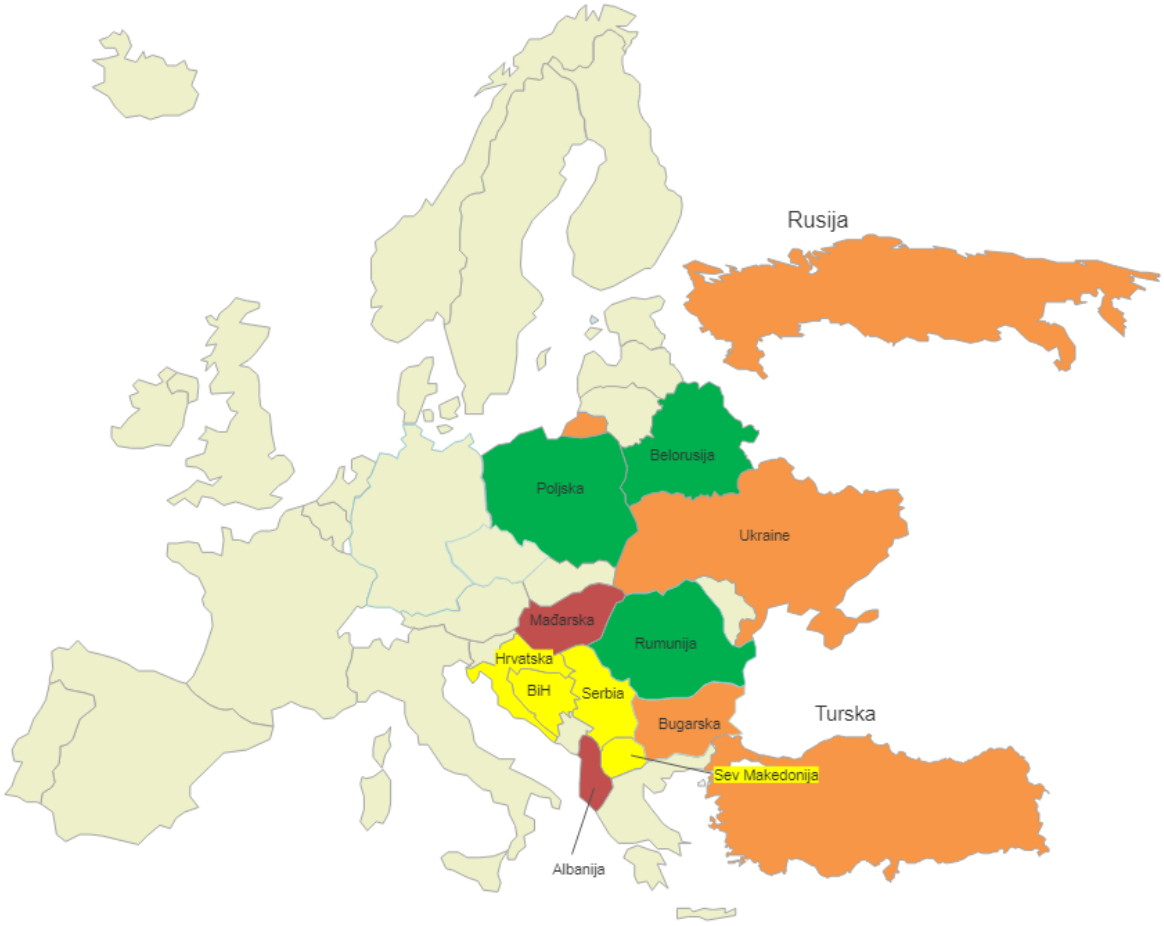


График 6. Визуелни приказ утврђених хипотеза раста, конзервације, повратне спреге и неутралности. Извор: Ауторов прорачун

*димензије територије Руске Федерације и Турске су умањене у односу на природну величину како би биле прилагођене визуелизацији

H_3: *Могуће је посматрати БДП по глави становника једне земље као производ каузалности у већој мери са енергетском потрошњом и капиталом (у смислу бруто инвестиција у основна средства) (двосмерна каузалност), односно са уделом радне снаге у укупној популацији у мањој мери (једносмерна каузалност).*

Према хипотези, БДП по глави становника једне земље може показивати различите врсте каузалности у односу на друге економске показатеље, у зависности од природе и снаге тих односа. На основу резултата Грејнцеровог теста каузалности, можемо разликовати две главне групе:

Двосмерна каузалност: БДП по глави становника утиче на енергетску потрошњу и бруто принос на капиталне инвестиције у већој мери, што указује на динамичну и узрочно-последичну везу између економског раста и ових фактора. Ова врста каузалности подразумева да и БДП и енергетска потрошња (или инвестиције) утичу једно на друго, што је резултат повратне спреге у којој економски раст може подстицати већу потрошњу енергије и веће инвестиције, а истовремено, те променљиве могу подржавати раст БДП-а.

Једносмерна каузалност: У случају удела радне снаге у популацији, каузалност је једносмерна, где удео радне снаге утиче на БДП по глави становника, али не и обрнуто. Ова врста каузалности подразумева да повећање удела радне снаге може директно допринети већем БДП-у, али БДП не утиче значајно на ову променљиву.

Ова хипотеза указује на различите економске механизме који утичу на развој економије, зависно од структура економије и специфичних динамика сваке променљиве.

У Стати је дефинисан Granger тест за сваку од 13 земаља у анализи панел података, на исти начин као што је Rufael (2014) претходно реализовао на сличном скупу земаља.

Табела 30. Резултати Granger тестова каузалности на нивоу појединачних земаља

Земља		ep→bdp	bdp→ep	bpk→bdp	bdp→bpk	ursp→bdp	bdp→ursp	bpk→ep	ep→bpk	ep→ursp	ursp→ep	bpk→ursp	ursp→bpk
Албанија	χ^2	1,39	16,37	73,2	54,3	0,78	0,78	5,71	0,26	6,01	79,88	1,36	0,37
	p вредност	0,49	0,000	0,000	0,000	0,67	0,67	0,057	0,877	0,049	0,000	0,5	0,82
Белорусија	χ^2	6,84	2,11	12,33	13,09	14,78	3,12	2,49	8,48	7,84	7,34	1,68	11,54
	p вредност	0,03	0,348	0,002	0,001	0,001	0,209	0,28	0,01	0,02	0,02	0,43	0,003
БиХ	χ^2	16,52	14,98	17,15	52,16	11,36	0,65	17,15	1,86	3,21	0,86	0,03	8,05
	p вредност	0,00	0,001	0,000	0,000	0,003	0,71	0,00	0,39	0,20	0,64	0,98	0,018
Бугарска	χ^2	2,58	3,65	188,06	37,03	1,44	2,83	3,34	3,56	4,91	4,02	4,01	1,11
	p вредност	0,27	0,16	0,000	0,000	0,48	0,24	0,18	0,168	0,08	0,13	0,13	0,57

Румунија	χ^2	16,1	2,48	13,29	10,77	11,13	3,56	2,31	16,05	22,45	0,45	3,19	15,41
	p вредност	0,000	0,28	0,001	0,005	0,004	0,168	0,31	0,000	0,000	0,79	0,20	0,000
Руска Федерација	χ^2	5,47	0,93	0,86	0,41	6,90	6,05	0,92	4,58	1,00	8,28	5,07	8,37
	p вредност	0,06	0,62	0,64	0,81	0,03	0,049	0,62	0,10	0,605	0,016	0,07	0,01
Северна Македонија	χ^2	13,70	13,49	0,05	0,22	2,93	2,54	13,61	11,73	0,27	22,16	2,81	2,83
	p вредност	0,001	0,001	0,97	0,89	0,23	0,28	0,001	0,003	0,87	0,000	0,24	0,24
Србија	χ^2	7,32	18,39	9,59	13,37	7,34	5,70	18,61	7,17	2,1	19,37	5,48	6,67
	p вредност	0,026	0,000	0,008	0,001	0,025	0,058	0,000	0,028	0,35	0,000	0,065	0,035
Украјина	χ^2	3,42	1,02	9,07	11,63	4,12	1,76	1,26	4,89	2,85	1,80	1,15	5,12
	p вредност	0,18	0,59	0,01	0,003	0,12	0,41	0,53	0,08	0,24	0,40	0,56	0,07
Хрватска	χ^2	6,88	7,17	7,09	5,56	10,88	17,86	6,69	5,10	5,38	7,99	18,73	11,95
	p вредност	0,03	0,02	0,02	0,06	0,00	0,00	0,03	0,07	0,06	0,01	0,00	0,00
Мађарска	χ^2	3,41	9,86	9,21	5,49	3,63	1,77	10,21	2,37	2,58	2,47	2,24	3,13
	p вредност	0,18	0,00	0,00	0,06	0,16	0,41	0,00	0,30	0,27	0,29	0,32	0,20
Пољска	χ^2	26,03	1,21	26,40	21,58	16,85	0,10	4,46	3,84	5,48	0,63	4,59	10,42
	p вредност	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,94	0,10	0,14	0,06	0,72	0,10	0,00
Турска	χ^2	2,10	2,55	3,87	3,87	8,73	2,25	1,26	0,65	1,43	20,54	2,02	7,88
	p вредност	0,34	0,27	0,14	0,14	0,01	0,32	0,53	0,72	0,48	0,00	0,36	0,01

Напомена: Y = lnbdp pc (реални бдп по глави становника), E = lnep pc (енергетска потрошња (у kwh по глави становника)), K = lnbpk pc (бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника) и L = ln ursp (удео радне снаге у укупној популацији). p-вредност означава ниво значајности од 5%.

Извор: Ауторов прорачун

Може се закључити о читавом низу каузалности на основу табеле 30, на узорку од 13 земаља.

- БДП по глави становника и потрошња енергије по глави становника за Турску, Бугарску, Русију и Украјину;

- Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника и БДП по глави становника за Турску, Русију и Северну Македонију;

- Удео радне снаге у укупној популацији и БДП по глави становника за Мађарску, Албанију, Бугарску, Северну Македонију и Украјину;

- Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника и потрошња енергије по глави становника за Пољску, Турску, Бугарску, Русију и Украјину;

- Потрошња енергије по глави становника и удео радне снаге у укупној популацији за Мађарску, Пољску, Бугарску, Босну и Херцеговину и Украјину;

- Као и за бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника и удео радне снаге у укупној популацији за Мађарску, Албанију, Северну Македонију, Бугарску и Украјину.

Резултати који показују одсуство каузалности могу указивати на постојање других облика међузависности између променљивих, који нису директно уочени у анализи. То може бити последица између осталог квалитета и поузданости прикупљених података, као и утицаја фактора који се не мењају током времена (нпр. институционалне, географске или структурне карактеристике). Упечатљиво је да у случају Србије није забележено одсуство нити једне од испитиваних каузалних веза, што може указивати на постојање јаче или јасније дефинисане повезаности између посматраних променљивих.

Графички (график 7) је то приказано на мапи Европе уз помоћ црвене боје (легенда: Y= ln реални БДП по глави становника, E= ln енергетска потрошња (у кг еквивалентне нафте по глави становника), K= ln бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника и L= ln удео радне снаге у укупној популацији). Земље из узорка код којих је утврђено непостојање каузалности између 4 променљиве су без посебне ознаке, док је црвеном бојом обележено бар постојање једносмерне каузалности.

График 7. Визуелни приказ земаља у узорку са утврђеним непостојањем каузалности између 4 променљиве. Извор: Ауторов прорачун

У свим осталим испитиваним случајевима, постоји бар једносмерна каузалност, од којих су најзначајније (према вредности χ^2 статистике) забележене у случају:

- Пољске, Хрватске, Босне и Херцеговине, Румуније и Северне Македоније и то једносмерне каузалности од потрошње енергије ка БДП по глави становника;
- Између удела радне снаге у укупној популацији и БДП по глави становника у Пољској, Турској, Белорусији, Босни и Херцеговини и Румунији;
- Потрошње енергије по глави становника и бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника у Босни и Херцеговини, Србији и Северној Македонији;

- Каузалност у смеру удела радне снаге у укупној популацији и бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника за Хрватску, Пољску, Турску, Румунију и Белорусију.

- Каузалности у смеру удела радне снаге у укупној популацији ка потрошњи енергије у случају Хрватске и Турске.

Резултати где је утврђена једносмерна каузалност примећени су углавном у мањим економијама, с тим што је у случају Србије примећено одсуство каузалности променљиве удео радне снаге у укупној популацији према свим осталим променљивим (док у обрнутом смеру постоји), а примећена је једносмерна каузалност само у случају потрошње енергије по глави становника и бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника.

Графички (график 8.) је то приказано на мапи Европе уз помоћ тамноплаве боје (легенда: Y= ln реални БДП по глави становника, E= ln енергетска потрошња (у кг еквивалентне нафте по глави становника), K= ln бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника и L= ln удео радне снаге у укупној популацији).

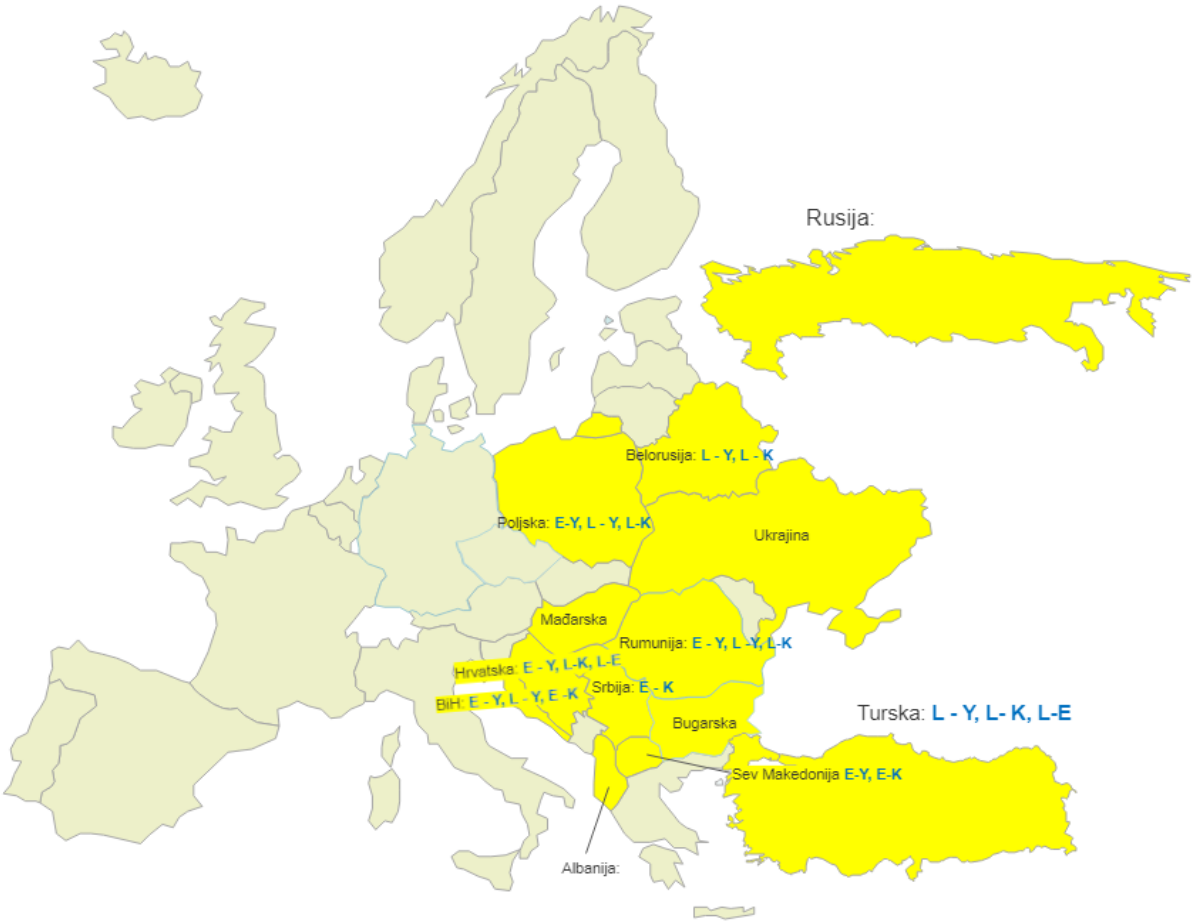


График 8. Визуелни приказ земаља у узорку са утврђеним једносмерним каузалностима између четири променљиве, Извор: Ауторов прорачун

Кључне двосмерне каузалности забележене су између више променљивих у скоро свакој од посматраних земаља, тако да се може сматрати да је трећа хипотеза потврђена (узимајући у обзир ниво значајности од 0,05). Дефинисано је неколико закључака и откривених изузетака:

- Забележене су двосмерне каузалности у случају БиХ, Србије, Румуније, Пољске, Украјине, Белорусије (чак две двосмерне каузалности), Бугарске и Албаније;

- Једино је у случају Хрватске и Русије забележена двосмерна каузалност између удела запослених у укупној популацији и БДП по глави становника, што није случај у осталим земљама са средњим нивоом дохотка.

- У већини земаља је забележена једносмерна каузалност између удела радне снаге у укупној популацији и потрошње енергије по глави становника (осим у Албанији и Белорусији),

- Двосмерна каузалност између бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника и удела радне снаге у укупној популацији није забележена ни у једној анализираној земљи, чиме је такође потврђена трећа хипотеза (у делу једносмерних каузалности према променљивој удео радне снаге у укупној популацији),

- У случају Турске није забележена ни једна двосмерна каузалност.

Графички је то приказано на мапи Европе уз помоћ зелене боје (легенда: Y= ln реални БДП по глави становника, E= ln енергетска потрошња (у кг еквивалентне нафте по глави становника), K= ln бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника и L= ln удео радне снаге у укупној популацији). Зеленом бојом су приказане утврђене двосмерне каузалности, док у случају земаља где нису утврђене двосмерне каузалности нема посебне ознаке поред земље.

График 9. Визуелни приказ земаља у узорку са утврђеним двосмерним каузалностима између четири променљиве, Извор: Ауторов прорачун

У случају Србије, интересантно је приметити статистички значајне каузалности у погледу сва четири анализирана елемента функције и свих међусобних односа. Удео радне снаге у укупној популацији је најмање узрокован осталим елементима функције, те је Granger тест показао да раст у случају било ког од остала три елемента функције (bdp pc, ep pc, bpk pc) не узрокује раст удела радне снаге у укупној популацији Србије.

Након свега наведеног, може се закључити да је трећа хипотеза потврђена, односно да је могуће посматрати БДП по глави становника једне земље као производ једносмерне или двосмерне каузалности са другим променљивим. У склопу анализе је разматрана и детаљно анализирана свака каузалност у већој мери са одређеном променљивом, као и свака каузалност у мањој мери са неком другом променљивом.

H_4: У случају земаља из узорка које остварују већи економски раст, енергетска потрошња утиче на раст БДП per capita.

H_5: У случају земаља из узорка које остварују мањи економски раст, енергетска потрошња не утиче на раст БДП per capita.

За процену утицаја регресора „потрошња енергије по глави становника“ на зависну променљиву „реални БДП по глави становника“, вршиће се рангирање земаља према нивоу БДП по глави становника у 25- годишњем периоду посматрања.

Специфично за ово истраживање, уведена је помоћна променљива „просечан раст БДП по глави становника у периоду 1990-2014“ за сваку од земаља, како би се класификовале све земље у панелу: на земље са већим економским растом, односно на земље са мањим економским растом. Приказ земаља након класификације у односу на помоћну променљиву приказан је у табели 31:

Табела 31. Класификација земаља у панелу према вредности додатне променљиве

Земља у панелу	Раст БДП по глави становника (у америчким доларима) за период 1990-2014.	Класификација земаља у односу на помоћну променљиву „просечна вредност раста БДП по глави становника за период 1990-2014.
Албанија	2.064,1	Већи економски раст
Белорусија	2.366,7	Већи економски раст
БиХ	2.330,3	Већи економски раст
Бугарска	3.364,8	Већи економски раст
Румунија	689,8	Мањи економски раст
Руска Федерација	525,8	Мањи економски раст
Северна Македонија	2.740,1	Већи економски раст
Србија	2.993,4	Већи економски раст
Украјина	1.451,2	Мањи економски раст
Хрватска	2.480,4	Већи економски раст
Мађарска	.522,0	Мањи економски раст
Пољска	2.195,2	Већи економски раст
Турска	551,5	Мањи економски раст

Извор: Ауторов прорачун

Следи приказ резултата FMOLS регресије за сваку променљиву. Одговарајућа регресиона формула је приказана раније у оквиру израза 4.7.

Табела 32. Приказ номиналних вредности променљивих[58] и резултата оцене модела методом потпуно модификованих најмањих квадрата

Земља	БДП per capita 1990 (амерички долар)	БДП per capita 2014 (амерички долар))	Енерегетска потрошња (kg of oil equivalent per capita) 1990	Енергетска потрошња (kg of oil equivalent per capita) 2014	FMOLS (одсечак на x оси и t тест)	DOLS (одсечак на x оси и t тест)
Украјина	1.349	2.544	4.857	2.334	-3,87	-1,54
					0,00	0,00
Белорусија	2.125	7.043	4.465	2.929	-2,34	-1,44
					0,0000	0,002
Хрваткса	875	11.922	1.981	1.897	-1,28	-1,32
					-30,06	14,45
Мађарска	177	3.031	2.774	2.314	-0,55	-0,13
					-5,20	-3,03
Босна и Херцеговина	n/a	5.277	1.572	2.247	-0,36	-0,36
					0,0129	0,02
Северна Македонија	2.354	5.390	1.241	1.262	-0,023	-0,01
					0,0133	0,03
Румунија	1.685	3.655	2.683	1.592	0,10	0,03
					0,7035	0,75
Руска Федерација	207	1.686	5.942	4.943	0,12	0,17
					0,1049	0,41
Пољска	76	9.377	2.705	2.473	0,17	0,14
					0,24	0,11
Бугарска	1.875	7.838	3.237	2.478	0,22	0,29
					0,325	0,11
Турска	47	1.449	977	1.573	0,31	0,24

[58]Преузетих из базе података WDI (https://databank.worldbank.org)

					5,48	2,45
Албанија	620	4.509	813	808	1,22	0,23
					0,0035	0,01
Србија	71	6.434	2.599	1.859	1,45	1,92
					0,0000	0,04

Напомена: n/a – није примењиво
Извор: Ауторов прорачун

Посматрано на нивоу појединих земаља, потрошња енергије углавном негативно утиче на раст БДП-а по глави становника у свим земљама, осим у земљама у којима је дошло до драстичног скока БДП по глави становника (евидентираног у званично доступним подацима, не укључујући ниво сиве економије у почетној и крајњој години посматрања), односно у Србији и Албанији.

Процена негативног утицаја/еластичности потрошње енергије на БДП, остварена путем две методе:

1) оцене модела методом потпуно модификованих најмањих квадрата, варира између (-0,023) у случају Северне Македоније, до чак (-3,87) у случају Украјине, и

2) динамичке методе најмањих квадрата, где су варијације присутне за исте земље (између (-0,01) у случају Северне Македоније, до чак (-1,45) у случају Украјине). Много је разлога за појаву негативне корелације између веће потрошње енергије и нижег економског раста (нпр. енергетски неефикасни производни процеси, индустријска постројења или стамбене зграде (објекти за становање)).

Може се приметити да је у случају Србије, Мађарске и Албаније дошло до паралелног наглог пораста БДП по глави становника (вероватно због општег раста активности привреде и потрошње становништва) и незнатног пада енергетске потрошње по глави становника (пад за период 1990-2014. износи 0,6% за Албанију, 16,5% за Мађарску и 28% за Србију).

Изузеци од ове откривене законитости су Русија, Хрватска и Пољска, где и поред наглог раста БДП по глави становника, није дошло до наглог раста потрошње енергије по глави становника, али уз напомену да није потврђена статистичка значајност, што може бити знак да већи проценат потрошње енергије одлази на индустријску потрошњу и на велике потрошаче у тој земљи.

Може се закључити, на основу вредности статистика и p вредности (испод 0,05), да је четврта хипотеза потврђена на узорку европских земаља са средњим нивоом дохотка, односно да постоји корелација између динамике развоја (мереног БДП-ом по глави становника) и утицаја потрошње енергије на БДП по глави становника, било у погледу смера каузалности или у погледу нивоа еластичности.

Другим речима, на основу спроведене анализе могуће је потврдити хипотезу да је потрошња енергије покретач већег реалног раста БДП-а по глави становника, под условом да земља има ниски базни БДП (ниску основу БДП), односно тамо где је присутан драстичан раст БДП по глави становника.

Такође, може се закључити да је пета хипотеза потврђена у случају Украјине, Белорусије, Босне и Херцеговине и Северне Македоније, односно у случају земаља са средњим нивоом дохотка код којих није дошло до интензивног економског раста, енергетска потрошња није узроковала економски раст током посматраног 25-годишњег периода.

4.5. Сумирање резултата тестираних истраживачких хипотеза

Након спроведеног истраживања и анализе панел података о односу потрошње енергије и економског раста, на узорку европских земаља са средњим нивоом дохотка, следи дискусија и тумачење добијених резултата.

У оквиру спроведеног истраживања, узети су у обзир дијагностички тестови и коришћене су постојеће методе и технике за оцењивање модела, како би могло да се приступи тестирању пет истраживачких хипотеза, односно испитивању каузалности између истраживачких променљивих.

H_1: *У случају земаља са средњим нивоом дохотка (које су предмет наше анализе), енергетска потрошња (мерена у килограмима еквивалентне нафте) има умерено позитиван, а статистички значајан утицај на раст БДП по глави становника*

Показано је да постоји статистички значајна позитивна корелација између потрошње енергије и БДП по глави становника, на нивоу панел података, али и на нивоу просечних вредности за 25-годишњи период, на нивоу земаља у узорку. Наиме, показало се да већим вредностима потрошње енергије у скоро свакој од анализираних земаља одговарају виши нивои вредности бруто домаћег производа. Може се закључити да ће економски раст бити већи у земљама са већим уделом великих потрошача енергије.

Утврђена позитивна корелација у складу је са почетним очекивањима и указује на значајан ниво слагања између разматраних променљивих.

У оквиру даље анализе, тестирано је постојање коинтеграције између истраживачких променљивих — логаритма реалног БДП-а по глави становника (ln bdp pc) и логаритма потрошње енергије по глави становника (ln ep pc) — применом Pedroni, Kao и Westerlund тестова коинтеграције. Резултати ових тестова указују да постоји дугорочна коинтеграциона веза између наведених променљивих, без обзира на то која од њих се третира као зависна, а која као независна променљива.

Услед тога што је утврђено да важи хипотеза раста (једносмерна каузалност), можемо закључити да потрошња енергије има кључни значај за раст економије у земљама Европе са средњим нивоом дохотка, односно земљама које теже преласку у групу земаља високог дохотка по глави становника. Наиме, генерални закључак је да су економије које су разматране у склопу овог истраживања дефинитивно енергетски зависне у наведеном временском периоду и може се закључити да ће економски раст у доброј мери зависити од потрошње енергије.

Даљи раст бруто домаћег производа захтеваће повећање нивоа потрошње енергије, те стога економске и политичке мере државе којима је циљ смањење потрошње енергије могу имати негативне последице по привредни раст у целини. Како би било обезбеђено дугорочно одрживо повећање бруто домаћег производа, земље које су предмет наше анализе морају обезбедити одговарајуће енергетске изворе за све већу потрошњу и све већи обим запослене радне снаге.

Таква одлука је на државама, с тим што процес европских интеграција може убрзати развој енергетске ефикасности, инвестирање у обновљиве изворе енергије, као и диверсификацију извора снабдевања енергијом тако да се избегне западање у проблеме у случају политичке кризе (нпр. ратно стање у земљи добављачу (снабдевачу) енергената).

На основу свега наведеног, јасно је да се земљама са средњим нивоом дохотка препоручује да стратешки планирају смањење потрошње енергије из необновљивих извора, јер је у склопу теоријског истраживања и анализе и тестирања ове хипотезе закључено да ће раст потрошње енергије по глави становника позитивно утицати на раст БДП по глави становника.

Сходно томе, у енергетске политике и стратешке стубове развоја требало би уградити оне иницијативе које обезбеђују одрживост економског и енергетског развоја државе.

H_2: Могуће је утврдити једносмерну каузалност између енергетске потрошње и економског раста у случају већих националних економија које су предмет наше анализе, као и двосмерну каузалност у случају мањих националних економија анализираних земаља.

У склопу ове хипотезе, анализирана је Granger каузалност како би се утврдио смер каузалности између променљивих и утврђен је низ каузалности, док је за неке земље утврђена и двосмерна каузалност.

У случају Србије могуће је уочити снажну двосмерну каузалност између потрошње енергије и БДП по глави становника, али не као на нивоу БиХ или Северне Македоније, што би могао бити знак да се Србија полако издваја из групе земаља у којима је потрошња енергије покретач раста БДП-а.

H_3: Могуће је посматрати БДП по глави становника једне земље као производ каузалности у већој мери са енергетском потрошњом и капиталом (у смислу бруто инвестиција у основна средства) (двосмерна каузалност), односно са уделом радне снаге у укупној популацији у мањој мери (једносмерна каузалност).“

У оквиру ове хипотезе, анализиране су каузалности БДП по глави становника са економским факторима као што су енергетска потрошња и бруто принос на капиталне инвестиције, као и са променљивом удео радне снаге у укупној популацији. Каузалности су испитиване на основу економетријских модела. Утврђен је читав низ каузалности, како једносмерних (између различитих комбинација променљивих), тако и двосмерних (у случају одређених променљивих).

Могуће је дефинисати следеће закључке након тестирања дефинисаних хипотеза:

• Готово свака земља у панелу (осим Турске) има утврђене вишеструке двосмерне каузалности, што доводи до закључка да је реалан раст БДП по глави становника резултат сложеног, обостраног утицаја више променљивих, пресудно између променљивих као што су реалан раст БДП по глави становника и бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника (у десет од тринаест земаља);

• Потврђена је једносмерна каузалност између променљиве удео радне снаге у укупној популацији и БДП по глави становника у већини посматраних земаља (осим у случају Хрватске и Русије), што је знак да удео радне снаге представља значајан економски фактор у већини земаља са средњим нивоом дохотка;

• У случају Србије није утврђено ниједно одсуство каузалности између променљивих, што указује на присутан и значајан међусобни утицај анализираних променљивих у наведеном временском периоду.Трећа хипотеза испитује каузалност између БДП-а по глави становника и других економских показатеља, као што су енергетска потрошња, бруто принос на капиталне инвестиције и удео радне снаге у укупној популацији. Резултати тестирања потврђују различите облике каузалности у зависности од земље и специфичности економских структура.

У већини земаља, укључујући БиХ, Србију, Румунију, Пољску, Украјину, Белорусију, Бугарску и Албанију, утврђене су двосмерне каузалности између БДП-а по глави становника и енергетске потрошње, као и бруто приноса на капиталне инвестиције. Ови резултати указују на динамичну и узрочно-последичну везу, где економски раст не само да подстиче већу потрошњу енергије и веће инвестиције, већ и ова два фактора могу утицати на раст БДП-а.

Када је у питању удео радне снаге у популацији, већина земаља са средњим нивоом дохотка показује једносмерну каузалност, где удео радне снаге утиче на БДП по глави становника, али не и обрнуто. Овај налаз сугерише да повећање активности радне снаге директно доприноси економском расту, али тај раст није довољан да значајно утиче на промене у уделу радне снаге.

За Србију, специфичан резултат је да није утврђено одсуство каузалности између анализираних променљивих, што указује на међусобни утицај и комплементарност ових фактора у развоју економије.

Тиме је потврђена сложена природа каузалних односа, која подразумева различите механизме који утичу на економски раст и његове детерминанте. Како би ова хипотеза била потпуно у складу са теоријским оквиром, потребно је да се при апроксимацији капитала користе бруто инвестиције у основна средства, као и да се производна еластичност капитала оцени као параметар уместо да се изједначава са приходима по глави становника.

H_4: У случају земаља из узорка које остварују већи економски раст, енергетска потрошња утиче на раст БДП per capita

H_5: У случају земаља из узорка које остварују мањи економски раст, енергетска потрошња не утиче на раст БДП per capita.

Дефинисано је неколико кључних закључака:

- Показано је да у случају земаља које имају мање интензивнији раст БДП по глави становника, постоји одсуство каузалности између потрошње енергије и БДП по глави становника, на нивоу панел података, али и на појединачном нивоу земаља из узорка.

- У земљама у панелу, са интензивнијим економским растом по глави становника, постоји потврђена каузалност између потрошње енергије као узрочника раста БДП по глави становника,

- Показало се да земље које имају мањи раст БДП од просека свих земаља у узорку нису у прилици да бележе већи раст због виших нивоа потрошње енергије, већ услед осталих утицаја који су ван обухвата овог рада.

У оквиру разматрања ових хипотеза примењена је панел метода потпуно модификованих најмањих квадрата (FMOLS регресија), како би се прецизније раздвојио утицај потрошње енергије на раст БДП по глави становника, односно како бисмо уочили законитости на нивоу појединачних земаља. У наставку следи неколико кључних феномена који су откривени:

- Врло су ретке земље које су за 25 година забележиле раст потрошње енергије (Босна и Херцеговина и Северна Македонија), све остале земље бележе умерен до значајан пад потрошње енергије;

- Од свих посматраних земаља, Хрватска је имала највећи економски раст у посматраном периоду, међутим раст у потрошњи енергије није био истоветног интензитета, па је тако забележен приближно исти ниво потрошње енергије по глави становника у 1990. години и 2014. години;

- У случају Турске је остварен највећи раст потрошње енергије по глави становника, док је ниво реалног БДП по глави становника у Турској остао на јако ниском нивоу у 2014. години, услед високе стопе инфлације у односу на све остале посматране земље.

Следи приказ теоријских и практичних импликација спроведеног истраживања.

4.6. Теоријске и практичне импликације спроведене анализе

Тема интересовања у дисертацији је истраживачка област која привлачи пажњу бројних истраживача, јер је у питању веома актуелна тема. Упркос чињеници да је прошло доста година од објављивања првог рада из ове области[59], ипак од тада је постигнуто мало сагласности услед чињенице што временом ово истраживачко поље обухвата нове променљиве, методе и све већи број земаља које се анализирају. У питању је истраживачка област у којој постоји велики простор за истраживање, с обзиром да су заштита животне средине, енергетска безбедност и енергетска ефикасност, приоритетна питања међународних скупова и форума. Наведене теме могу да буду основа неког будућег истраживања.

Ипак, скренућемо још једном пажњу да је наш временски узорак удаљен од актуелног тренутка услед (не)расположивости података из јединог извора који је коришћен у овом истраживању, чиме је обезбеђена валидност, стандардизованост и потребан и довољан ниво квалитета података, као и на чињеницу да у нашу анализу нису укључене неке потенцијално значајне променљиве услед нерасположивости података за земље које су предмет нашег интересовања.

Упркос обиљу литературе о односу економског раста и енергетске потрошње, многа питања тек треба да буду решена. Имајући у виду значај енергије и економског раста за европске земље средњег нивоа дохотка и друштва и значај резултата истраживања овог односа за креирање политика, очекује се да ће се истраживања у овој области интензивно наставити. Потребно је имати на уму досадашње постигнуте резултате, правце истраживања и обиље методологија, али и водити рачуна о постојећим ограничењима и свакако бити у спрези са другим релевантним областима истраживања.

Допринос дисертације је комплексан и огледа се у теоријској анализи улоге енергије у економској теорији, затим међузависностима потрошње енергије и раста БДП по глави становника, као и примени метода панел података у емпиријској анализи. Затим у склопу саме емпиријске анализе, у виду посматрања и анализе података за већи скуп земаља са средњим нивоом дохотка, у односу на податке везане за 4 променљиве од интереса у периоду праћења од 25 година. Сви подаци су обезбеђени из једног извора, чиме се гарантује да су подаци стандардизовани и у том случају су и резултати који се на бази њих добијају поузданији.

[59] Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. The Journal of Energy and Development, 401-403.

Посебан допринос је то што су утврђене законитости које постоје на нивоу групе земаља са средњим нивоом дохотка, али и за поједине земље, на основу којих је могуће доносити конкретне политичко-економске одлуке које ће произвести економске бенефите, попут раста кључних индикатора економског благостања.

Методолошки допринос дисертације је у примени различитих модерних економетријских метода анализе панел података приликом тестирања хипотеза (раста, неутралности, повратне спреге, конзервације), као и компарација резултата добијених различитим методама. Избор метода је извршен на основу резултата више тестова испуњености претпоставки разматраних економетријских модела, са циљем да се изаберу оне методе које дају најпрецизиније и најпоузданије резултате.

Кроз анализу групе земаља која до сада није била предмет посебне анализе панел података у сличним истраживањима, огледа се практични допринос дисертације, док је спровођење анализе и на нивоу појединачних земаља додатна специфичност и квалитет дисертације.

Коначно, допринос дисертације анализираној теми може се сагледати у виду доприноса анализи потрошње енергије и БДП по глави становника, кроз разматрање бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника и кроз разматрање удела радне снаге у укупној популацији у дугом року.

Дисертација се бави питањима која су и данас веома актуелна, у јеку диверсификације извора економског раста, који с једне стране неће бити угрожени варирајућим трендовима енергетске потрошње, а с друге стране неће довести до опадања удела радне снаге у укупној популацији.

Ефекти (практични допринос) дисертације се огледају у два кључна сегмента– испитивање каузалности између потрошње енергије и економског раста у изабраним земљама, затим разматрање енергетских политика и последица спровођења те политике, која може последично довести до угрожавања путање економског раста државе.

Детаљно је анализирана улога енергије у економској теорији, ради обезбеђивања одговарајуће подлоге и утемељења у теорији (то је урађено кроз разматрање шире улоге енергије у постојећим релевантним истраживањима), из чега је закључено да макроекономски, готово да не постоји економски успех који не укључује стратешки приступ енергетици.

Испитивано је да ли постоји релација од потрошње енергије ка економском расту (једносмерна каузалност), како би се на прави начин утврдило да ли би ограничења у потрошњи енергије довела до стагнације, успоравања или чак и до смањења економског раста.

Систематизацијом постојећих концепата и утврђеног знања битно је навести да су аутори (Carmona, Congregado, Feria и Iglesias, 2017; Liu, Zhou и Wu, 2015; Salahuddin и Alam, 2017; Sarwar, Chen и Waheed, 2017; Shahbaz, Sarwar, Chen и Malik, 2017; Jinke, Hualing и Dianming, 2008; Baek, 2015; Destek, 2016; Adewuyi и Awodumi, 2017; Alvarez-Herranz, Balsalobre-Lorente, Shahbaz и Cantos, 2017; Amri, 2017; Kahia, Aissa, Ben и Lanouar, 2017; Rafindadi и Ozturk, 2017) кроз своје истраживачке радове показали да се овај каузални однос може кретати од потрошње енергије ка економском расту, од економског раста ка потрошњи енергије, али да он такође може бити и двосмеран.

Након сагледавања комплементарности резултата овог истраживања, неки будући истраживачи биће у стању да праве мерљиву дистинкцију смера и интензитета каузалности између потрошње енергије и економских показатеља.

Сужавање претраге тема које су кључне за даља истраживања на тему утврђивања релација између потрошње енергије и економског раста, може се приметити да је представљен интегрални поглед и да је дефинисане аспекте могуће даље проширивати и надограђивати новим параметрима у теорији, као и свеобухватнијим истраживањем каузалности.

Све изнесено говори у прилог чињеници да спровођење оваквих анализа обезбеђује интегралан алат за анализу међусобног утицаја различитих параметара економије и енергетике у оквиру вишегодишњих трендова, који није могуће дефинисати на неки алтернативни начин.

Такав алат би представљао одговарајућу подршку приликом разматрања планова за стабилно снабдевање становништва путем субвенционисања цена енергије или евентуално кроз смањење потрошње енергије (посебно релевантно током тренутне ситуације у свету у току 2022, 2023. и 2024. године).

4.7. Смернице за будућа истраживања

Истраживање о односу економског раста и енергетске потрошње може пружити вредне увиде и методолошке сугестије које се могу проширити изван специфичних испитаних земаља или специфичног подручја интересовања. Резултати засновани на емпиријским доказима из одређених земаља или из група земаља са сличним карактеристикама могу се показати корисним за истраживање и/или креирање политике у другим сличним контекстима или земљама са сличним енергетским и економским особинама. Као пример, докази засновани на подацима малих и привреда средње величине (Rapanos и Polemis, 2005; Samouilidis и Mitropoulos, 1984; Santamouris и остали, 2007; Sardianou, 2007; Tsani, 2010) пружају корисне увиде за друге привреде сличне величине и сличних структурних карактеристика. Поред тога, истраживање доказа из студија може бити од користи у другим земљама које се суочавају са сличним политикама енергетске ефикасности и очувања, као резултат високог нивоа зависности од увоза енергије и посвећености међународним иницијативама.

Истраживање овог односа има значајне последице на друге области истраживања које се баве односом раста и инфраструктуре или односа природних ресурса и економског раста. Инфраструктура може бити важна детерминанта раста. Недостатак инфраструктуре може да омета раст у земљама у развоју. На пример, утицај снабдевања електричном енергијом на економски раст могао би бити већи ако постоји адекватан систем путева или лука. Слично нашем истраживању односа енергије и економског раста, велики број истраживања се бави и односом инфраструктуре и нивоа БДП. И у овим истраживањима се претежно полази од производне функције, међутим на БДП утичу, поред капитала и запослености, и инфраструктура. Слично изазовима са којима се сусрећу истраживачи односа енергетске потрошње- економског раста и у студијама које истражују однос инфраструктура-раст јавља се проблем мерења.

Ширећи оквире истраживања ван енергије, истраживање односа енергетска потрошња- економски раст може допринети широј дебати о ресурсима и економском расту. Истраживачи и креатори политике препознају да су један од највећих изазова са којима се човечанство суочава природни ресурси, вода и сигурност снабдевања храном. Очекује се да ће се овај изазов интензивирати у будућности, услед све већег раста становништва, економског развоја и климатских промена. Овај све већи притисак на природне ресурсе изазива забринутост у погледу доступности, приступачности и одрживог коришћења природних ресурса. Истраживања о значају природних ресурса за економски раст могу имати користи од претходних истраживања о односу енергетска потрошња- економски раст у смислу коришћених методологија и налаза до којих се дошло.

Узимајући у обзир презентоване закључке и допринос постојећој литератури и пракси у виду потенцијалне теоријске и практичне импликације реализованог истраживања,

потребно је указати на неколико могућих праваца будућих истраживања, који имају полазну основу у овом истраживању.

Будућа истраживања свакако имају за своју основну мисију, адекватно планирање и покушај проналаска одговора на сва питања која су се појавила током реализације главног истраживања ове дисертације, на која из објективних разлога није било могуће дефинисати одговор.

Овакав тип истраживања на узорку земаља са средњим нивоом дохотка није до сада реализован у Републици Србији нити у ширем региону Западног Балкана, а приказане анализе су методолошки спроведене (имплементиране) по узору на одговорајуће угледне примере из литературе.

Нека наредна истраживања из ове области имаће задатак да:

- Обухвате значајнији узорак економија односно земаља, као и проширење временског периода,

- Сагледају шири скуп параметара, примарно из домена економије и енергетике, али и шире.

Такође, било би веома корисно проширити унакрсну (теоријску) анализу утврђених разлика у корелацијама у односу на изабране променљиве, примењених над идентичним реалним узорцима земаља средњег дохотка са осталих континената (Азија, Јужна Америка).

Могуће је дефинисати неколико праваца за даљи смер истраживања из ове области:

- Дефинисање поређења односа потрошње енергије и економског раста, између скупа европских земаља са средњим нивоом дохотка у односу на скуп европских земаља са високим нивоом дохотка с једне стране, односно са европским земљама које имају низак ниво дохотка по глави становника, како би се измерио двоструки утицај процеса интеграција у Европску Унију (у погледу раста бруто домаћег производа по глави становника и односа са потрошњом енергије по глави становника);

- Регресиона анализа која подразумева узимање у обзир додатних економских, енергетских и еколошких параметара, који утичу на раст бруто домаћег производа;

- Поређење односа потрошње енергије и економског раста, између различитих временских периода, односно компарација у оквиру земаља са средњим нивоом дохотка за почетни период (1990-2014), односно за историјски период 1960- 1984.

Претпоставка је да би предложена три правца истраживања употпунила постојећи ниво разумевања о односу и различитим утицајима између потрошње енергије и економског раста.

Већи број европских земаља у узорку, односно посматрање различитих временских периода у оквиру истог скупа земаља (са средњим нивоом дохотка) допринеће побољшању разумевања кључних параметара у оквиру анализе панел података.

Будући правци истраживања би требало да обухвате додатне елементе функције као што су екологија (емисије штетних гасова), економија (куповна моћ становништва и сл.) и енергетски параметри (потрошња нафте по глави становника, нафтних деривата, гаса, угља и слично).

На крају, како би на прави начин биле обухваћене различите средњорочне промене у светској и европској економији и енергетици, неопходно би било дефинисати поређење истог скупа земаља у оквиру различитих временских периода који су међусобно некорелисани.

На тај начин би се свеобухватно сагледали краткорочни и средњорочни ефекти као што су макроекономски трендови, ефекти регионалних сукоба, криза, климатских промена, политичких криза и слично. Тиме би интегралност анализе добила нову димензију, а то је одрживост закључака на дужи рок.

ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

У Закључним разматрањима дисертације биће детаљније објашњени резултати и налази до којих је аутор дошао свеобухватном анализом, уз презентовање практичних и теоријских импликација тих налаза. У том делу ће се указати на ограничења спроведеног истраживања и на могуће будуће правце истраживања у овој области.

У дисертацији је спроведена анализа комплексних односа између економског раста и енергетске потрошње на скупу тринаест европских земаља са средњим нивоом дохотка на основу расположивих годишњих података од 1990. до 2014. године. Тестиране су четири истраживачке хипотезе, са циљем да се истражи утицај енергетске потрошње на економски раст применом панел методе у мултиваријантном оквиру. За почетну годину истраживања изабрана је 1990. будући да је тада дошло до стварања седам нових земаља од тринаест из скупа земаља које чине узорак, и то распадом СФР Југославије (Србија, Хрватска, Северна Македонија и Босна и Херцеговина) и Совјетског Савеза (Русија, Белорусија и Украјина).

Логаритмовање целог модела спроведено је ради линеаризације везе између посматраних променљивих, решавања проблема екстремних вредности, лакше интерпретације коефицијената и превентивног деловања на потенцијални проблем хетероскедастичности.

Анализа је започета дескриптивном статистичком анализом података и тестовима јединичног корена, након чега су дати резултати економетријског оцењивања. Како би могло да се приступи истраживању пет истраживачких хипотеза, узети су у обзир дијагностички тестови и постојеће методе и технике за оцењивање модела. С тим у вези, уочава се значајна варијабилност у кретању потрошње енергије, по годинама и по земљама посматрања након 2009. године. Бруто домаћи производ по становнику у том периоду карактерише тренд континуираног раста, изузимајући 2009. годину, када је забележен пад вредности, након чега је БДП наставио да расте континуирано. Бруто принос на капиталне инвестиције бележи тренд раста у свакој од земаља, при чему се разликују три периода – уравнотежен раст, раст у већој мери и интензиван раст или интензиван пад. Бележи се значајан раст удела радне снаге у земљама средњег нивоа дохотка, уз одређене годишње варијације.

Ради испитивања везе између енергетске потрошње и економског раста применом панел метода тестиране су следеће истраживачке хипотезе:

Хипотеза 1: У земљама са средњим нивоом дохотка, енергетска потрошња има умерено позитиван, а статистички значајан утицај на раст БДП по глави становника.

За процењивање параметара модела линеарне регресије коришћена је панел метода потпуно модификованих најмањих квадрата (FMOLS регресија) како би се прецизније раздвојио утицај потрошње енергије на раст БДП-а по глави становника, односно како бисмо уочили законитости на нивоу појединачних земаља, која је од посебног значаја у анализи коинтегрисаних временских серија. На основу добијених резултата FMOLS теста и позитивне вредности коефицијента регресије, уз променљиву потрошњу енергије по глави становника, може се потврдити прва хипотеза, односно показано је да постоји позитиван утицај енергетске потрошње на раст БДП-а по глави становника у случају посматраних земаља са средњим нивоом дохотка. Такође, за већину посматраних година задовољена је статистичка значајност. Треба напоменути да је тест независности панела спроведен на основу модела фиксних индивидуалних и временских ефеката, односно да је решавање проблема зависности панела у случају појединих земаља спроведено увођењем фиксних временских ефеката.

Ради тестирања стационарности променљивих, примењени су тестови јединичног корена прве генерације, будући да је претходно утврђено да су панели независни, на основу којих је закључено да разматрана серија поседује јединични корен и да су серије нестационарне на нивоу променљивих, изузев експланаторних променљивих. Такође је потврђено да су серије нестационарне на нивоу прве диференце. Затим је у даљој анализи тестирано постојање коинтеграције између променљивих. У ту сврху су примењени тестови коинтеграције Као, Pedroni и Westerlund, помоћу којих је закључено да се дугорочне везе могу анализирати, будући да су променљиве коинтегрисане (независно од тога која је променљива у функцији зависне, а која у функцији независне променљиве).

Током тестирања хипотезе потврђено је да постоји статистички значајна позитивна корелација између потрошње енергије и БДП-а по глави становника, на нивоу панел података, али и на нивоу просечних вредности за 25-огодишњи период, на нивоу земаља у узорку. Наиме, показало се да већим вредностима потрошње енергије у скоро свакој од анализираних земаља одговарају виши нивои вредности БДП-а. Може се закључити да ће економски раст бити већи у земљама са већим уделом великих потрошача енергије. Утврђена позитивна корелација у складу је са почетним очекивањима и указује на значајан ниво слагања између разматраних променљивих. Будући да је утврђено да важи хипотеза раста (једносмерна каузалност), можемо закључити да потрошња енергије има кључни значај за раст економије у земљама Европе са средњим нивоом дохотка, односно земљама које теже преласку у групу земаља високог дохотка по глави становника. Наиме, генерални закључак је да су економије које су разматране у овом истраживању дефинитивно енергетски зависне у наведеном временском периоду и може се закључити да ће економски раст у великој мери зависити од потрошње енергије.

Имајући у виду резултате спроведеног емпиријског истраживања државне политике анализираних земаља треба да буду усмерене на повећање, диверсификацију и одрживост енергетских извора, а све у циљу обезбеђивања континуираног економског раста.

Препорука је да се у државама у којима је доказана хипотеза раста (што је код нас случај) подстиче инвестирање у енергетску инфраструктуру (изградњом нових производних капацитета, модернизацијом постојећих електроенергетских мрежа, смањењем губитака приликом дистрибуције и преноса). Такође, пожељно је предузети мере смањења енергетске зависност од једног енергента, а утицати на развој и већу употребу домаћих енергетских капацитета (соларне енергије, ветра, хидроенергије), као и на промовисање енергетске транзиције ка нискоугљеничним изворима (усклађивањем са међународним обавезама, едукацијом и подизањем свести, доношењем законских обавеза, као и дозвола и квота за емисију угљен-диоксида, субвенционисањем и слично). Државе треба да обезбеде енергетску сигурност формирањем стратешких резерви енергената из стабилних извора на бази дугорочних уговора, као и енергетску ефикасност. С тим у вези потребно је улагање у ефикаснију производњу како би се максимизирао ефекат потрошене енергије на бруто домаћи производ, као и субвенционисање оних индустрија које користе енергију као кључни инпут. Енергетске политике земаља у којима је доказана хипотеза раста морају бити усклађене са принципима Зелене агенде, како би се у контексту климатских промена и очувања животне средине користило више такозване чисте енергије, преласком са фосилних на обновљиве изворе енергије.

Хипотеза 2: Могуће је утврдити једносмерну каузалност између енергетске потрошње и економског раста у већим националним економијама које су предмет наше анализе, као и двосмерну каузалност у мањим националним економијама анализираних земаља.

За потребе тестирања и анализе друге хипотезе, након теста провере коинтеграције, примењен је Грејнџеров тест каузалности са намером утврђивања смера каузалности између променљивих. На основу добијених резултата може се сматрати да је потврђена друга хипотеза, имајући у виду вредност *Wald* статистике, односно p-вредности. У већим економијама, једносмерна каузалност (у виду хипотезе раста) прихваћена је на примеру Пољске, док је на примеру Руске Федерације и Турске (такође већих економија) потврђена хипотеза неутралности. Друга хипотеза је прихваћена и у виду хипотезе повратне спреге на примеру мањих економија – Хрватске, Босне и Херцеговине, Северне Македоније и Србије.

Хипотеза 3: БДП по глави становника једне земље могуће је посматрати као производ каузалности у већој мери са енергетском потрошњом и бруто приносом на капиталне инвестиције (двосмерна каузалност), односно са уделом радне снаге у укупној популацији у мањој мери (једносмерна каузалност).

У оквиру те хипотезе каузалности су анализиране помоћу производне функције. Утврђен је читав низ каузалности, и једносмерних (између различитих комбинација променљивих) и двосмерних (у случају одређених променљивих). Готово свака земља у панелу (осим Турске) има утврђене вишеструке двосмерне каузалности, па се може закључити да је реалан раст БДП-а по глави становника резултат сложеног, обостраног

утицаја више променљивих, пресудно између променљивих реалан раст БДП по глави становника и бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника (у десет од тринаест земаља). Потврђена је једносмерна каузалност променљиве удео радне снаге у укупној популацији у већини посматраних земаља (осим за Хрватску и Русију), што је знак да удео радне снаге у укупној популацији представља значајан економски фактор у већини земаља са средњим нивоом дохотка. У случају Србије није утврђено ниједно одсуство каузалности између променљивих, што потврђује међусобан утицај анализираних променљивих у наведеном динамичном временском периоду.

Хипотеза 4: У земљама из узорка које остварују већи економски раст енергетска потрошња утиче на раст БДП-а *per capita*.

Хипотеза 5: У земљама из узорка које остварују мањи економски раст енергетска потрошња не утиче на раст БДП-а *per capita*.

Спроведеном анализом је потврђено да у земљама које имају мање интензиван раст БДП-а по глави становника нема каузалности између потрошње енергије и БДП-а по глави становника, на нивоу панел података, али и на појединачном нивоу земаља из узорка. У земљама у панелу са интензивнијим економским растом по глави становника потврђена је каузалност између потрошње енергије као узрочника раста БДП-а по глави становника. Такође се може закључити да земље које имају мањи раст БДП-а од просека свих земаља у узорку нису у прилици да бележе већи раст због виших нивоа потрошње енергије већ услед осталих утицаја који су ван обухвата овог рада.

У овој дисертацији се бавимо веома актуелном темом и њен допринос је теоријска анализа улоге енергије у економској теорији, имајући у виду да су анализом обухваћене земље које до сада нису биле предмет сличних истраживања, као и анализа на нивоу појединачних земаља на основу које креатори економских политика могу да доносе конкретне одлуке. Улога енергије у економској теорији је детаљно анализирана, ради обезбеђивања утемељења у теорији, из чега је закључено да макроекономски готово да не постоји економски успех који не подразумева стратешки приступ енергетици. Допринос дисертације је и примена метода панела у емпиријској анализи на основу података који су обезбеђени из једног извора. Ипак, скренућемо пажњу да је наш временски узорак удаљен од актуелног тренутка услед (не)расположивости података из јединог извора који је коришћен у овом истраживању, чиме се гарантује њихова валидност, стандардизованост и потребан и довољан ниво квалитета података, па су и резултати који су добијени из њих поузданији. Указаћемо и на чињеницу да у нашу анализу нису укључене неке потенцијално значајне променљиве због нерасположивости података за земље које су предмет нашег интересовања.

Циљ будућих истраживања из ове области треба да буде да се пронађу одговори на сва питања која су се појавила у реализацији главног истраживања ове дисертације, а на која из објективних разлога није било могуће одговорити. Могуће је дефинисати неколико праваца будућих истраживања за даљи смер истраживања из ове области. Пре свега мислимо на поређења односа потрошње енергије и економског раста између скупа европских земаља са средњим нивоом дохотка и скупа европских земаља са високим нивоом дохотка, с једне стране, са европским земљама које имају низак ниво дохотка по глави становника, с друге стране. Такође, корисно би било применити регресиону анализу која узима у обзир додатне економске, енергетске и еколошке параметаре у складу са расположивим подацима (емисија штетних гасова, куповна моћ становништва, потрошња нафте по глави становника, нафтних деривата, гаса и сл.). Да би на прави начин биле обухваћене различите средњорочне промене у светској и европској економији и енергетици, неопходно би било дефинисати поређење истог скупа земаља у различитим периодима који су међусобно некорелисани. Тиме би се употпунио ниво разумевања о односу и различитим утицајима између потрошње енергије и економског раста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abidin, I.S., Haseeb, M., Azam, M., Islam, R., (2015). Foreign direct investment, financial development, international trade and energy consumption: panel data evidence from selected ASEAN countries. *International Journal of Energy Economics and Policy 5*, 841–850.
2. Acaravci, A., Ozturk, I. (2010). Electricity consumption-growth nexus: Evidence from panel data for transition countries. *Energy Economics,* 32(3), 604-608.
3. Adewuyi, A. O., Awodumi, O. B., (2017). Biomass energy consumption, economic growth and carbon emissions: Fresh evidence from West Africa using a simultaneous equation model. *Energy*, *119*, 453–471.
4. Aghion, P., P. Howitt. (1998). *Endogenous Growth Theory*, MIT Press.
5. Akaike, H. (1974). A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transactions on Automatic Control, AC- 19 (6),* 716-723.
6. Alcott, B. (2005). Jevons' paradox, Ecological Economics, *Elsevier, vol. 54(1)*, 9-21.
7. Alam, M.S. (2006) Economic Growth with Energy. *MPRA Paper 1260*. University Library of Munich, Munich.
8. Al-Iriani, M. (2006). Energy-GDP relationship revisited: An example from GCC countries using panel causality. *Energy Policy*, 34, 3342-3350.
9. Al-Mulali, U. (2011). Oil Consumption, CO2 Emission and Economic Growth in MENA Countries. *Energy Policy*, 36(10), 6165-6171.
10. Al-Mulali, U. (2014). Investigating the impact of nuclear energy consumption on GDP growth and CO2 emission: a panel data analysis. *Progress in nuclear energy 73 (2014),* 172–178.
11. Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Cantos, J. M. (2017). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy Policy, 105*, 386–397.
12. Amri, F. (2017). Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69*, 527–534.
13. Andrews, D., W., K. (1991). Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix Estimation. *Econometrica, 59(3),* 817.
14. Andre, F. J., Smulders S. (2004). *Energy Use, Endogenous Technical Change and Economic Growth*. Department of Economics and Business Administration, Universidad Pablo de Olavide, Manuscript, 2004.
15. Ang, J.B. (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. E*nergy Policy 35*, 4772–4778.
16. Ang, B. W. (2006). Monitoring changes in economy-wide energy efficiency: from energy–GDP ratio to composite efficiency index. *Energy Policy, 34(5),* 574- 582.

17. Apergis, N., Chang, T., Gupta, R., Ziramba. E. (2016). Hydroelectricity consumption and economic growth nexus: evidence from a panel of ten largest hydroelectricity consumers, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 62(C), 318-325.
18. Apergis, N., Payne, J. E., (2009a). CO2 emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, Elsevier, vol. 37(8), pages 3282-3286.
19. Apergis, N., Payne, J. E., (2009b). Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics*, Elsevier, vol. 31(2), pages 211-216.
20. Apergis, N., Payne, J.E., (2009c). Energy consumption and economic growth: evidence from the common wealth of independent States. *Energy Economics*, Elsevier, vol. 31 (5), 641-647.
21. Apergis, N., Payne, J.E., (2010a). Natural gas consumption and economic growth: a panel investigation of 67 countries. *Applied Energy 87 (8)*, 2759–2763.
22. Apergis, N., Payne, J.E., (2010b). A panel study of nuclear energy consumption and economic growth. *Energy Economics 32 (3)*, 545–549
23. Apergis, N., Payne, J.E., (2010c) Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, Elsevier, vol. 38 (1), 656-660.
24. Apergis, N., Payne, J.E., (2010d) The causal dynamics between coal consumption and growth: evidence from emerging market economies. *Applied Energy* 87 (6), 1972-1977.
25. Apergis, N., Payne, J.E., (2010e) The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Policy*, Elsevier, vol. 38 (1), 650-655.
26. Apergis N., Payne J.E., (2010f) Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy Economics*, Elsevier, vol. 32, 1392–7.
27. Apergis N., Payne, JE. (2010g) Energy consumption and growth in South America: evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, Elsevier, vol. 32(6), 1421–6.
28. Apergis, N., Payne, J.E., (2011a). The renewable energy consumption-growth nexus in Central America. *Applied Energy*, Elsevier, vol. 88(1), 343-347.
29. Apergis, N., Payne, J., (2011b). On the causal dynamics between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in developed and developing countries. *Energy Systems*, 2, 299-312.
30. Apergis N., Payne J.E., Menyah K., Wolde-Rufael Y., (2010) On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth. *Ecological Economics*, Elsevier, vol. 69(11), 2255–60.
31. Apergis N., Payne J.E., Menyah K., Wolde-Rufael Y., (2010) On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth. *Ecological Economics*, Elsevier, vol. 69(11), 2255–60.
32. Apergis, N., Tang, C.F. (2013). Is the energy-led growth hypothesis valid? New evidence from a sample of 85 countries. *Energy Economics 38*, 24–31.

33. Apergis, N., Loomis, D., Payne, J.E. (2010). Are shocks to natural gas consumption temporary or permanent? Evidence from a panel of US states. *Energy Policy 38*, 4734–4736.
34. Aqeel, A., Butt, M.S. (2001). The relationship between energy consumption and economic growth in Pakistan. *Asia-Pacific Development Journal. 8 (2),* 101–110.
35. Altintas, H., Kum, M. (2013). Multivariate Granger causality between electricity generation, exports prices and economic growth in Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy 3*, 41–51.
36. Awodumi, O.B., Adewuyi, A.O. (2020) The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: evidence from oil producing economies in Africa. *Energy Strategy Reviews* 27, 100434.
37. Ayres, U., van den Bergh J. (2005), A theory of economic growth with material/energy resources and dematerialization: Interaction of three growth mechanisms, *Ecological Economics, 55 (1),* 96-118.
38. Azam, M., Khan, A.Q., Bakhtyar, B., Emirullah, C. (2015) The causal relationship between energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 47(C), 732-745.
39. Bacon, R., Kojima, M. (2016). Energy, economic growth and poverty reduction. *World Bank Working Paper* 104866.
40. Baek, J. (2015). A panel cointegration analysis of CO2 emissions, nuclear energy and income in major nuclear generating countries. *Applied Energy, 145*, 133–138.
41. Baltagi, B. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, third ed., USA.
42. Baltagi, B.H., Kao, C. (2000), Nonstationary Panels, Cointegration in Panels and Dynamic Panels: a Survey, *Advances in Econometrics, 15*, Elsevier Science, 7-51.
43. Barnes, D., Floor, W. (1996). Rural Energy in Developing Countries: A Challenge for Economic Development. *Annual Review of Energy and Environment, No. 21*.
44. Barro, R.J., Sala-i-Martin, X. (1995). *Economic Growth*. McGraw-Hill, Cambridge.
45. Bayraktutan, Y., Yilgor, M., Ucak, S., (2011). Renewable Electricity Generation and Economic Growth: Panel-Data Analysis for OECD Members. *International Research Journal of Finance and Economics,* 66, 59-66.
46. Beaudreau, B.C. (2010). On the methodology of energy-GDP Granger causality tests. *Energy 35*, 3535–3539.
47. Belke, A., Dobnik, F., Dreger, C. (2011) Energy consumption and economic growth: new insights into the cointegration relationship. *Energy Economics 33 (5),* 782-789.
48. van den Bergh, J.C.J.M. (1993). A framework for modelling economy-environment-development relationships based on dynamic carrying capacity and sustainable development eedback. *Environmental and Resource Economics, 3*, 395–412.
49. Bercu, A. M., Paraschiv, G., Lupu, D. (2019). Investigating the Energy–Economic Growth–Governance Nexus: Evidence from Central and Eastern European Countries, *Sustainibility* 11,3355.

50. Bhattacharya, M., Paramati, S.R., Ozturk, I., Bhattacharya, S. (2016) The effect of renewable energy consumption on economic growth: evidence from top 38 countries. *Applied Energy* 162, 733–741.
51. Bildirici, M.E., Bakirtas, T., et al. (2012). Economic growth and electricity consumption: auto regressive distributed lag analysis. *Journal of Energy in Southern Africa 23 (4)*, 29–45.
52. Bilgili, F., Ozturk, I. (2015). Biomass energy and economic growth nexus in G7 countries: Evidence from dynamic panel data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews 49*, 132-138.
53. Blignaut, J.N., Inglesi-Lotz, R., Weideman, J.P., (2015). Sectoral electricity elasticities in South Africa: before and after the supply crisis of 2008. *South African Journal of Science, 9 (10)*, 1–7.
54. Bouoiyour, J., Selmi, R. (2013) The nexus between electricity consumption and economic growth in MENA countries. *Energy Studies Review*, 20(2), 25-41.
55. Bouoiyour, J., Selmi, R., Ozturk, I. (2014). The nexus between electricity consumption and economic growth: new insights from meta-analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy 4 (4)*, 621–635.
56. Bowden, N., Payne, J.E. (2009). The causal relationship between U.S. energy consumption and real output: a disaggregated analysis. *Journal of Policy Modeling 31*, 180–188.
57. Breusch, T.S., Pagan, A.R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies 47 (1)*, 239–253
58. Brookes, L. G. (1990). Energy Efficiency and The Greenhouse Effect. *Energy & Environment, 1(4)*, 318–333.
59. Bruns, S.B., Gross, C., Stern, D.I. (2014). Is there really granger causality between energy use and output? *Energy Journal, 35*, 101–134.
60. Camarero, M., Forte, A., García-Donato, G., Mendoza, Y., Javier Ordoñez, J. (2015). Variable selection in the analysis of energy consumption-growth nexus. *Energy Economics 52 (Part A)*, 207–216.
61. Caraiani, C., Lungu, C. I., Dascalu, C. (2015). Energy consumption and GDP causality: A three-step analysis for emerging European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44*, 198-210.
62. Carfora, A., Pansini, R. V., Scandurra, G. (2019). The causal relationship between energy consumption, energy prices and economic growth in Asian developing countries: A replication. *Energy Strategy Reviews*, 23. 81-85.
63. Carmona, M., Congregado, E., Feria, J., Iglesias, J. (2017). The energy-growth nexus reconsidered: Persistence and causality. Renewable and Sustainable Energy Reviews, *Elsevier, 71(C)*, 342-347.
64. Chang, T., Chu, H.P., Chen, W.Y., (2013) Energy consumption and economic growth in 12 asian countries: Panel data analysis. *Applied Economics Letters* 20 (3), 282-287.
65. Chang, T., Gatwabuyege, F., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Manjezi, R.C., Simo-Kengne, B.D. (2014). Causal relationship between nuclear energy consumption and economic

growth in G6 countries: Evidence from panel Granger causality tests, *Progress in Nuclear Energy 77*, 187-193.
66. Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Masabala, L.S., Simo-Kengne, B.D., Weideman, J.P., (2016). The causal relationship between natural gas consumption and economic growth: evidence from the G7 countries. *Applied Economics Letters 23 (1),* 38–46.
67. Chen, X. (1994). Substitution of information for energy: conceptual background, realities and limits. *Energy Policy 22*, 15-28.
68. Chen, P.Y., Chen, S.T., Chen, C.C. (2012). Energy consumption and economic growth—New evidence from meta analysis. *Energy Policy, 44*, 245-255.
69. Chen, S.T., Kuo, H.I., Chen, C.C. (2007). The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian Countries. Energ. Policy 35 (4), 2611-2621.
70. Cheng, C., Ren, X., Wang, Z., Shi, Y. (2018). The Impacts of Non-Fossil Energy, Economic Growth, Energy Consumption, and Oil Price on Carbon Intensity: Evidence from a Panel Quantile Regression Analysis of EU 28. *Sustainability*, 10, 4067.
71. Ciarreta, A., Zarraga, A. (2009) Economic growth and electricity consumption in 12 European countries: a causality analysis using panel data. *Energy Policy,* Elsevier, vol. 38(7), 3790-3796.
72. Clark, B., Jorgenson, A.K., Kentor, J., (2010). Militarization and energy consumption. *International Journal of Sociology 40 (2),* 23–43.
73. Cleveland, C. J., Ayres, R., Castaneda, B., Costanza, R., Daly, E. H., Folke, C., van den Bergh, J. C. (1996). *Natural Capital, Human-Made Capital, Economic Growth, and Sustainability*, In Workshop paper, 353-3083.
74. Cleveland, C. J., Costanza, R, Stern, D. I. (2000). The Changing Nature of Ecological Economics. *The Nature of Economics and the Economics of Nature*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, England.
75. Coers, R., Sanders, M. (2013). The energy-GDP nexus: addressing an old question with new methods. *Energy Economics 36*, 708–715.
76. Costantini, V., Martini, C. (2010). The causality between energy consumption and economic growth: a multisectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. *Energy Economics 32*, 591–603.
77. Cook, R., D. (1977). Detection of Influential Observation in Linear Regression. *Technometrics, Vol. 19, No. 1*, 15-18.
78. Cottrell, F. (1955) *Energy and Society: The Relationship Between Energy, Social Change, and Economic Development*. New York, McGraw-Hill Book Company.
79. Dahl, C. A. (2011). Measuring global gasoline and diesel price and income elasticities. *Energy Policy 41*, 2-13.
80. Daly, H. E. (1991). Towards an Environmental Macroeconomics. *Land Economics 67*, 255-259
81. Destek, M. A. (2016). Natural gas consumption and economic growth: panel evidence from OECD countries. *Energy 114*, 1007–1015.

82. Destek, M.A., Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy 111*, 757–763.
83. Destek, M. A., Okumus. I. (2017). Disaggregated energy consumption and economic growth in G-7 countries, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 1-7.
84. Devetaković, S., Jovanović Gavrilović, B., Rikalović, G. (2012). *Nacionalna ekonomija*. Beograd: Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta u Beogradu.
85. Dickey, D.A., Fuller, W.A. (1981) Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with Unit Root. *Econometrica, 49*, 1057-1072.
86. Dobnick, F. (2011). Energy Consumption and Economic Growth Revisited: Structural Breaks and Cross-section Dependence. *Ruhr Economic Papers* 303, RWI - Leibniz-Institut fur Wirtschaftsforschung, Ruhr-University Bochum, TU Dortmund University, University of Duisburg-Essen.
87. Dogan, E., (2015). Revisiting the relationship between natural gas consumption and economic growth in Turkey. *Applied Economics Letters, 10 (4),* 361–370.
88. Dritsaki, C., Dritsaki, M. (2014). Causal relationship between energy consumption, economic growth and CO2 emissions: A dynamic panel data approach. *International Journal of Energy Economics and Policy* 4 (2), 125-136.
89. Durbin, J., Watson, G., S. (1971). Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression. III. *Biometrika, 58(1),* 1–19.
90. Eggoh, J.C., Bangake, C., Rault, C. (2011) Energy consumption and economic growth revisited in African countries. *Energy Policy 39 (11)*, 7408-7421.
91. Engle, R.E., Granger, C. (1987). Cointegration and error-correction: representation, estimation and testing. *Econometrica 55*, 251–276.
92. Erdem, E., Tugcu, C.T. (2012). New evidence on the relationship between economic freedom and growth: a panel cointegration analysis for the case of OECD. *Global Economy Journal, 12 (3),* 1–18.
93. Erol, U., Eden, S. (1990). Spectral analysis of the relationship between energy consumption, employment, and business cycles. *Resources and Energy 11 (4),* 395–412.
94. Esen, O., Bayrak, M. (2017). Does more energy consumption support economic growth in net energy-importing countries? *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 22 (42), 75-98.
95. Ewing, B.T., Sari, R., Soytas, U. (2007). Dissagregate energy consumption and industrial output in the United States. *Energy Policy 35*, 1274–1281.
96. Farhani, S., (2015). Renewable energy consumption, economic growth and CO2 emissions: evidence from selected MENA countries. Working Papers 2015-612, Department of Research, Ipag Business School.
97. Fuinhas, J.A., Marques, A.C. (2012). Energy consumption and economic growth nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: an ARDL bounds test approach (1965–2009). *Energy Economics, 34 (2),* 511–517.
98. Fuinhas, J.A., Marques, A.C. (2013). Rentierism, energy and economic growth: The case of Algeria and Egypt (1965–2010). *Energy Policy, 62,* 1165–1171.

99. Fuinhas, J.A., Marques, A.C. (2015). Oil-Growth Nexus in Oil Producing Countries: Macro Panel Evidence. *International Journal of Energy Economics and Policy 5 (1)*, 148-163.
100. Fuinhas, J. A., Marques, A. C. (2019). *The Extended Energy-Gorwth Nexus Theory and Empirical Applications*. Academic Press.
101. Гагаринский, А. Ю., Велихов, Е.П., Субботин, С.А., Цибульский, В.Ф., (2010). *Энергетика в экономике 21 века*, Москва, Цибульский РНЦ Курчатовский институт.
102. Gao, J., Zhang, L. (2014). Electricity Consumption-economic growth CO2 Emissions nexus in sub-saharan Africa: Evidence from panel cointegration. *African Development Review 26* (2), 359-371.
103. Georgescu-Roegen, N. (1976). *Energy and Economic Myths*, New York: Pergamon Press.
104. Ghali, K.H., El-Sakka, M.I.T. (2004). Energy and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis. *Energy Economics 26*, 225–238.
105. Girden, E. R. (1992). *ANOVA: Repeated measures.* Sage Publications, Inc.
106. Gorus, M.S., Aydin, M. (2019). The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: causality analysis in the frequency domain. *Energy* 168, 815–822.
107. Gossling, S., Hansson, C.B., Horstmeier, O., Saggel, S. (2002). Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability. *Ecology Economy, 43*, 199–211.
108. Ghosh, S. (2002). Electricity consumption and economic growth in India. *Energy Policy 30 (2)*, 125–129.
109. Gross, C. (2012). Explaining the (non-) causality between energy and economic growth in the U.S.A multivariate sectoral analysis. *Energy Economics, 34 (2)*, 488–499.
110. Groen, J.J.J., Kleibergen, F. (2003). Likelihood-based cointegration analysis in panels of vector error-correction models. *Journal of Business & Economic Statistics 21 (2*), 295–318.
111. Hajko, V., (2017). The failure of energy-economy nexus: a meta-analysis of 104 studies. *Energy 125*, 771–787.
112. Hall, C. A. S., Klitgaard, K. (2006). The need for a new, biophysical-based paradigm in economics for the second half of the age of oil, *International Journal of Transdisciplinary Research 1 (1)*, 4-22.
113. Hamilton, J.D. (2003). What is an oil shock? *Journal of Econometrics 113*, 363–398.
114. Hamit-Haggar, M. (2016). Clean energy-growth nexus in sub-Saharan Africa: Evidence from cross-sectionally dependent heterogeneous panel with structural breaks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57, 1237–1244.
115. Hausman, J.A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica 46 (6)*, 1251–1271.
116. Ho, C.-Y., Siu, K.W. (2007). A dynamic equilibrium of electricity consumption and GDP in Hong Kong: an empirical investigation. *Energy Policy 35 (4)*, 2507–2513.
117. Huang, B., Hwang, M., Yang, C. (2008). Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: a dynamic panel data approach. *Ecological Economics 67*, 41–54.
118. Inglesi-Lotz, R. (2011). The evolution of price elasticity of electricity demand in South Africa: a Kalman filter application. *Energy Policy, 39 (6)*, 3690–3696.

119. Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: a panel data application. Energy Economics, *Elsevier*, 53(C), 58-63.
120. Imran, K., Siddiqui, M.M. (2010) Energy Consumption and Economic Growth: A Case Study of Three SAARC Countries. *European Journal of Social Sciences, 16 (2),* 206-213.
121. Im, K.S., Persaran, M.H., Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics, 115*, 53–74.
122. IMF (2022). *World economic outlook*. Washington, D.C: International Monetary Fund.
123. Inhaber, H., Saunders, H. (1994). Road to Nowhere: Energy Conservation often Backfires and Leads to Increased Consumption, *The Sciences*, 20–25.
124. Ito, K. (2017). CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: evidence from panel data for developing countries. *International Economic., 1–6*.
125. Jacobsson, S., Lauber, V. (2006). The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy 34*, 256–276.
126. Jakovac, P. i Vlahinić Lenz, N. (2015). Uloga energije s aspekta ekonomske teorije. *Ekonomski pregled, 66 (6)*, 527-557.
127. Jakšić, M., Ješić, M. (2021). Komparativna Analiza Stanja Na Tržištu Električne Energije Sa Osvrtom Na Makroekonomske Posledice (Comparative Analysis Of Electricity Market Stance With Overview Of Macroeconomic Consequences). *Ekonomske ideje i praksa, (43)*, 15-29.
128. Jardon, A., Kuik, O., Tol, R.S. (2017). Economic growth and carbon dioxide emissions: An analysis of Latin America and the Caribbean, *Atmosfera*, 30, 2, 87-100.
129. Jensen, J. (1980). *Energy storage*, Butterworths A Co. Publishers ltd., London, UK.
130. Ji, X., Chen, B. (2017). Assessing the energy-saving effect of urbanization in China based on stochastic impacts by regression on population, affluence and technology (STIRPAT) model. *Journal of Cleaner Production, 163*, 306–314.
131. Jinke, L., Hualing, S., Dianming, G. (2008). Causality relationship between coal consumption and GDP: Difference of major OECD and non-OECD countries. *Applied Energy, 85(6)*, 421–429.
132. Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica 59 (6)*, 1551–1580.
133. Kahia, M., Aissa, M.S.B., Lanouar, C. (2017). Renewable and non-renewable energy use-economic growth nexus: The case of MENA Net Oil Importing Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews. 71*, 127–140.
134. Kalimeris, P., Richardson, K., Bithas, K. (2014). A meta-analysis investigation of the direct of the energy-GDP causal relationship: implications for the growth-degrowth dialogue. *Journal of Cleaner Production, 67*, 1–13.
135. Kahsai, Mulugeta S., Nondo, C., Schaeffer, P., V., Gebremedhin, T., G., (2012). Income level and the energy consumption–GDP nexus: Evidence from Sub-Saharan Africa. *Energy Economics*, Elsevier, vol. 34(3), 739-746.

136. Kahouli, B. (2019). Does static and dynamic relationship between economic growth and energy consumption exist in OECD countries? *Energy Reports* 5, 104–116.
137. Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics, 90 (1),* 1–44.
138. Karanfil, F. (2009). How many times again will we examine the energy-income using a limited range of traditional econometric tools. *Energy Policy, 37,* 1191–1194.
139. Katircioglu, S., Fethi, S., Kalmaz, D.B., Caglar, D. (2016). Interactions between energy consumption, international trade, and real income in Canada: an empirical investigation from a new version of the Solow growth model. *International Journal of Green Energy, 13,* 1059–1074.
140. Kebede, E., Kagochi, J., Jolly, Curtis M., (2010). Energy consumption and economic development in Sub-Sahara Africa. Energy Economics, Elsevier, vol. 32(3), 532-537.
141. Kocak, E.¸ Sarkgunesi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy Policy,* 100, 51–57.
142. Koopman, S. J., Shephard, N. (2015). *Unobserved Components and Time Series Econometrics*. Oxford, UK
143. Kraft, J., Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development,* 401-403.
144. Kum, H., Ocal, O., Aslan, A. (2012). The relationship among natural gas energy consumption, capital and economic growth: bootstrap-corrected causality tests from G-7 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (5*), 2361–2365.
145. Kummel, R. (2011). *The Second Law of Economics: Energy, Entropy, and the Origins of Wealth*. Springer, New York, NY.
146. Larsson, R., Lyhagen, J., Löthgren, M. (2001). Likelihood-based cointegration tests in heterogeneous panels. *Econometrics Journal 4 (1),* 109–142.
147. Lee, C.C. (2005). Energy consumption and GDP in Developing countries: a cointegrated panel analysis. *Energy Economics 27*, 415–427.
148. Lee, C.C., Chang, C.P. (2007). Energy consumption and GDP revisited: a panel analysis of developed and developing countries. Energ. Econ. 29 (6), 1206-1223.
149. Lee, C.C., Chang, C.P. (2008) Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. Resource and Energy Economics. 30 (1), 50-65.
150. Lee, C., Chang, C., Chen, P. (2008). Energy-income causality in OECD countries revisited: the key role of capital stock. *Energy Economics 30*, 2359–2373.
151. Lee, C.C., Chiu, Y.B., (2011). Oil prices, nuclear energy consumption, and economic growth: New evidence using a heterogeneous panel analysis. *Energy Policy* 39 (4), 2111-2120.
152. Lee, C. C., Lee, J. D. (2010). A panel data analysis of the demand for total energy and electricity in OECD countries. *Energy Journal 31*, 1–23.
153. Levin, A., Lin, C., Chu, C.J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finitesample properties. *Journal of Econometrics 108*, 1–24.

154. Liddle, B. (2013). The energy, economic growth urbanization nexus across development: evidence from heterogeneous panel estimates robust to cross-sectional dependence. *Energy J. 34*, 223–244.
155. Liddle, B., (2014). Impact of population, age structure, and urbanization on carbon emissions/energy consumption: evidence from macro-level, cross-country analyses. *Population and Environment, 35*, 286–304.
156. Littell, J.H., Corcoran, J., Pillai, V. (2008). *Systematic reviews and meta-analysis*. Oxford University Press, New York, NY.
157. Liu, Y., Zhou, Y., Wu, W. (2015). Assessing the impact of population, income and technology on energy consumption and industrial pollutant emissions in China. *Applied Energy, 155*, 904–917.
158. Madlener, R., Alcott, B. (2009), Energy rebound and economic growth: A review of the main issues and research needs, *Energy, 34, (3),* 370-376
159. Maddala, G. S., Kim, I.-M. (1998). Unit Roots, *Cointegration and Structural Change*. Oxford University Press, Oxford.
160. Mahadevan, R., Asafu-Adjaye, J. (2007). Energy consumption, economic growth and prices: a reassessment using panel VECM for developed and developing countries. *Energy Policy 35*, 2481–2490.
161. Marinas, M.-C., Dinu, M., Socol, A.-G., Socol, C. (2018). Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries. *PLoS ONE* 13(10): e0202951. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202951.
162. Marques, L. M., Fuinhas, J. A., Marques, A. C. (2017). Augmented energy-growth nexus: economic, political and social globalization impacts. *Energy Procedia, 136*, 97–101.
163. McCoskey, S., Kao, C. (1998). A residual-based test of the null of cointegration in panel data. *Econometric Reviews 17 (1)*, 57–84.
164. Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries. *Energy Policy 35*, 2939–2945.
165. Menegaki, A. N., (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy Economics*, Elsevier, vol. 33(2), 257-263.
166. Menegaki, A. N. (2014). On energy consumption and GDP studies; A meta-analysis of the last two decades. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29*, 31- 36.
167. Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy 38 (6)*, 2911–2915.
168. Mielnik, O., Goldemberg, J. (2002). Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries. *Energy Policy, 30 (2)*, 87–89.
169. Minier, J., (2009). Opening a stock exchange. *Journal of Development Economics. 90*, 135–143.
170. Mishra, V., Smyth, R., Sharma, S. (2009) The energy-GDP nexus: evidence from a panel of Pacific Island countries. *Resource and Energy Economics*, Elsevier, vol. 31(3), 210-220.
171. Muhammad, B. (2019). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries. *Energy* 179, 232–245.

172. Murry, D. A., Nan, G. D. (1994). A definition of the gross domestic product-electrification interrelationship. *Journal of Energy and Development, 19 (2),* 275–283.
173. Narayan, P. K., Smyth, R. (2007). Are shocks to energy consumption permanent or temporary? Evidence from 182 countries. *Energy Policy,* 35, 333–341.
174. Narayan, P. K., Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel cointegration with structural breaks. *Energy Economics*, Elsevier, vol. 30(5), 2331-2341.
175. Narayan, P. K., Prasad, A. (2008) Electricity consumption-real GDP causality nexus: evidence from a bootstrapped causality test for 30 OECD countries. *Energy Policy, 36,* 910–18.
176. Narayan, P.K., Wong, P. (2009) A panel data analysis of the determinants of oil consumption: the case of Australia. Applied Energy. 86 (12), 2771-2775.
177. Naser, H., (2014). Oil market, nuclear energy consumption and economic growth: evidence from emerging economies. *International Journal of Energy Economics and Policy 4 (2),* 288.
178. Nazlioglu, S., Lebe, F., Kayhan, S. (2011). Nuclear energy consumption and economic growth in OECD countries: Crosssectionally dependent heterogeneous panel causality analysis. *Energy Policy* 39 (10), 6615-6621.
179. Ockwell, D.G. (2008) Energy and economic growth: Grounding our understanding in physical reality. *Energy Policy, 36(12),* 4600-4604.
180. Odhiambo, N.M. (2009). Electricity consumption and economic growth in South Africa: a trivariate causality test. *Energy Economics, 31 (5),* 635–640.
181. Omri, A. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models. *Energy Economics* 40, 657-664.
182. Ouedraogo, N. (2013). Energy consumption and human development: evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy 63,* 28–41.
183. Ouedraogo N. (2014). The electricity-growth nexus: a dynamic panel data approach. *Journal of Energy and development,* 39(1-2), 229-264.
184. Ozcan, B. (2013). The nexus between carbon emissions, energy consumption and economic growth in Middle East countries: A panel data analysis. *Energy Policy* 62, 1138-1147.
185. Ozcan, B., Ari, A. (2015). Nuclear energy consumption-economic growth nexus in OECD: a bootstrap causality test. *Procedia Economics and Finance, 30,* 586–597.
186. Ozcan, B., Ozturk, I. (2019). Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries: a bootstrap panel causality test. Renew. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 104, 30–37.
187. Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Energy Policy 38,* 340–349.
188. Ozturk, I., Al-Mulali, (2015). Natural gas consumption and economic growth nexus: Panel data analysis for GCC countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51,* 998–1003.

189. Ozturk, I., Aslan, A., Kalyoncu, H. (2010). Energy consumption and economic growth relationship: evidence from panel data for low and middle income countries. *Energy Policy* 38 (8), 4422-4428.
190. Pablo-Romero, M. del P., Sanchez-Braza, A. (2015). Productive energy use and economic growth: Energy, physical and human capital relationships. *Energy Economics* 49, 420–429.
191. Pao, H.T., Tsai, C.M., (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy* 38 (12), 7850-7860.
192. Pao H.T., Tsai C.M., (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence froma panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy* 36(1), 685-693.
193. Payne, J.E. (2009). On the dynamics of energy consumption and output in the US. *Applied Energy 86*, 575–577.
194. Payne, J.E. (2010). Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth. *Journal of Economic Studies 37*, 53–95.
195. Payne, J.E., (2011). On biomass energy consumption and real Output in the U.S. *Energy Sources B 6*, 47–52.
196. Payne, J., Taylor, J. (2010). Nuclear energy consumption and economic growth in the US: an empirical note. *Energy Source Part B 5 (3)*, 301–307.
197. Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 61*, 653–670.
198. Pedroni, P. (2000). Full modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. *Advances in Econometrics 15*, 93–130.
199. Pedroni, P. (2004). Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis: new results. *Econometric Theory 20*, 597–627.
200. Pempetzoglou, M., (2012). Electricity consumption and economic growth: a linear and nonlinear causality investigation for Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy, 4 (2)*, 263–273.
201. Pesaran, M. H. (2004) *General diagnostic tests for cross section dependence in panels*, Cambridge Working Papers in Economics No. 0435, Faculty of Economics, University of Cambridge, Cambridge.
202. Pesaran, M., Shin, Y., Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *J. Appl. Econom. 16*, 289–326.
203. Phillips, P.C.B., Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika 75*, 335–346
204. Phillips, P.C., Hansen, B.E. (1990). Statistical inference in instrumental variables regression with I (1) processes. *The Review of Economic Studies, 57 (1)*, 99–125.
205. Phillips, P. C. B., Xiao, Z. (1998). A Primer on Unit Root Testing. *Journal of Economic Surveys, 12(5*), 423–470.

206. Pirlogea, C., Cicea, C. (2012). Econometric perspective of the energy consumption and economic growth relation in European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (8),* 5718–5726.
207. Rafindadi, A.A., Ozturk, I. (2015). Natural gas consumption and economic growth nexus: is the 10th Malaysian plan attainable within the limits of its resource? *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49,* 1221–1232.
208. Rafindadi, A. A., Ozturk, I. (2016). Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews 75*, 1130-1141.
209. Rahman, M.M., Mamun, S.A. (2016). Energy use, international trade and economic growth nexus in Australia: new evidence from an extended growth model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 64,* 806–816.
210. Rahman, M.M., Velayutham, E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption-economic growth nexus: new evidence from South Asia. *Renewable Energy,* Elsevier, 147 (1), 399–408.
211. Ramsey, J. B. (1969). Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 31 (2),* 350-371.
212. Rapanos, V.T., Polemis, M.L. (2005). Energy demand and environmental taxes: the case of Greece. *Energy Policy 33,* 1781–1788.
213. Rezitis, A. N., Ahammad, S.M. (2015). The Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in South and Southeast Asian Countries: A Panel Vector Autoregression Approach and Causality Analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(3), 704-715.
214. Rifkin, J. (2002), *The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth*, New York: Jeremy P. Tarcher/Penguin.
215. Roberts, T.J., Grimes, P., Manale, J. (2003). Social roots of global environmental change: a world-systems analysis of carbon dioxide emissions. *Journal of World-Systems Research. 9,* 277–315.
216. Rodriguez-Caballeroa, C.V., Ventosa-Santaulària, D. (2016). Energy-growth long-term relationship under structural breaks. Evidence from Canada, 17 Latin American economies and the USA. *Energy Economics, 6,* 121–134.
217. Rostow, W.W. (1960). *The Stages of Economic Growth: A Non-communist Manifesto*. Cambridge University Press, Cambridge.
218. Ruth, M. (1993). *Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics*, Kluwer Academic Publishers, Dortrecht, The Netherlands.
219. Ruth, M. (1995). Information, order and knowledge in economic and ecological systems: implications for material and energy use. *Ecological Economics, 13,* 99-114.
220. Sadorsky P. (2009a) Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. Energy Economics, Elsevier, vol. 31(3), 456–62.
221. Sadorsky P. (2009b) Renewable energy consumption and income in emerging economies. Energy Policy 37(10), 4021–8.

222. Sadorsky, P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy Policy 38*, 2528–2535.
223. Sadorsky, P. (2012). Energy, output, and trade in South America. *Energy Economics, 33*, 476–488.
224. Sadorsky, P. (2013). Do urbanization and industrialization affect energy intensity in developing countries? *Energy Economics, 37*, 52–59.
225. Saidi, K., Mbarek, M.B. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO2 emissions, and economic growth for nine developed countries: evidence from panel Granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy, 88*, 364–374.
226. Saikkonen, P. (1992). Estimation and testing of cointegrated systems by an autoregressive approximation. *Econometric Theory 8 (01)*, 1–27.
227. Salahuddin, M., Alam, K. (2016). Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 76*, 185–193.
228. Salim R.A., Hassan K., Shafiei S., (2014). Renewable and nonrenewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. *Energy Economics* 44, 350–360.
229. Samouilidis, J., Mitropoulos, C. (1984). Energy and economic growth in industrializing countries. *Energy Economics 6*, 191–201.
230. Samuelson, P. and Nordhaus, W. (2009) *Economics*. 19th Edition, McGraw-Hill, New York.
231. Santamouris, M., Kapsis, K., Korres, D., Livada, I., Pavlou, C., Assimakopoulos, M.N. (2007). On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector. *Energy and Buildings 39 (8)*, 893–905.
232. Sardianou, E. (2007). Estimating energy conservation patterns of Greek households. *Energy Policy 35 (7)*, 3778–3791.
233. Sari, R., Ewing, B.T., Soytas, U. (2008). The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: an ARDL approach. *Energy Economics, 30*, 2302–2313.
234. Sari, R., Soytas, U. (2007). The growth of income and energy consumption in six developing countries. *Energy Policy 35*, 889–898.
235. Sarwar, S., Chen, W., Waheed, R. (2017). Electricity consumption, oil price and economic growth: Global perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76*, 9–18.
236. Scheepers, M., Seebregts, A., de Jong, J., Maters, H. (2007). EU standards for energy security of supply. *Clignendael International Energy Programme*, Energy Centre of the Netherlands.
237. Schurr, Netschert, et al. (1960). Energy in the American Economy, 1850-1975. *Challenge, 10(9)*, 41–44.
238. Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics, 6 (2)*, 461-464.

239. Sebri, M. (2015). Use renewables to be cleaner: meta-analysis of the renewable energy consumption–economic growth nexus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42,* 657–665.
240. Seers, D. (1969) *The Meaning of Development*, IDS Communication 44, Brighton: IDS
241. Shahbaz, M., Sarwar, S., Chen, W., Malik, M. N. (2017). Dynamics of electricity consumption, oil price and economic growth: Global perspective. *Energy Policy, 108,* 256–270.
242. Sims, C.A. (1972). Money, income and causality. *The American economic review. 62,* 540–552.
243. Smulders, J. A., de Nooij, M. (2003). The impact of energy conservation on technology and economic growth. *Resource and Energy Economics, 25(1),* 59-79.
244. Smyth, R., Narayan, P. K. (2015). Applied econometrics and implications for energy economics research. *Energy Economics 50,* 351–358.
245. Solarin, S.A., (2011). Electricity consumption and economic growth: trivariate investigation in Botswana with capital formation. *International Journal of Energy Economics and Policy,1(2),* 32–46.
246. Solarin, S.A., Ozturk, I. (2016). The relationship between natural gas consumption and economic growth in OPEC members. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58,* 1348–1356.
247. Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics,* 65-94.
248. Solow, R. M. (1978). Resources and economic growth. *American Economist, 22,* 5-11.
249. Spreng, D. (1993). Possibilities for substitution between energy, time and information. *Energy Policy, 21,* 13-23
250. Steinberger, J.K., Roberts, J.T. (2010). From constraint to sufficiency: the decoupling of energy and carbon from human needs, 1975–2005. *Ecological Economics, 70 (2),* 425–433.
251. Stern, D.I. (1993). Energy and economic growth in the USA: a multivariate approach. *Energy Economics, 15,* 137–150.
252. Stern, D. I. (1999). Is energy cost an accurate indicator of natural resource quality?. *Ecological Economics, 31,* 381-394.
253. Stern, D. I., (2004). *Economic growth and Energy*. Encyclopedia of Energy 2, 35–51.
254. Stern, D.I. (2010), *The Role of Energy in Economic Growth*, CCEP working paper 3.10, Centre for Climate Economics & Policy, Crawford School of Economics and Government, The Australian National University, Canberra.
255. Stern, D. I. (2011). The role of energy in economic growth. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1219(1),* 26-51.
256. Stern, D.I., Cleveland, C.J. (2004). *Energy and Economic Growth*. Rensselaer Polytechnic Institute, Rensselaer Working Papers in Economics No. 0410.
257. Stern, D.I., Enflo, K. (2013). Causality between energy and output in the long-run. *Energy Economics, 39,* 135–146.
258. Stock, J., H. (1994). Units Roots, Structural Breaks and Trends, in R.F. Engle and D.L McFadden (eds.), *Handbook of Econometrics, Volume IV*. North Holland, New York

259. Stock, J.H., Watson, M.W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica 61*, 783–820.
260. Streimikiene, D., Kasperowicz, R. (2016). Review of economic growth and energy consumption: a panel cointegration analysis for EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1545–1549.
261. Tahvonen, O., Salo, S. (2001). Economic Growth and Transitions between Renewable and Nonrenewable Energy Resources. *European Economic Review, 45(8*), 1379-1398.
262. Tang, C.F., Abosedra, S. (2014). The impacts of tourism, energy consumption and political instability on economic growth in the MENA countries. *Energy Policy 68*, 458–464.
263. The World Bank (2019). World Development Indicators. The World Bank, Washington, DC. Preuzeto sa: https://databank.worldbank.org/metadataglossary
264. Todaro, M. P., Smith, S. C. (2012). *Economic Development*. Harlow: Addison-Wesley, Pearson.
265. Thollander, P., Karlsson, M., Rohdin, P., Wollin, J., Rosenqvist, J. (2020) Energy Auditing., *Introduction to Industrial Energy Efficiency*, Academic Press, 61-87.
266. Toman, T., Jemelkova, B. (2003). Energy and economic development: an assessment of the state of knowledge. *Energy Journal 24*, 93–112.
267. Topcu, E., Altinoz, B., Aslan A. (2020). Global evidence from the link between economic growth, natural resources, energy consumption, and gross capital formation, *Resources Policy* 66 (2020), 101622.
268. Toth, F. L., Rogner, H. H. (2006), Oil and nuclear power: Past, present, and future, *Energy Economics, 28, (1)*, 1-25
269. Tsagarakis, K.P., et al. (2011). Tourists' attitudes for selecting accommodation with investments in renewable energy and energy saving systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*, 1335–1342.
270. Tsani, S. Z., (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics, 32(3)*, 582-590.
271. Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou, P., Wang, Q.W., (2011) CO2 emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis. *Energy Policy*, Elsevier, vol. 39(9), 4870-4875.
272. Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 69 (6)*, 709–748.
273. White, H. (1980). A Heteroscedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroscedasticity. *Econometrica, 48*, 817-838.
274. Wolde-Rufael, Y. (2010). Coal consumption and economic growth revisited. *Applied Energy, 87(1)*, 160–167.
275. Wolde-Rufael, Y. (2012). Nuclear energy consumption and economic growth in Taiwan. *Energy Sources, B 7 (1)*, 121–127.
276. Wolde-Rufael, Y. (2014). Electricity consumption and economic growth in transition countries: A revisit using bootstrap panel Granger causality analysis. *Energy Economics, 44*, 325-330.

277. Wrigley E. (2010). *Energy and the English Industrial Revolution.* Cambridge University Press, Cambridge; New York.
278. Yang, H.Y. (2000). A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan. *Energy Economics 22*, 309–317.
279. Yildirim, E., Sarac, S., Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (9*), 6770–6774.
280. Yoo, S.H., Jung, K. O. (2005). Nuclear energy consumption and economic growth in Korea. *Progress in Nuclear Energy, 46 (2),* 101–109.
281. Yu, E.S.H., Hwang, B.K. (1984). The relationship between energy and GNP: further results. *Energy Economics 6*, 186–190.

ПРЕГЛЕД СКРАЋЕНИЦА

ADF енгл. Augmented Dickey Fuller (проширени Dickey Fuller (тест))

ARDL енгл. Auto Regressive Distributed Lag (Ауторегресивни модел са дистрибуцијом доцњи)

BDP Бруто домаћи производ

BNP Бруто национални производ

BP енгл. British Petroleum

BP LM енгл. Breusch-Pagan Lagrange Multiplier (Breusch-Pagan-ов тест уз примену Лагранжовог мултипликатора)

BRIC енгл. Акроним за државе Бразил, Русија, Индија, Кина

CCI енгл. Crisis Capability Index (Индекс способности за управљање кризама)

CO_2 енгл. Carbon Dioxide (угљен-диоксид)

CPI енгл. Conusmer Price Index (Индекс потрошачких цена)

CSD енгл. Cross-Sectional Dependence (тест зависности панела)

CS-DL енгл. cross-sectionally augmented DL approach (Модел са дистрибуцијом доцњи проширен упоредним просецима)

DF енгл. Dickey Fuller

DOLS енгл. Dynamic Ordinary Least Square (Динамички обични најмањи квадрати)

DW енгл. Durbin-Watson

ECT енгл. Error Correction Term (термин корекције грешке)

FDI енгл. Foreign Direct Investment (Стране директне инвестиције (**SDI**))

FE енгл. Fixed effect (Модел са фиксним индивидуалним ефектима)

FMOLS енгл. Fully Modified Ordinary Least Square (Потпуно модификовани обични најмањи квадрати)

G7 енгл. Group of Seven (Група 7 земаља коју чине: Француска, Немачка, Италија, Јапан, Канада, Уједињено Краљевство, Сједињене Америчке Државе)

GCC енгл. Gulf Cooperation Council (Савет за сарадњу у Заливу)

GDP енгл. Gross Domestic Product (Бруто домаћи производ)

GHG енгл. Greenhouse Gases (Гасови са ефектом стаклене баште)

HAC енгл. Heteroscedasticity and Autocorrelation Consistent (узимање у обзир потенцијалних проблема хетероскедастичности и аутокорелације приликом процене варијансе)

HDI енгл. Human Development Index (Индекс људског развоја)

IAEA енгл. International Atomic Energy Agency (Међународна агенција за атомску енергију)

IEA енгл. International Energy Agency (Међународна агенција за енергетику)

IMF енгл. International Monetary Fund (Међународни монетарни фонд)

IPS енгл. Im-Pesaran-Shin

ISEW енгл. The Index of Sustainable Economic Welfare (Индекс одрживог економског благостања)

Kgoe енгл. Kilogram(s) of oil equivalent (килограм(и) еквивалентне нафте)

Ktoe енгл. Kilo tonnes of oil equivalent (хиљаду тона еквивалентне нафте)

kWh енгл. Kilowatt hours, Киловат-час

LLC енгл. Levin, Lin, Chu (тест)

MENA енгл. Middle East and North Africa (Земље Средњег истока и северне Африке)

OAPEC енгл. Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (Организација арапских земаља извозница нафте)

OPEC енгл. Organization of Petroleum Exporting Countries (Организација земаља извозница нафтеО)

OECD енгл. Organisation for Economic Co-operation and Development (Организација за економску сарадњу и развој)

PIM енгл. Perpetual inventory method (Метод сталног инвентара)

Pooled model (Модел са константним регресионим параметрима)

RE енгл. Random effect (Модел са случајним индивидуалним ефектима)

REGLS енгл. Random coefficients regression by Generalized least squares (Метод уопштених најмањих квадрата)

TFP - енгл. Total Factor Productivity (Укупна факторска продуктивност)

UN енгл. United Nations (Уједињене нације)

UNFCCC енгл. United Nations Framework Convention on Climate Change (Конвенција Уједињених нација за климатске промене)

US$ Амерички долар

VAR енгл. Vector autoregressio (Векторска ауторегресија)

WB енгл. World Bank (Светска банка)

WDI енгл. World Development Indicators (Индикатори светског развоја)

WEO енгл. World Economic Outlook (перспективе светске економије)

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Списак најважнијих радова из анализиране области. 28
Табела 2. Просечне вредности показатеља од интереса у оквиру земаља у узорку 83
Табела 3. Дескриптивна статистика анализираних променљивих у узорку земаља 84
Табела 4. Приказ вредности анализираних променљивих „потрошња енергије по глави становника“ и „реалан БДП по глави становника“ за сваку земљу из узорка, 1990-2014. ...87
Табела 5. Кретање бруто приноса на капиталне инвестиције по глави становника и радне снаге за сваку земљу из узорка, 1990-2014. 88
Табела 6. Корелациона матрица природних логаритама анализираних променљивих. 89
Табела 7. Оцене модела случајних индивидуалних ефеката (зависна променљива ln bdp per capita)…….....93
Табела 8. Резултати Breusch–Pagan-овог теста случајних индивидуалних ефеката....94
Табела 9. Оцене регресије случајних ефеката методом уопштених најмањих квадрата 96
Табела 10. Вредности статистике DW теста за аутокорелацију 97
Табела 11. Резултати регресије зависне промељиве реалан bdp pc уз употребу модела фиксних индивидуалних ефеката 99
Табела 12. Резултати Pesaran CD теста 100
Табела 13. Резултати Hausman теста 101
Табела 14. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln bdp pc 104
Табела 15. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln ep pc 105
Табела 16. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln bpk pc 106
Табела 17. Тестови јединичног корена прве генерације за променљиву ln ursp 106
Табела 18. Матрица коефицијената корелације БДП по глави становника и потрошње енергије по глави становника....108
Табела 19. Као тест коинтеграције између променљиве реалан БДП по глави становника и потрошња енергије по глави становника 114
Табела 20. Као тест коинтеграције између променљиве потрошња енергије по глави становника и променљиве реалан БДП по глави становника 115
Табела 21. Резултати Pedroni теста коинтеграције....116
Табела 22. Резултати Pedroni теста када се узму у обзир и фиксни временски ефекти 117
Табела 23. Westerlund тест коинтеграције логаритма реалног БДП по глави становника и логаритма потрошње енергије по глави становника 118
Табела 24. Westerlund коинтеграциони тест (уз разматрање робусне p вредности) логаритма реалног БДП по глави становника и логаритма потрошње енергије по глави становника....119
Табела 25. Westerlund коинтеграциони тест (уз разматрање робусне p вредности) логаритма потрошње енергије по глави становника и логаритма реалног БДП по глави становника....120

Табела 26. Резултати оцене модела панел методом потпуно модификованих најмањих квадрата 123
Табела 27. Резултати оцене модела панела методом динамичких обичних најмањих квадрата 125
Табела 28. Класификација земаља у панелу према помоћној променљивој „просечна вредност БДП за 2014. годину“ 127
Табела 29. Приказ Грејнџерове каузалности између потрошње енергије и БДП 129
Табела 30. Резултати Granger тестова каузалности на нивоу појединачних земаља 131
Табела 31. Класификација земаља у панелу према вредности додатне променљиве 139
Табела 32. Приказ номиналних вредности променљивих и резултата оцене модела методом потпуно модификованих најмањих квадрата 140

СПИСАК ГРАФИКА

График 1. Земље средњег нивоа дохотка у узорку 69
График 2. Дијаграм распршености БДП-потрошња енергије по земљама 85
График 3. Дијаграм распршености БДП-потрошња енергије током целог временског периода посматрања. 86
График 4. Дијаграм распршености БДП по глави становника и потрошње енергије по глави становника, (1990-2014) 109
График 5. Дијаграм просечних вредности БДП-а по глави становника и потрошње енергије по глави становника (1990-2014) 110
График 6. Визуелни приказ утврђених хипотеза раста, конзервације, повратне спреге и неутралности 130
График 7. Визуелни приказ земаља у узорку са утврђеним непостојањем каузалности између 4 променљиве. 134
График 8. Визуелни приказ земаља у узорку са утврђеним једносмерним каузалностима између четири променљиве. 136
График 9. Визуелни приказ земаља у узорку са утврђеним двосмерним каузалностима између четири променљиве. 138

СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Шематски приказ процедура тестирања 76
Слика 2. Однос утицаја три независне променљиве на зависну променљиву.....80

ПРИЛОГ

Прилог 1. - Дескриптивна статистика

променљива	Број јединица посматрања	Средња вредност	Стандардна девијација	минимум	максимум
Реалан БДП по глави становника (Ln real gdp per capita)	325	6,70	1,72	0,73	9,38
Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника (Ln real gross fixed caital formation per capita)	325	5,14	1,79	-0,69	7,80
Удео радне снаге у укупној популацији (Ln share of employee in total population)	325	2,36	2,16	-1,12	3,99
Потрошња енергије по глави становника (Ln energy consumption per capita)	325	7,57	0,53	5,89	8,68

Прилог 1.1. – Матрица корелације између променљивих

променљива	Потрошња енергије по глави становника (Ln energy consumption per capita)	Реалан БДП по глави становника (Ln real gdp per capita)	Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника (Ln real gross fixed caital formation per capita)	Удео радне снаге у укупној популацији (Ln share of employee in total population)
Потрошња енергије по глави становника (Ln energy consumption per capita)	1			
Реалан БДП по глави становника (Ln real gdp per capita)	0,21	1		
Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника (Ln real gross fixed caital formation per capita)	0,20	0,977	1	
Удео радне снаге у укупној популацији (Ln share of employee in total population)	-0,004	0,056	0,01	1

Прилог 2 – Модел регресије са константним регресионим параметрима са просторним вештачким променљивим

Регресија са фиксним ефектима- унутар група	Број опсервација	325
Групна променљива: земља	Број група	13
R Sq	Број опсервација по групи	
унутар група: 0,06	минимум:	25
између група: 0,00	просек:	25
укупно: 0,00	максимум:	25
F(3, 309): 7,45		
Corr (u_i, Xb): -0,79		
Prob>F = 0,0001		

Потрошња енергије по глави становника (ln)	Коефицијент	Стандардна грешка	t	P>|t|	[95% интервал поузданости]
Реалан БДП по глави становника (ln)	-1,36	0,43	-3,13	-,22	-0,05
Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника (ln)	0,152	0,04	3,76	0,07	0,23
Удео радне снаге у укупној популацији (ln)	0,29	0,33	0,89	-0,35	0,95
Tcountry1	0				
Tcountry2	0				
Tcountry3	0				
Tcountry4	0				
Tcountry5	0				
Tcountry6	0				
Tcountry7	0				
Tcountry8	0				
Tcountry9	0				
Tcountry10	0				
Tcountry11	0				
Tcountry12	0				
Tcountry13	0				
_cons	6,99	0,78	8,89	0,00	8,554
Sigma u	0,83				
Sigma e	0,23				
Rho	0,92				
F	111,13	Prob > F = 0,000			

Прилог 3 – Матрица корелације резидуала

	_e1	_e2	_e3	_e4	_e5	_e6	_e7	_e8	_e9	_e10	_e11	_e12	_e13
_e1	2.85												
_e2	-0.91	0.61											
_e3	0.77	-0.60	2.39										
_e4	0.45	0.11	-1.17	2.43									
_e5	0.13	0.03	0.34	-0.06	0.74								
_e6	-0.93	0.17	-0.66	-0.20	0.17	0.83							
_e7	-0.00	-0.01	-0.37	0.42	-0.13	-0.14	0.41						
_e8	1.75	0.00	0.45	0.90	0.38	-1.08	0.38	2.66					
_e9	-0.55	0.18	0.39	-0.38	1.03	0.21	-0.14	0.77	2.96				
_e10	0.32	-0.11	0.28	0.27	0.30	0.01	-0.09	0.18	0.33	0.35			
_e11	-0.10	-0.14	0.37	-0.36	0.14	0.22	-0.20	-0.55	0.24	0.17	0.41		
_e12	-3.65	0.44	-1.94	-0.42	0.19	2.56	-0.67	-4.28	0.21	0.16	0.91	10.59	
_e13	-0.57	0.04	0.18	-0.60	0.14	0.41	-0.31	-0.81	0.24	0.04	0.26	1.59	0.53
Breusch Pagan LM test chi2(78) = 277, Pr = 0.000													

Прилог 4 - Hausman тест робусности модела фиксних индивидуалних ефеката

	Коефицијенти			
	(b) fixed	(B) .	(b-B) разлика	Sqrt (diag (V_b-V_B)) Стандардна грешка
Потрошња енергије по глави становника (Ln energy consumption per capita)	-,22	-,13	-,08	,03
Бруто принос на капиталне инвестиције по глави становника (Ln real gross fixed caital formation per capita)	,91	,91	-,001	,001
Удео радне снаге у укупној популацији (Ln share of employee in total population)	,18	,03	,14	,425
b = конзистентан под H_0 и H_a, добијен помоћу xtreg B = неконзистентан под H_a, ефикасан под H_0, добијен помоћу xtreg Тест H_0: разлика у коефицијентима није систематична χ2(3)=(b−B)'[(Vb−VB)−1](b−B)=10,77\chi^2(3) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b - B) = 10{,}77χ2(3)=(b−B)'[(Vb−VB)−1](b−B)=10,77 Вероватноћа > χ^2: 0,013				

Прилог 5 - Pedroni тест коинтеграције

Без *time fixed* ефеката,
AR параметар: Panel специфично

Pedroni тест за коинтеграцију			
Но: нема коинтеграције			
На: сви панели су коинтегрисани			
Вектор коинтеграције	Panel специфично		
Panel средња вредност	Укључено	Kernel	Bartlett
Временски тренд	Није укључено	Доцње	2 (Newey West)
AR параметар	Panel специфично	Проширене временске доцње	1
		Статистика	p-вредност
Модификовани Phillips Perron t		1,15	0,12
Phillips Perron t		-2,18	0,01
Проширени Dickey-Fuller t		-2,74	0,003

Без *time fixed* ефеката,
AR параметар: Исти

Pedroni тест за коинтеграцију			
Но: нема коинтеграције			
На: сви панели су коинтегрисани			
Вектор коинтеграције	Panel специфично		
Panel средња вредност	Укључено	Kernel	Bartlett
Временски тренд	Није укључено	Доцње	2 (Newey West)
AR параметар	Исти	Проширене временске доцње	1
		Статистика	p-вредност
Модификовани рацио варијансе		-1,42	0,07
Модификовани Phillips Perron t		-0,48	0,31
Phillips Perron t		-2,82	0,002
Проширени Dickey-Fuller t		-2,76	0,002

Са *time fixed* ефектима,

AR параметар: Panel специфично

Pedroni тест за коинтеграцију			
Но: нема коинтеграције			
На: сви панели су коинтегрисани			
Вектор коинтеграције	Panel специфично		
Panel средња вредност	Укључено	Kernel	Bartlett
Временски тренд	Није укључено	Доцње	2 (Newey West)
AR параметар	Panel специфично	Проширене временске доцње	1
		Статистика	p-вредност
Модификовани Phillips Perron t		2,1	0,01
Phillips Perron t		-1,45	0,07
Проширени Dickey Fuller t		-2,1	0,01

Са *time fixed* ефектима,
AR параметар: Исти

Pedroni тест за коинтеграцију			
Но: нема коинтеграције			
На: сви панели су коинтегрисани			
Вектор коинтеграције	Panel specific		
Panel средња вредност	Укључено	Kernel	Bartlett
Временски тренд	Није укључено	Доцње	2 (Newey West)
AR параметар	Исти	Проширене временске доцње	1
		Статистика	p-вредност
Модификована рацио варијанса		-2,17	0,01
Модификовани Phillips Perron t		0,64	0,26
Phillips Perron t		-2,46	0,006
Проширени Dickey Fuller t		-3,11	0,0009

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Маја Мркајић рођена је 25.05.1989. у Новом Саду. Основну школу и гимназију завршила је у Београду са одличним успехом и носилац је Вукове дипломе. Музичку школу „Станковић“, одсек флаута завшрила је у Београду у класи професорке Јелене Драшкоци. Дипломирала је на Економском факултету Универзитета у Београду на студијском програму *Економија, пословно управљање и статистика* (*модул Финансије, банкарство и осигурање, подмодул Банкарство*) 2014. године. На истом факултету је 2016. године завршила и мастер академске студије (студијски програм: *Економија и менаџмент енергетике*), одбранивши мастер рад под називом „*Социјална политика у енергетици*“.

Докторске академске студије на Економском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2016/17. године на студијском програму Економија. Положила је све испите предвиђене планом програма докторских студија Економског факултета и одбранила два докторантска колоквијума.

Списак положених испита и оцене:
- Методологија научног истраживања I- D (9)
- Методи и технике научног истраживања и анализе (10)
- Моделирање и оптимизација (9)
- Економска статистика (10)
- Економетрија I- D (8)
- Макроекономска анализа I- D (10)
- Економска политика (10)
- Развојна и регионална економија (9)
- Макроекономска анализа II-D (10)

Од јануара 2018. до јануара 2021. године била је запослена у Нафтној индустрији Србије у Новом Саду у Функцији за организациона питања. Од јануара 2021. године до новембра 2024. радила је као саветник у Владиној Канцеларији. Од новембра 2024. године запослена је у Јавном предузећу Југоимпорт-СДПР као самостални стручни сарадник у Одељењу за банкарске послове.

Добитник је стипендије Министарства образовања и науке Руске Федерације. Као стипендиста боравила је на стручном усавршавању у Санкт Петербургу на Електротехничком факултету „ЛЕТИ“ током лета 2018. године. Учествовала је на већем броју научних конференција и скупова у земљи.

Течно говори руски језик (положен државни испит руског језика на Санктпетербуршком државном универзитету (*TRKI-III/ C1*) и енглески језик (носилац Cambridge English: Advanced (CAE) дипломе).

Удата је и има сина и ћерку.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Маја Мркајић

број индекса 3002/2016

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Однос економског раста и потрошње енергије: теоријско- емпиријска анализа са посебним освртом на Републику Србију

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, _____

_____

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора _____Маја Мркајић_____

Број индекса _____3002/2016_____

Студијски програм ___Економија_____

Наслов рада __**Однос економског раста и потрошње енергије: теоријско- емпиријска анализа са посебним освртом на Републику Србију**

Ментор ___проф. др Дејан Молнар _____

Потписани/а _____Маја Мркајић_____

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____

_____

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Однос економског раста и потрошње енергије: теоријско- емпиријска анализа са посебним освртом на Републику Србију

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____

_____

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Маја Мркајић

број индекса 3002/2016

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Однос економског раста и потрошње енергије: теоријско- емпиријска анализа са посебним освртом на Републику Србију

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 27.05.2025.

Маја Мркајић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора _____Маја Мркајић_____

Број индекса _____3002/2016_____

Студијски програм ___Економија_____

Наслов рада ___**Однос економског раста и потрошње енергије: теоријско- емпиријска анализа са посебним освртом на Републику Србију**

Ментор ___проф. др Дејан Молнар _____

Потписани/а _____Маја Мркајић_____

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 27.05.2025.

Маја Мркајић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Однос економског раста и потрошње енергије: теоријско- емпиријска анализа са посебним освртом на Републику Србију

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 27.05.2025.

Маја Мркаић