

УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ БЕОГРАД
ДЕПАРТМАН ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ



Докторске студије

**ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИНДИКАТОРА
ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ**
ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

МЕНТОР:
проф. др Петар Спалевић

КАНДИДАТ:
мр Виолета Димић

Београд, 2020.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

Проф. др Петар Спалевић, редовни професор

ужа научна област – Телекомуникације и информациони системи
– Рачунарство и информатика

Универзитет Сингидунум, Београд

Проф. др Младен Веиновић, редован професор

ужа научна област – Рачунарство и информатика

Универзитет Сингидунум, Београд

Проф. др Негован Стаменковић, редован професор

ужа научна област – Информационо-комуникационе технологије

Универзитет у Приштини, са привременим седиштем
у Косовској Митровици

Датум одбране: _____

Захвалница

Користим ову прилику да се срдечно захвалим свом ментору, проф. др Петру Спалевићу, на свесрдној и професионалној подршци у изради докторске дисертације. Било ми је изузетно задовољство да сарађујем са овим врхунским стручњаком и да стекнем нова сазнања у раду са њим. Проф. др Петар Спалевић је одличан сарадник и ментор, са личним особинама које поседују угледни и високо признати професори широм света, те сматрам да је рад са њим на овој дисертацији била посебна привилегија.

Захваљујем се члановима Комисије, проф. др Младену Веиновићу и проф. др Неговану Стаменковићу, који су својим саветима, коментарима и сугестијама допринели квалитету рада.

Посебно се захваљујем проф. др Мимици Милошевић и проф. др Душану Милошевићу, који су имали веома важну улогу у мотивацији за израду докторске дисертације и подршци на остваривању резултата приказаних у њој.

На крају, наравно, бескрајно се захваљујем својој породици, супругу Љубодрагу и својој деци Димитрију, Наталији, Настасији и својим родитељима Бранислави и Радомиру, који су ме искрено и свакодневно подржавали за све време трајања научно-истраживачког рада.

“Све док постоји мотивација, нови круг изгарања се са лакоћом покреће. Али ако њен извор пресуши, продуктивност нема чиме да се напаја. Док се физичка исцрпљеност и ментални замор брзо обнављају, губитак мотивације се не надокнађује тако лако.”
BLOG TALASSI

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА ИНДИКАТОРА ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ

РЕЗИМЕ

Један од највећих проблема света данас је питање енергије. Између енергије и климатских промена постоји сложен двосмеран однос. Заустављање климатских промена представља стратешку прилику за развијање и улагање у савремену инфраструктуру као и прилику за интегрисани приступ развоју и планирању паметних градова. Обновљиви извори енергије и савремене технологије постају све значајнији сегмент у свим пољима јер смањују укупну енергетску потрошњу и имају позитиван утицај на животну средину. Приступајући са становишта могућности решавања проблема, дошло се на идеју да се спроведе истраживање у правцу уочавања релевантних фактора за примену обновљивих извора енергије и побољшања ефикасности крајње употребе истих. Истраживањем тих могућности кроз пројекте, требало би да се омогући адекватан приступ енергији, смањи глобално загревање и управља околином. Предуслов за такав поступак је темељно разумевање сложених система, применом вишекритеријумске анализе, која омогућава доносиоцима одлука да пронађу равнотежу између техничких и економских могућности данашњих и дугорочних развојних перспектива.

Тема истражује методе и алате који подржавају решавање проблема у области анализе развоја енергетски функционалне и информационо-технолошке инфраструктуре града. Математичке методе вишекритеријумске анализе, које се примењују у овој дисертацији у процесу одлучивања, су аналитички хијерархијски процес и фази аналитички хијерархијски процес. Доносиоци одлука су експерти из електротехничких, рачунарских и грађевинарских наука у техничко-технолошком научном пољу, који оцењују идентификоване индикаторе. Тиме се успоставља оквир који подржава полисе, попут енергетске, економске, социјалне, полисе заштите животне средине, које ће уз одрживу равнотежу природних ресурса и ниже нивое загађења омогућити да одрживи енергетски систем изађе из закона, прописа и акционих планова о обновљивим изворима у правцу ефикасније економије и бољег друштвеног живота.

Предмет истраживања у дисертацији је моделирање пројеката обновљивих извора енергије, рангирањем подкритеријума у оквиру сваке групе критеријума: фактори окружења, фактори организационо-управљачке структуре и индикатори квалитета. Надаље,

су истраживања усмерена на енергетски ефикасну инфраструктуру развоја паметних градова, са аспекта нових технологија, обновљивих видова енергије у односу на климатско подручје, нових и постојећих зграда. Пратећа компонента је развијање свести у образовном систему кроз мере едукације младих.

Инвентивност и новативност неопходни су у спровођењу концепта паметног града за увођење системске интеграције обновљивих и ИКТ-а на свим нивоима локалне власти као носиоца одрживог развоја урбане средине. Кроз смањење губитака енергије, хуманији однос према животној средини, а посебно кроз управљање и мобилност, морамо омогућити сталну евалуацију свих система који би требало да буду интегрисани у јединствени глобални концепт паметног града.

Методологија истраживања је заснована на приступу и анализи одабраних ентитета у урбаном окружењу за одрживи развој у Србији. Флексибилност система планирања мреже, (ре)конструкције зграда, соларне енергије, климатских промена и ниских емисија, као и система воде и отпада, представља крајњу одрживу стратегију у оквиру концепта паметног града. Фокус је на исплативој примени савремених технологија, као и оптималном развоју модела инфраструктуре, у области локално доступних потенцијала соларне енергије. Анализе показују да се национални енергетски системи могу трансформисати како би се ускладили са циљем прилагођавања климатским променама. Због инхерентне инерције енергетског система, све одлуке које се доносе у енергетском сектору имају дугорочне утицаје.

Зграде су највећи појединачни потрошач енергије с највећим потенцијалом енергетских уштеда. Данас, у ситуацији економске кризе и смањене грађевинске делатности, енергетска обнова још више добија на значају. Било да се ради о новој градњи или реконструкцији и добром познавању термичких својстава грађевинских материјала неки су од предуслова за пројектовање енергетски ефикасних зграда. Материјали и решења за побољшање термоизолације, добијају све већу пажњу због тенденције усмерене ка одрживим зградама. Смањење потрошње енергије и емисија CO₂, развој и имплементација одрживих грађевинских технологија, система и материјала за нове и постојеће зграде, биће кључни у решавању изазова преласка на зграде готово нулте потрошње енергије у годинама које долазе. Потребно је сагледати велики број разноврсних критеријума и фактора, и њиховим вредновањем рангирати решења која ће испунити потребне захтеве за унапређење енергетске ефикасности. Прелазак на енергетски ефикасне моделе, захтева праћење резултата, спровођење мера и активности у правцу кључних индикатора, као и развој свести и едукацију становништва поготову младих у образовном систему.

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY INDICATORS

ABSTRACT

One of the biggest problems in the world today is the issue of energy. There is a complex two-way relationship between energy and climate change. Stopping climate change is a strategic opportunity to develop and invest in modern infrastructure as well as an opportunity for an integrated approach to smart city development and planning. Renewable energy sources and modern technologies are becoming an increasingly important segment in all fields because they reduce overall energy consumption and have a positive impact on the environment. Approaching from the point of view of problem-solving possibilities, the idea was to conduct research in the direction of identifying relevant factors for the application of renewable energy sources and improving the efficiency of their end use. By exploring these opportunities through projects, adequate access to energy, global warming and environmental management should be provided. A prerequisite for such a process is a thorough understanding of complex systems, using multi-criteria analysis, which allows decision makers to find a balance between the technical and economic possibilities of today's and long-term development perspectives.

The topic explores methods and tools that support solving problems in the field of analysis of the development of energy-functional and information-technological infrastructure of the city. The mathematical methods of multicriteria analysis, which are applied in this dissertation in the decision - making process, are the analytical hierarchical process and the phase analytical hierarchical process. Decision makers are experts from electrical, computer and construction sciences in the technical-technological scientific field, who evaluate the identified indicators. This establishes a framework that supports policies, such as energy, economic, social, environmental policies, which, with a sustainable balance of natural resources and lower levels of pollution, will enable a sustainable energy system to move out of renewable laws, regulations and action plans more efficiently. economy and a better social life.

The subject of research in the dissertation is the modeling of RES projects, ranking sub-criteria within each group of criteria: environmental factors, factors of organizational and management structure and quality indicators. Furthermore, research is focused on EE infrastructure of smart city development, from the aspect of new technologies, renewable energy in relation to the climate zone, new and existing buildings. The accompanying component is the

development of awareness in the education system through measures of education of young people.

Inventiveness and innovation are necessary in the implementation of the smart city concept for the introduction of systemic integration of RES and ICT at all levels of local government as a carrier of sustainable development of the urban environment. Through the reduction of energy losses, a more humane attitude towards the environment, and especially through management and mobility, we must enable a continuous evaluation of all systems that should be integrated into a single global concept of a smart city.

The research methodology is based on the approach and analysis of selected entities in the urban environment for sustainable development in Serbia. The flexibility of the network planning system, (re) construction of buildings, solar energy, climate change and low emissions, as well as water and waste systems, is the ultimate sustainable strategy within the smart city concept. The focus is on the cost-effective application of modern technologies, as well as the optimal development of infrastructure models, in the area of locally available solar energy potentials. Analyzes show that national energy systems can be transformed to adapt to the goal of adapting to climate change. Due to the inherent inertia of the energy system, all decisions made in the energy sector have long-term impacts.

Buildings are the largest single energy consumer with the greatest potential for energy savings. Today, in a situation of economic crisis and reduced construction activity, energy renewal has become even more important. Whether it is a new construction or reconstruction and a good knowledge of the thermal properties of building materials is one of the prerequisites for designing energy efficient buildings. Materials and solutions for improving thermal insulation are gaining more and more attention due to the tendency towards sustainable buildings. Reducing energy consumption and CO₂ emissions, developing and implementing sustainable construction technologies, systems and materials for new and existing buildings, will be key to addressing the challenge of moving to near-zero energy buildings in the years to come. It is necessary to consider a large number of various criteria and factors, and evaluate them by ranking solutions that will meet the necessary requirements for improving energy efficiency. The transition to energy efficient models requires monitoring of results, implementation of measures and activities in the direction of key indicators, as well as the development of awareness and education of the population, especially young people in the education system.

САДРЖАЈ

1. ОСНОВНА РАЗМАТРАЊА	11
1.1. Садржај докторске дисертације	11
1.2. Хипотезе, циљ и методе истраживања	13
1.2.1 Хипотезе	13
1.2.2 Циљ истраживања.....	14
1.2.3 Примена метода истраживања	15
1.3 Очекивани научни допринос	16
2. ИСТРАЖИВАЊА И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	19
2.1 Пројекти обновљивих извора енергије, енергетска ефикасност и одрживи развој	23
2.1.1 Пројекти обновљивих извора енергије: потенцијали Нишавског округа	26
2.2 Нове технологије као важан сегмент будућег развоја градова	28
2.3 Обновљиви извори енергије као важан сегмент будућег развоја градова	30
2.3.1 Соларна енергија као важан сегмент инфраструктуре паметног града.....	33
2.4 Постојеће и нове енергетски ефикасне зграде као важан сегмент инфраструктуре паметног града	34
2.4.1 Савремени материјали за енергетски ефикасне зграде.....	37
2.5 Развијање свести и увођење ОИЕ у образовни систем.....	38
3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА.....	40
3.1 Критеријуми и подкритеријуми перформанси пројекта обновљивих извора енергије	41
3.2 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта информационих технологија	45
3.3 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта соларне енергије	47
3.4 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта постојећих и нових зграда.....	51
3.4.1 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта савремених материјала	55
3.5 Компетенције за увођење обновљивих извора енергије у образовни систем	56
4. РАЗВОЈ МОДЕЛА И РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА	60

4.1	Методи вишекритеријумског одлучивања.....	60
4.1.1	Аналитички хијерархијски процес	60
4.1.2	Фази аналитички хијерархијски процес	64
4.2	Примена вишекритеријумске анализе	68
4.2.1	Концепт пројеката обновљивих извора енергије	68
4.2.1.1	Примена АНР методе са аспекта пројеката обновљивих извора енергије	70
4.2.1.2	Примена ФАХП методе са аспекта пројекта обновљивих извора енергије	75
4.2.2	Концепт инфраструктуре паметног града са аспекта информационих технологија ...	81
4.2.3	Концепт инфраструктуре паметног града са аспекта коришћења соларне енергије ..	87
4.2.4	Концепт инфраструктуре паметног града са аспекта постојећих и нових зграда	92
4.2.4.1	АХП метода у планирању и архитектонском пројектовању нових зграда.....	95
4.2.4.2	Примена ФАХП методе у планирању и пројектовању нових зграда	100
4.2.4.3	Примена АХП методе на постојеће зграде.....	107
4.2.4.4	Примена АХП методе на савремене материјале за енергетски ефикасне зграде ..	114
4.2.5	Концепт образовног профила Електротехничар обновљивих извора енергије	115
5	ДИСКУСИЈА.....	118
5.1	Активности и мере усмерене ка концепту пројеката обновљивих извора енергије	118
5.2	Активности и мере усмерене ка концепту паметних градова са аспекта информационих технологија.....	120
5.3	Активности и мере усмерене ка концепту паметних градова са аспекта соларне енергије	123
5.4	Активности и мере усмерене ка развоју паметних градова са аспекта енергетске ефикасности зграда	126
5.5	Активности и мере усмерене ка концепту увођења обновљивих извора енергије у образовни систем	128
6	ЗАКЉУЧАК	130
7	ЛИТЕРАТУРА.....	134
8	ДОДАТАК	148

1. ОСНОВНА РАЗМАТРАЊА

1.1. Садржај докторске дисертације

У овој докторској дисертацији је уочен и представљен проблем, извршено структурирање тог проблема кроз методологију истраживања, развијен модел, приказани резултати примене метода вишекритеријумског одлучивања и предложене активности и мере за акциони план.

Уводна разматрања садрже информације о енергетској и еколошкој политици, глобалном проблему заустављања последица климатских промена и статусу паметних градова. Ово је предмет истраживања већег броја института и универзитета у Европи и свету, а модел таквог система у Србији биће напредак за земље Западног Балкана.

Енергетска ефикасност (ЕЕ) и обновљиви извори енергије (ОИЕ) су два алата уз помоћ којих се у локалној заједници може постићи енергетска одрживост кроз доступне цене енергије и просперитет друштвеног развоја, без нарушавања еколошке равнотеже. Светску статистику можемо пренети на Србију у контексту растућих потреба све веће популације, разматрајући питања климатских оквира и енергетских субвенција уз повећање обима коришћења чисте енергије. Дефинисана је потреба за израду ОИЕ пројеката, који као такви морају бити сагледани кроз критеријуме и подкритеријуме у правцу урбанизације, заустављања климатских промена узрокованих глобалним загревањем и обезбеђивања економско-финансијских могућности. Истраживање ће се заснивати на прикупљеним подацима о ОИЕ, који су данас у употреби, подацима о новим технологијама и њиховој улози у развоју паметних градова, а самим тим и о савременој урбаној и архитектонској пракси, која је активно усмерена на ЕЕ и изградњу еколошки прихватљивих зграда. Подаци о законским регулативама, прописима и протоколима у свету, земљама Европске Уније, као и у Србији, усмераваће ка мерама које би требало спровести у нашој земљи.

Математичке методе вишекритеријумског одлучивања, које ће се користити, су алат у процесу одлучивања. У дисертацији ће бити приказани резултати рангирања применом

метода: аналитички хијерархијски процес и фази аналитички хијерархијски процес. Како би се указало на значај нових технологија и енергетски развој у формирању паметних градова, дефинисана је одговарајућа методологија истраживања кроз препознавање и издвајање индикатора који су кључни за концепт развоја напредне инфраструктуре града. За налажење оптималног решења рангиран је и анализиран скуп критеријума и подкритеријума којима се може развити одговарајући модел за израду ОИЕ пројеката и предложене су мере у циљу енергетске ефикасности и одрживог развоја града. У оквиру студије случаја, анализом индикатора који утичу на развој мрежне инфраструктуре градова у Србији са аспекта примене ОИЕ, уведених на основу оцена стручњака, доћи ћемо до издвајања приоритетних индикатора за које ће бити предложене конкретне мере.

У оквиру фазе планирања, изградње и одржавања инфраструктуре паметног града размотремо следеће критеријуме: градску мрежу, зграде, соларну енергију, животну средину, експлоатацију воде и одлагање отпада. У овом делу дисертације рангираћемо критеријуме и подкритеријуме који утичу на избор приоритетних индикатора у оквиру поменуте група критеријума. Истраживање се заснива на могућностима унапређења инфраструктуре увођењем соларних система у односу на климатско подручје.

Резултати анализе кључних индикатора перформанси нам указују на могућност смањења потрошње енергије, пројектима нових ЕЕ зграда али и енергетским санацијама постојећих зграда. Методологија истраживања по питањима одрживости, енергетске ефикасности и мера за примену нових технологија на тржишту даје предност перспективама фотонапонских панела код постојећих зграда. На крају дисертације у додатку, приказан је пример добре праксе производње електричне енергије из фотонапонских система у СТШ „Михајло Пупин“ – Кула.

За разлику од развијених земаља, код којих је успешна трансформација постојећих у паметне урбане целине у Србији се тек граде оптималне околности како би се идеја о формирању паметних градова уопште зачала. Наше истраживање се заснива на могућностима унапређења инфраструктуре увођењем релевантних елемената развоја са еколошких и технолошког аспеката, односно одрживих система који су део тога.

1.2. Хипотезе, циљ и методе истраживања

1.2.1 Хипотезе

Хипотетички оквир се састоји од опште и посебне хипотезе. Претпоставка је да је метода вишекритеријумске анализе применљива у избору индикатора за развој пројеката ОИЕ у циљу унапређења енергетску ефикасности и одрживог развоја.

Општа хипотеза у дисертацији од које се кренуло у истраживање је: „Развој ОИЕ пројеката у Србији унапређује енергетску ефикасности и омогућује одрживи развој региона“.

Посебне хипотезе произилазе из опште: „Увођење савремених технологија унапређење инфраструктуру града са аспекта уштеде енергије, заштите околине и развијање свести у образовном систему“.

Појединачне хипотезе које су коришћене у дисертацији су:

1. Потребе растуће популације становништва у градовима, постају све веће, па се морају предузети мере за уштеду енергију и одржавање здраве животне средину како би се избегле катастрофалне климатске промене.

2. Значајан однос економских, финансијских и политичких фактора током времена и социјалних и културних трошкова указују на потребу одређивања приоритетних индикатора перформансе пројекта ОИЕ.

3. ОИЕ и ИКТ су препознати као важни сегменти будућег развоја паметних градова па сходно томе, потребна су већа улагања у развијање свести и едукацију становништва поготову у образовном систему.

4. Приоритетни и доминантни фактори унапређеју перформансе архитектонских објеката, узимајући у обзир аспект енергетске ефикасности и утицај на животну средину, уз одговарајућу економску исплативост.

1.2.2 Циљ истраживања

На основу анализе постојеће ситуације, поставићемо критеријуме за израду ОИЕ пројеката за унапређивање енергетске ефикасности и одрживог развоја у Србији. На даље се надовезују истраживања која имају за циљ енергетски функционалну платформу града, кроз коју се дефинишу мере за унапређење његове инфраструктуре, са аспекта планирања мреже, заштите околине, уштеде енергије и предлажу правце реализације истих. Пратећа компонента је развијање свести у образовном систему кроз мере едукације младих.

Енергетски сектор у Србији карактерише ниска ЕЕ, старе технологије, низак ниво инвестиција, низак удео нових технологија и нерационална потрошња енергије. Смањење потрошње необновљивих извора енергије коришћењем ОИЕ омогућиће даљи развој напредних градова, уз уштеду енергије и побољшања квалитета живота. У раду имплементацију нових технологија можемо пратити из различитих праваца у зависности од постојећих потреба и избора локалне заједнице, климатских услова, економске ситуације и владине политике. Овакав приступ може бити од користи доносиоцима одлука за изградњу модела пројекта као и развој свести и едукацију становништва поготову младих у образовном систему.

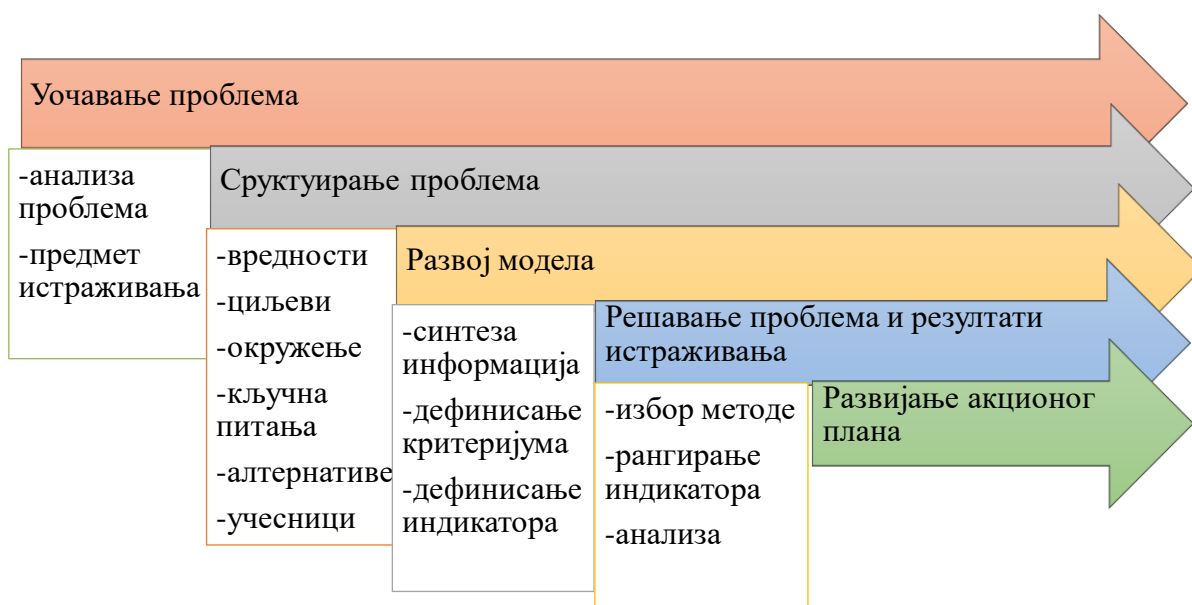
Смањење потрошње енергије и емисија CO₂, развој и имплементација одрживих грађевинских технологија, система и материјала за нове и постојеће зграде, биће кључни у решавању изазова преласка на зграде готово нулте потрошње енергије. Циљ истраживања тежи ефикасном коришћењу енергије уз примену мера за смањење потрошње енергије, квалитетнијем боравку у зградама, смањењу трошкова одржавања и продужењу века истих, одлагању и искористивости отпада за одрживи развој. У националним акционим плановима енергетска ефикасност је у центру пажње и предмет је бројних истраживачко-развијних, демонстрационих, стратешких, регулаторно-финансијско-подстицајних програма, израде правилника и стандарда. Имплементација ОИЕ пројеката, као део напредне градске инфраструктуре, представља императив за смањење климатских промена, биће обезбеђена рангирањем фактора окружења, организационо-управљачке структуре и индикатора квалитета у Србији. Интеграцијом ИКТ-а биће омогућена стална процена свих система који су део јединственог глобалног концепта паметног града. За случај примене соларних система у Србији је све мања разлика у инвестиционој вредности, а све већа енергетска ефикасност.

1.2.3 Примена метода истраживања

Током научног и истраживачког рада, биће испуњени основни методолошки захтеви – објективност, поузданост, општост и систематичност.

У оквиру изабране проблематике, дефинисаних циљева истраживања и постављених научних хипотеза, анализама се долази до научних и стручних закључака и изналажења могућих решења. Дисертација ће садржати научно-теоријска сазнања, вишекритеријумске методе одлучивања и нумеричке резултате, релевантну литературу и савремену праксу, односно оцене експерата.

Сакупљени подаци и резултати истраживања из области ОИЕ из докторских дисертација и научних публикација и извештаја биће представљени у анализи ситуације у свету, земаљама Европе и у Србији. Ови резултати биће употребљени у циљу дефинисања правца истраживања и развоја ОИЕ пројеката у Србији.



Слика 1. Етапе тока истраживања у дисертацији

Применом математичких метода АХП (аналитички хијерархијски процес) и ФАХП (фази аналитички хијерархијски процес), рангираће се критеријуми, подкритеријуми и индикатори концепта пројекта ОИЕ. Тема даје могућност развоја енергетске платформе са аспекта планирања мреже, увођења савремених технологија, примене соларних система и ниским емисијама гасова у Србији. Због доступности соларне енергије и нових

технологија соларних система, наведене су мере која које се могу предузети за израду или адаптацију енергетски функционалних елемената инфраструктуре.

Математичким методама се омогућава, доносиоцима одлуке да са аспекта енергетске ефикасности и утицаја на животну средину, рангирају индикаторе у циљу проналажења оптималног решења, код постојеће и новопројектоване инфраструктуре града. Кроз овакав приступ биће анализиран већи број критеријума и подкритеријума кроз модел израде ОИЕ пројеката и студију случаја примену соларних система како би се повећао степен енергетске ефикасности зграда.

На крају дисертације, на основу анализе остварених резултата, предложене су активности и мере за развијање акционог плана у овој области у Србији.

1.3 Очекивани научни допринос

Истраживања нам указују да, употребом сазнања и искуства развијених земља у области ОИЕ, Србија може остварити значајане резултате у правцу нових технологија и коришћења потенцијала соларне енергије, а у циљу прилагођавања глобалним променама.

Бројни резултати истраживања спроведених у развијеним европским земљама су употребљени као полазна основа за истраживање које је спроведено и изнето у овој дисертацији. Одрживи капацитети обновљиве енергије су важан подстицај за методологију истраживања која рангира критеријуме и даје кључне индикаторе пројекта ОИЕ. Развој производње обновљиве енергије допринће решавању многих краткорочних изазова с којима се Србија суочава.

У оквиру теме се први пут објављују добијени резултати вишекритеријумске анализе за израду ОИЕ пројеката и енергетски функционалну платформу која треба да буде приступачна основа за управљање урбаном средином. На основу приоритета добијених рангирањем индикатора, предлажићемо мере које се имплементирају у модел енергетске платформе за инфраструктуру паметног града. Подаци који могу бити корисни, а односе се на практичне проблеме планирање мреже, изградња/надogradња објеката, савремене технологије, климатске промене и ниске емисије, управљањем водом и отпадом.

У циљу проналажења најбољег решења за повећање енергетске ефикасности зграда, први пут се објављују и резултати рангирање одговарајућих индикатора, те се предложена

метода може успешно применити у процесу доношења одлука везаних за опоравак енергије и реконструкцију постојећих архитектонских објеката. Заједно са националним стручњацима развијамо сценарије у правцу нових технологија и коришћења потенцијала соларне енергије. Истраживање показује да примена кровних фотонапонских соларних панела значајно доприноси побољшању енергетске ефикасности код постојећих зграда. Енергетски функционална зграда интегрисаног соларног система, односно фотонапонских панела је урађена кроз студију случаја. у Средњој техничкој школи „Михајло Пупин“ – Кула у Србији.

Тема је актуелна, а допринос предложеног истраживања је у уочавању значаја ОИЕ и примене соларне енергије која би према последњим предвиђањима до 2050. године могла да постане доминантан извор енергије и потреба савременог друштва за заштитом околине.

У складу са предметом и циљем теме, као и методологијом истраживања, очекује се да ће резултати дати допринос развоју Србије у области примене ОИЕ, јер се потписивање врло значајних регулатива и протокола тек очекује. Предложени методи могу се са успехом применити код доношењу одлука у развоју ОИЕ пројеката, у области урбаног развоја и развијању еколошке свести. Резултати студије пружају информације које се могу користити за развој методологије коју локалне и републичке власти могу пратити приликом одређивања критеријума напредне градске логистике. Очекује се да ће се анализирани резултати користити за даља истраживања.

Будућност већине становништва је извесно урбана - 70% ће живети у градовима до 2050. – али је неизвесно како ће изгледати град сутрашњице. Од суштинске важности је рана сарадња свих заинтересованих страна из индустрије, владе, регулаторних тела, урбаниста, истраживачких компанија и грађанског друштва. Снабдевање енергије у свету је најразличитије, при чему ОИЕ имају највећи раст, а смањивање утицаја климатских промена захтева значајну смањену емисију на глобалном нивоу. Земље у развоју повећавају ниво потражње за енергијом, а развијене економије остају на истом нивоу.

У свету, потрошња енергије има место од посебног значаја, поготово када је реч о земљама у развоју, зато избор најбоље енергетске опције представља комплексну функцију више променљивих и представља вишекритеријумски проблем одлучивања. Ова дисертација је укључивала изградњу модела доношења одлука како би се оптимизовала потрошњу енергије у појединим регионима. Дисертација је испитала увођење ОИЕ као и избор најпогоднијег извора енергије у појединим регионима Србије на основу низа критеријума и подкритеријума који су били подвргнути пондерисању од стране експерата. Разматране енергетске опције биле су ограничене на урбану инфраструктуру и соларну енергију. Алат познат као Аналитички хијерархијски процес (АХП) заједно са

придруженим програмским пакетом примењен је у изради модела и доношењу закључака. Налази студије су показали да под нормалним превладавајућим условима, фотонапонски панели представљају оптималан избор извора енергије у Србији. Студија је показала да је АХП као снажан алат за анализу довео до веома конзистентне процене и прилично поуздане одлуке.

2. ИСТРАЖИВАЊА И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Заустављање климатских промена је тренутно најозбиљнији глобални проблем, у чијем решавању би требало учествују како развијене земље тако и земље у развоју. Према светској статистици, становништво које живи у градовима постаје све бројније, па би требало предузети мере за задовољење растућих потреба за одржавање здравог животног окружења и ублажавање климатских промена [1]. Уз сагоревање фосилних горива која емитују CO₂ и осталих гасова стаклене баште, развој градова је у директној је супротности са њиховим одрживим развојем и могућности да допринесу очувању Планете [2]. Све већа потреба за рационализацијом потрошње електричне енергије и побољшањем економије, као и велика мобилност на нивоу градова код нас и у свету, значајно повећава зависност управљања енергијом од њеног утицаја на климатске промене. Сада већ опште прихваћен став, да је одржив развој града једина опција, поткрепљују бројне студије које се баве узрочно – последичним односом између енергије и окружења [3].

Четири најважнија спољна фактора окружења у опадајућем редоследу укључују питања становништва, климатске услове, економску ситуацију и владину политику [4]. Градови су у средишту сваке стратегије урбаног развоја јер се посматрају кроз динамичке системе интеракције људи, институција, ресурса и процеса. Данас 55% светске популације живи у урбаним срединама, а процене су да ће до 2050. године живети преко 68% светске популације, при чему се близу 90% тог повећања односи на Азију и Африку [5].

Велики број градова у развијеним земљама имају погодност и средства за пружање услуга које побољшавају квалитет живота. Стокхолм, Париз, Барселона, Лондон, Сингапур и Копенхаген само су неке од метропола које се могу класификовати као паметни градови [6]. УН су забележиле да је 2010. било 1551 град широм света. До 2030. године очекује се да ће тај број премашити 2.000, уз стални раст до 2050. године [7].

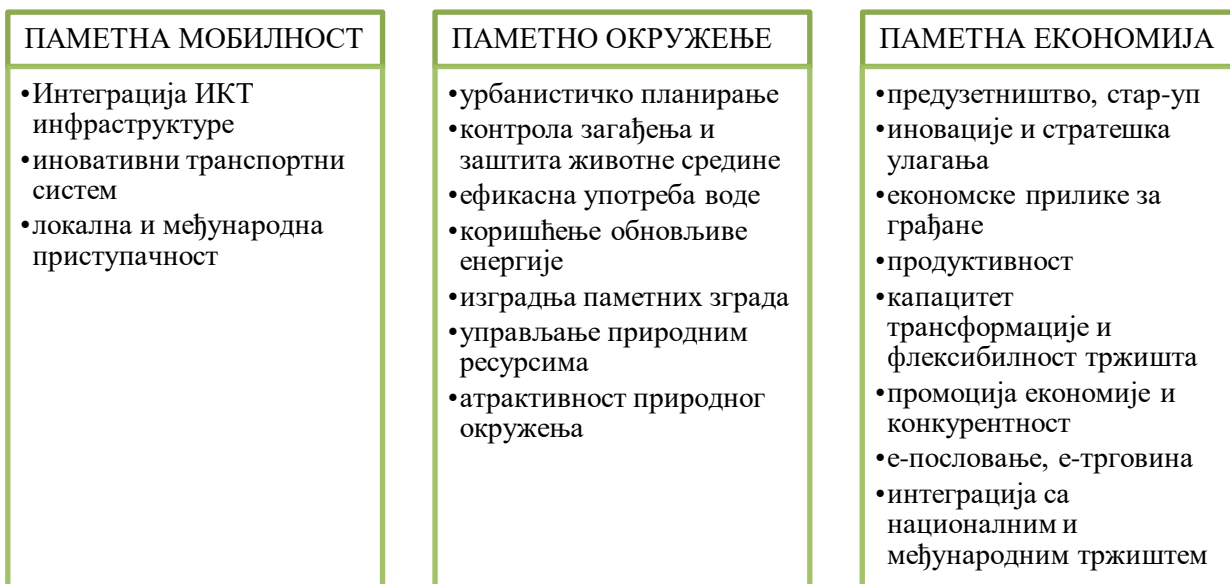
Заустављање климатских промена на нивоу градова представља стратешку прилику за развијање интегрисаног приступа концепту паметног града као и прилику за улагање у савремену инфраструктуру, друштвени развој и управљање околином. Урбани градови теже да стекну ознаку паметног града као икону интелигентног, компактног и услужног

града [8]. Међутим, ознака паметног града је нејасан појам, јер дефиниција и концепт немају нити једну дефиницију предлога оквира, нити заједничку дефиницију која би одговарала развоју паметног града [9]. Дефиниција паметног града и концептуални оквир зависе од системске инфраструктуре на којој ће се примењивати овај модел [10].

Град би требало да се развија као паметан, успешном стратегијом кроз нове технологије и технолошке иновације у правцу повећања квалитета живота и побољшања еколошких аспеката [11]. За 75% укупне потрошње енергије у свету су одговорни градови, па се сматрају главним емитерима гасова стаклене баште, највећим загађивачима воде, земљишта и ваздуха, као и највећим потрошачима конвенционалних необновљивих ресурса. Паметан град је визија будућности урбаног развоја коју сваки град, понаособ, развија за себе. Градови, попут Париза, Копенхагена, Берлина, Амстердама, Лондона и Барселоне, активно примењују паметна технолошка решења за побољшање јавних и личних услуга [12].

Стално праћење индикатора економског, социјалног, политичког и еколошког развоја, је суштина одрживог развоја сваког града који жели да постане "паметан" У Србији не постоје паметни градови у правом смислу те речи, а постоје предлози за могућност паметног развоја кроз Национални акциони план [13]. Синтеза информација и услуга се разматра у оквиру локалног, регионалног или националног нивоа у циљу повећања степена одрживог развоја [14]. У данашње време, тренд паметних градовима представља потпуно нови изазов у правцу побољшања њихове конкурентности. Упркос различитим визијама, постоји заједнички циљ који води ка развијању паметне урбане инфраструктуре, чија се полазна основа разматра кроз концепт, приказан на слици 2.1.

ПАМЕТНО УПРАВЉАЊЕ	ПАМЕТНО ГРАЂАНСТВО	ПАМЕТНО ЖИВЉЕЊЕ
<ul style="list-style-type: none"> • стратегије и перспективе • партиципација грађана • приступ услугама и е-управа • транспарентност и отворени подаци 	<ul style="list-style-type: none"> • учешће у заједници • свесност • висок степен квалификације • е-учење и целоживотно учење • креативност, флексибилност, отвореност • социјална и етничка разноликост 	<ul style="list-style-type: none"> • сигурност • приступачан стан • комуналије, инфраструктура • здравствене услуге • Образовање и обука • социјална интеграција и рекреација • култура и туризам



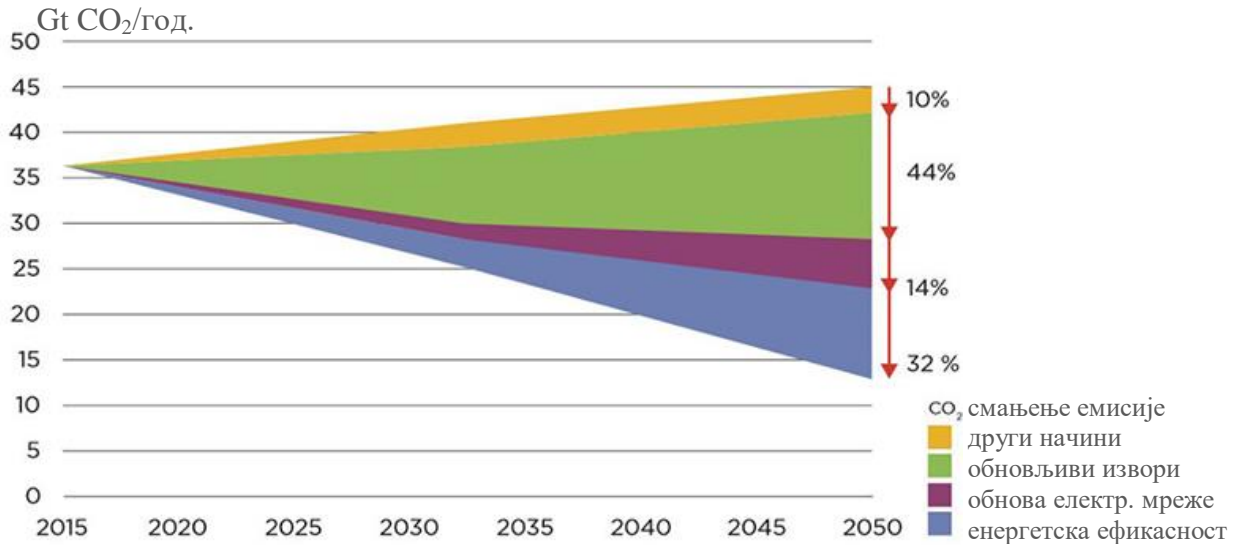
Слика 2.1 Концепт паметног града

Унутар сваке групе критеријуми наведени су индикатори који се најчешће јављају у сличним анализама концепта паметног града [15].

Уочено је, и кроз бројна истраживања доказано, да између климатских промена и енергије постоји сложен двосмеран однос. Намеће се питање модерним градским властима, планерима и комуналним предузећима: на који начин би требало да се енергетска инфраструктура развија, како би подржавала економски раст и висок стандард. У градовима се отварају нове могућности увођењем иновативних технологија у циљу ефикасног управљања ресурсима. Они су покретачи економског развоја, центри културе, науке и образовања [16].

Пратећи развој и користећи знања из других наука и привредних делатности, енергија може да постане „зеленија“. У неким развијеним земљама света се овоме посвећује велика пажња. На слици 2.2 је представљен модел промоције ОИЕ и енергетске ефикасности у Г20 земљама али и широм света који може допринети смањењу емисија, како би се пораст глобалне температуре задржао испод 2°C, избегавајући на тај начин најсуровије ефекте климатских промена.

Прелазак на енергетски ефикасне изворе који смањују емисију CO₂ у атмосферу, захтева лидерство, партнерски однос између владе и индустрије, одлучну и координирану акцију свих актера у енергетском сектору, праћење резултата будућих истраживања, инвестициона улагања у нове технологије, али и повећање опште свести локалног становништва.



Слика 2.2 Укупна емисија CO₂ за све секторе [17]

Усвајање новог енергетског закона, усклађивање законодавства Србије са енергетским пакетом ЕУ, са решењима о уштеди енергије, може показати разуман одговор на климатске промене и играти водећу улогу подржавајући енергетску одрживост градова [18]. Примена одрживих енергетских система један је од главних циљева енергетске политике Европске уније (ЕУ) која има за циљ промовисање сигурних снабдевања енергијом висококвалитетним услугама и високим комфорним окружењем [19].

Развој енергетског сектора мора бити друштвено подношљив тј. могуће изненадне промене на енергетском тржишту не би требало да имају озбиљан друштвени утицај на већину становништва. Сматра се да у области климатских промена политика може бити успешна само ако је конципирана да води рачуна о економским и социјалним стварностима, као и циљевима [20].

Тренутно је мање него што је потребно правних и стратешких докумената у Србији у области енергетике везано за климатске промене. Иако је питање климатског оквира и даље велико као раније, утицај енергетских субвенција расте с повећањем продирања чисте енергије. Употреба застарелих технологија и фосилних горива, као што су конвенционални извори енергије, подразумева ниску ефикасност и висок степен загађења у урбаним срединама. У Србији се ствара потреба за анализом индикатора који утичу на развој инфраструктуре градских мрежа са аспекта примене ОИЕ [21].

Најважнији документи које треба усвојити и спровести су свеобухватна стратегија и акциони план, који се тичу енергетских промена. Поред тога, Србија мора да створи правни оквир за разматрање циљева ових промена у оквиру секторске политике. Међутим, тренутни административни и извршни капацитети у вези са енергетским променама нису

довољно развијени у Србији. Постоји одређена база знања, али је ограничена и неорганизована. План развоја за мале емисије гасова са ефектом стаклене баште је у фази припреме. Треба узети у обзир могућности које даје динамички развој енергетског сектора у смислу рационалне расподеле трошкова, првенствено на регионалном нивоу. Кључне позитивне социјалне последице таквог развоја енергетског сектора укључиваће запосленост, повећање животног стандарда, побољшање статуса људских права и побољшање могућности коришћења јавних добара [22]. Нова технолошка решења која се заснивају на подстицају тржишта би требало гарантовати да ће сектор обновљиве енергије водити ка успешном решавању глобалних климатских проблема и бити друштвено одржив [23]. Србија би требало да развије концепт паметног града у складу са развијеним земљама. ОИЕ и ИКТ су препознати као важни сегменти будућег развоја паметних градова.

2.1 Пројекти обновљивих извора енергије, енергетска ефикасност и одрживи развој

Преглед резултата стотина пројеката Светске банке указује да успех или неуспех често зависи од фактора у општем окружењу изван контроле руководиоца пројекта. У теорији управљања пројектима, окружење може да омета процес реализације плана, јер што је мање предвидљиво окружење, више је могућих утицаја који се морају узети у обзир приликом развоја концепта ОИЕ пројеката [24].

Као што је већ напоменуто, због ограничене количине фосилних горива и њихових утицаја на животну средину, постоји већи интерес за коришћење ОИЕ и развоја нових технологија за повећање њихове ефикасности. Досадашња истраживања показала су да постоји потреба за развијањем одговарајућих алата и техника за управљање пројектима, прилагођених животној средини земаља у развоју.

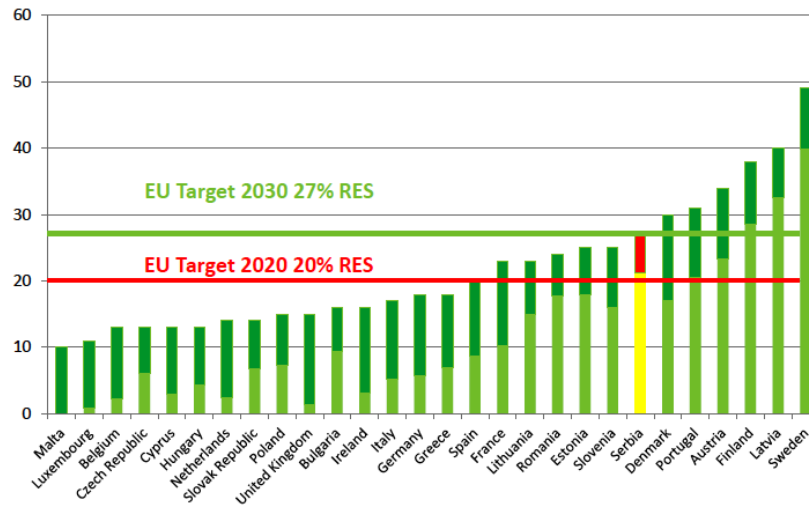
Потреба за преласком са угља на обновљиву енергију апсолутна је потреба, али важно је и преиспитати који су извори заиста доступни, обновљиви и засновани на енергетској ефикасности [25]. Као резултат тога, коришћење ОИЕ као што су соларна енергија, енергија ветра, енергија биомасе, геотермална енергија, хидроенергија и когенерисана енергија, су у порасту [26].

Србија има велику количину обновљиве енергије, али њен највећи потенцијал је у биомаси која чини 61% укупне обновљиве енергије. Енергија ветра процењује се на 2,3 милијарде kWh годишње, што је 7% годишње производње електричне енергије [27]. Штавише, Србија има значајан хидропотенцијал који се процењује на 25 TWh годишње, а од којих се 17,5 TWh годишње признаје као економски одрживо за коришћење. На основу тренутно расположивих капацитета електроенергетског система Републике Србије за обезбеђивање терцијарних резерви, усвојено је да је максимални технички употребљиви капацитет соларних електрана 450 MW, тј. њихов технички употребљиви потенцијал је 540 GWh / годишње (0,046 милиона тона еквивалента нафте годишње). Србија би до краја 2020. године требала да постигне циљ да извуче 27% своје укупне крајње потрошње енергије из обновљивих извора, а требало би да се направе електране из обновљивих извора укупног капацитета 1,058 MW. Према Националном акционом плану за обновљиву енергију, планови за будућу поделу енергије укључују 36% обновљиве енергије, 30% грејања и хлађења и 10% транспорта [28]. Важно је истаћи да имплементација енергетске ефикасности има значајан утицај на достизање циљева одрживости.

У току преговора о приступању са Европском унијом (ЕУ), Србија је дужна да пренесе законодавство ЕУ у национални законодавни систем, што ће имати значајан утицај на његову енергетску, животну средину, економску и социјалну политику [29]. Укупни циљ ЕУ је 20% удела енергије из ОИЕ у крајњој потрошњи енергије у 2020. години, како је утврђено у пакету ЕУ о енергетским и климатским променама [30]. Изричито, Влада Србије спроводи свој Национални акциони план за обновљиве изворе енергије с циљем да достигне 27% удела у бруто крајњој потрошњи енергије до 2020. године [31]. До 2030., Употреба пројектоване енергије требало би да се смањи развојем ОИЕ, при чему је избегавање "технологије закључавања" од највећег значаја, јер није компатибилно са циљем декарбонизације [32].

Улазак у ЕУ и усвајање законских норми ЕУ у будућности - посебно она која се односе на енергију и животну средину - биће главни покретачи за смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште у енергетском сектору Србије. Све будуће међународне прилике и обавезе имаће знатно мањи утицај, услед одлагања у међународним преговорима. Одлуке које ће бити донесене у енергетском сектору у блиској будућности могу довести до потенцијално високих трошкова током дужег периода, као што је то случај са угљеником [33]. Из тог разлога, важно је створити стратешки оквир за енергетску политику у Србији који ће адекватно узети у обзир питања климатских промена и заштите животне средине.

Обавезе које су Србија и државе чланице Европске уније (ЕУ) преузеле за ОИЕ приказана је на слици 2.1.



Слика 2.1 Обавезе за обновљиве изворе енергије (ОИЕ): поређење% ОИЕ Србије са државама чланицама Европске уније (ЕУ) [33].

Данас, у Србији, већина градског становништва живи у средњим градовима, који броје између 100 000 и 500 000 становника, па би их требало видети као највећи потенцијал формирања будућих паметних градова, због чега би савремени урбанистички планови били фокусирани на њих [34].

Перформансе међународних грађевинских пројеката имају факторе сложених и динамичких система за разлику од домаћих пројеката, који су често је изложени спољним факторима неизвесности, као што су политички, економски, институционални, социјални и културни ризици и унутрашњим опасностима од оквира пројекта [35]. Међутим, за развој пројекта ОИЕ захтева се технологија изградње и ресурса развијених земаља.[36].

Последице нерационалне употребе конвенционалних необновљивих извора енергије и неадекватног управљања енергијом и материјалима, у последњим деценијама XX века, довело је до освешћивања становништва кроз низ политичких, економских и технолошких активности намењених реструктурирању неодрживог процеса изградње и експлоатације зграда, одговорних за највећи удео у укупној потрошњи енергије у свету [37]. Развој обновљивих извора енергије у Србији требало би да представља начин да се задовољи растућа потражња за енергијом и да се обезбеди одрживо тржиште енергетске технологије.

2.1.1 Пројекти обновљивих извора енергије: потенцијали Нишавског округа

У временима кризе и опште економске несигурности, подизање нивоа одрживог развоја и енергетске ефикасности кроз обновљиве изворе енергије је битан фактор за дугорочност успешног пословања и стварање конкурентне предности компанија у концепту пројеката. Примена обновљивих извора добија све већи значај, поготову коришћењем ресурса доступних на сопственој територији. За производњу струје из геотермалних извора температуре морају бити 100°C , док је температура воде геотермалних извора у Србији најчешће у опсегу до 40°C . Геотермалне воде се користе у Нишкој Бањи за балнеотерапију и за грејање једног хотела помоћу топлотне пумпе. Геотермалне воде Островице у Сићевачкој клисури имају температуру 22°C и издашност око 10 l/s [38]. Њихов квалитет је добар тако да се могу користити као вода за флаширање. У долини Топоничке реке налазе се Кравље и Миљковац. На локалитету Кравље количина воде је 10 l/s , а температура 30°C . На локалитету Миљковац налазе се геотермални извори са температуром воде 36°C . Квалитет ове воде је веома сличан квалитету геотермалних вода Нишке Бање. Према нашој оцени, на овој локацији је могућа експлоатација геотермалне воде у количини од 50 l/s са температуром $40\text{-}45^{\circ}\text{C}$. На локацији Јелашница се може експлоатисати око 5 l/s минералне воде ретког хемијског састава са температуром око 20°C . Подручје Суве планине и карстни терени северно од Нишке Бање су у еколошком погледу доброг квалитета, односно нису насељени и имају повољне хидрогеолошке карактеристике. Наиме, из геотермалне воде се прво може извући геотермална топлотна енергија, а затим се охлађена, иста вода може флаширати.

Потенцијал малих водотокова, на којима се могу градити мале хидроелектране, износи око 0.4 милиона тен или 3% од укупног потенцијала обновљивих извора у Србији. Природни извори вода Нишке Бање имају температуру од $35\text{-}40^{\circ}\text{C}$ и издашност око 100 l/s . Мале хидроелектране, односно енергетски објекти које се могу изградити су снаге до 10 мегавата и спадају у категорију повлашћених произвођача енергије; могу бити и веће у зависности од падавина. Из водоносних алувијалних пескова и шљункова реке Нишаве непосредно изнад Ниша, данас се захвата 600 l/s воде која се после предtretмана (коагулација, флокулација, фитрација), наравно хлорисањем, добија квалитетна вода за пиће [39].

Требало би имати у виду да је потребно да ветар дува најмање 2800 сати годишње просечном брзином од преко 6 m/s (једна година има 8760 сати), да би се одређена локација

узела у обзир за изградњу ветропарка. У источним деловима Србије постоје места где је средња брзина ветра преко 6 m/s и то су: Стара Планина, Власина, Озрен, Ртањ, Дели Јован, Црни Врх. Како област заузима око 2000 km^2 , у будућности би се могло изградити око 2000 MW инсталиране снаге ветрогенератора. Само локација врха старе планине Миџор, са годишњим просеком од 7.6 m/s имала би степен искоришћења око 28% [40]. На југу Србије у великој мери је заступљена шумска, односно дрвна биомаса, а на северу пољопривредна биомаса попут сламе, кукурузовине, грања и коштица. У Србији се као сировина за производњу биодизела могу користити уљарице - сунцокрет, соја и уљана репица, и отпадна јестива уља.

Просечан интензитет сунчевог зрачења на територији Србије је од 1.1 киловат-сати по квадратном метру на дан ($\text{kWh/m}^2/\text{дан}$) на северу до $1,7\text{ kWh/m}^2/\text{дан}$ током јануара, а од $5,9$ до $6,6\text{ kWh/m}^2/\text{дан}$ током јула. На годишњем нивоу, просечна годишња вредност енергије зрачења за територију Србије износи од $1.200\text{ kWh/m}^2/\text{год.}$ у северозападној Србији до $1.550\text{ kWh/m}^2/\text{год.}$ у југоисточној Србији, док у централном делу износи око $1.400\text{ kWh/m}^2/\text{год.}$ Ако се узме у обзир чињеница да су ОИЕ конкурентни трошковима у поређењу с конвенционалним изворима електричне енергије, може се закључити да они нуде снабдевање са најнижим ценама. Фид-ин тарифа за соларну енергију, у Србији, износи од $16,25$ до $22,66$ евроценти по киловат-часу, зависно од величине соларне електране [41].

Постоји интересовање за различите инсталисане снаге и технологије ОИЕ али највеће је за системе мале снаге и то: мале хидроелектране, биогаз и соларне електране.

Имплементација ОИЕ, у великој мери ће зависити од успостављања реалних и достижних циљева који садрже временски распоред остваривања и који су специфични и јасно изражени од одређивања главних организација одговорних за остваривање циљева и њихове међусобне сарадње, правилне, ефикасне и правовремене примене планираних програма активности до сталног праћења оствареног напретка и интерног и екстерног извештавања о резултатима постигнутим у остваривању постављених циљева [42].

У Нишавском округу, компаније које граде, модификују и одржавају различите објекте кроз имплементацију ОИЕ, слабо су интегрисане на локалном нивоу. Планирање одрживости са ниском емисијом штетних гасова још увек је у раној фази развоја на југу Србије.

2.2 Нове технологије као важан сегмент будућег развоја градова

Покушаји да се достигне одрживи урбани развој постали су, последњих година, део концепта паметног града. Концепт паметни град настао је као идеја за побољшање живота људи у граду коришћењем напредне технологије и намеће се као решење изазова које представља процес урбанизације [43,44]. Развој информационих и комуникационих технологија (ИКТ) у многоме је већ побољшао живот људи и променио начин на који раде, образују се, купују и проводе своје слободно време [45]. Употреба корисничких уређаја, интернета, паметних телефона и апликација омогућава грађанима да добију жељене информације и да на једноставан и брз начин комуницирају с другима. Концепт паметног града произлази из тежње ка примени ИКТ-а у свим компонентама града као што су транспорт, енергија, инфраструктура и објекти, култура, забава, а све у циљу побољшања квалитета, бржег реаговања на промене и превазилажења проблема [46].

Пошто је потреба за стандардизацијом посебно драгоцено и јасно управљање у вези са пројектима везаним за овај концепт, истраживање се ослања на компоненте дефинисане 2007. године, када је за концепт паметног града постављено шест критеријума: паметно управљање, паметни грађани, паметна економија, паметна мобилност, паметан живот и паметно окружење [47]. Циљ је рангирати кључне индикаторе применом АХП математичке методе и испитати њихов значај и допринос развоју града у будућности, као и усвојити мере за развој паметног и одрживог града са аспекта примене ИКТ-а.

ИКТ унапређује урбану инфраструктуру, укључујући постављање сензора за прикупљање података ради пружања информација у реалном времену за управљање ресурсима и контролу јавне безбедности [48]. Употреба базе за велику количину података омогућава нам да сагледамо све аспекте сложеног проблема у циљу његовог решавања. Применом електронске платформе и IoT, данас је могуће сагледати постојећи проблем из више перспектива, узимајући их све у обзир. Трендови који су оцењени као најрелевантнији су IoT, 5G, велика база података и „сервиси у облаку“ [49]. Концепт паметног града резултат је идеја за коришћење напредних информационих и комуникационих технологија (ИКТ) за побољшање стандарда живота људи у граду и изазов за решење процеса урбанизације [50]. На основу литературе, студија и стручних радова, који се баве моделом „паметног града“, показали смо да би методологија требало

да процени utицај одрживости различитих IoT решења која ће се користити у урбаној средини као на слици 2.2.1.



Слика 2.2.1 Имплементација IoT решења за паметне градове [51]

IoT се односи на употребу сензора, уређаја који снимају различите врсте података, као што су топлота, светлост, брзина и тежина - и бежичних комуникација за различите врсте уређаја. Коришћење и повезивање мноштва сензора креира велику базу података, која омогућава детаљну анализу окружења континуирано и/или у реалном времену. Информације би биле вишенаменске, како за оптимизацију урбане инфраструктуре тако и за ефикасније коришћење сопствених ресурса. Како једни IoT сервиси постављају захтеве за капацитетом, други за приступ, важно је имати инфраструктуру која може да управља и једним и другим. IoT подаци долазе из различитих извора, до места где се чувају, анализирају и обрађују, формирајући одговарајуће информације, које касније утичу на стварне процесе у граду [51]. Дакле, пасивно или активно укључивање грађана пружа сталан проток информација, који је један од најважнијих ресурса паметних градова. Развој рачунарства у облаку омогућава виртуелну складиштење и пренос велике количине података.

Употреба сензора је широко распрострањена у градовима који имају епитет *паметан*, а примена ИКТ-а је значајна и у саобраћају. Мобилне апликације често прате кретање људи ради постављања пешачких стаза, атрактивних локација и саобраћаја између одређених делова града, што је посебно важно за сектор урбанизма. Технологија у превозу користи се за информисање путника у аутобусу путем информационе табле или за електронско плаћање путарине. Сензори у граду се све чешће користе за надгледање бесплатних паркинг места да би се смањили загушења и кашњења. Паметна паркиралишта већ су развијена у Берлину, Сплиту, Дубровнику и другим европским градовима. У Лондону је, са друге стране, развијена мобилна апликација City mapper, која указује на најбољу руту за пролазак кроз гужву у саобраћају, а нешто слично примењују и у 40-ак градова широм

света. Градови све више потражују бесплатне вај-фај мреже како би пружили сталну комуникацију са целим светом. У Њујорку постоји говорница за паметне телефоне, на којој су постављени рачунари и везе за приступ вај-фај мрежи. ИКТ се све више примењује у здравству што омогућава праћење здравственог стања пацијената помоћу GPS и ID нарукнице [52]. Због примене паметних технологија у зградарству често говоримо о пројектовању интелигентних зграда које сензорима једноставно регулишу грејање, хлађење, вентилацију, природно и вештачко осветљење. Имајући у виду да људи не користе уређаје у домаћинству на паметан начин, током времена развијени су паметна бројила која мере потрошњу електричне енергије и грађанима пружају савете о уштеди енергије у односу на потрошњу других људи или комшија [53].

Кључна улога ИКТ-а је иницирање одрживих и ефикасних градских услуга. Градови нуде својим грађанима разне услуге, укључујући снабдевање водом и енергијом, управљање саобраћајем, управљање отпадом и бригаа о околини, здравствене услуге, образовање и безбедност. Ефикасност ових услуга може се значајно побољшати применом ИКТ технологије, стварајући нови сет паметних услуга који воде ка побољшаној ефикасности и одрживости свих учесника у процесу трансформације у одрживе паметне градове. Свака заједница треба да процени услуге које град пружа. Искуство показује да примена ИКТ-а може у многим случајевима помоћи код приоритета у релативно кратком року. Могућност побољшања услуга треба искористити за допринос ефикасности градских услуга [54-57].

На паметни град непрестано утичу нови трендови. Као резултат тога, град мора бити флексибилан и прилагодљив како би био у току са брзим развојем. Трендови такође имају директан утицај на специфичне области у паметном граду, где веће количине података, на пример, намећу веће захтеве за складиштењем података и основном комуникацијском инфраструктуром [58].

2.3 Обновљиви извори енергије као важан сегмент будућег развоја градова

Због трошкова заштите животне средине и ограничене понуде фосилних извора енергије, расте забринутост коју би требало ублажити рационалним управљањем

енергетским ресурсима. Ако се узме у обзир чињеница да су ОИЕ конкурентни у односу на конвенционалне изворе енергије, може се закључити да су они решења, која могу да утичу на квалитет живота како појединца тако и читаве заједнице. Између осталог, узрок томе би био отварање нових радних места, реализовање економски ефикасних активности, демократизовање извора енергије и обезбеђивање енергетске независности за широк спектар региона [59]. Технологије, које нам омогућавају коришћење ОИЕ, су сваким даном економски све исплативије и конкурентније на тржишту, што отклања страхове да ће прелазак са фосилних горива угрозити економију држава. Енергетска ефикасност и ОИЕ су два алата уз помоћ којих се у локалној заједници може постићи енергетска одрживост. Тај термин означава задовољавање енергетских потреба, да се притом не нарушава еколошка равнотежа, а цена енергије да је доступна корисницима као и да су друштвени аспекти повољни [60].

Најчешће се користи Гифингерова дефиниција, кроз коју је могуће проценити степен паметности у 70 средњих европских градова [61]. Представљајући Гифингерову димензију паметног града, сама дефиниција омогућава нам да продубимо истраживање у овој области водећи рачуна о компоненти одрживости у окружењу. Шест главних критеријума из Гифингерове поделе су задржани [62], али прилагођени улози и значају ОИЕ у паметном граду кроз индикаторе за оцењивање, приказане у табели 2.3.

Табела 2.3 Концепт паметног града са аспекта ОИЕ

ПАМЕТНО УПРАВЉАЊЕ	ПАМЕТНО ГРАЂАНСТВО	ПАМЕТНА ЕКОНОМИЈА
Софистицирано и вишеслојно управљање	Активно учешће грађана у уштеди енергије	Предузетништво и стратешка улагања
Стратегије управљања и перспективе ОИЕ и нових технологија	Свесност о ограниченом снабдевању фосилним горивима и потребом за ОИЕ	Обезбеђивање фондова потребних за изградњу дистрибутивне мреже
Локална политика која се односи на транспарентност и одрживост	Свесно понашање у диверзификацији и прелаз на обновљиву енергију	Динамичан и прилагођен приступ потрошњи енергије
Одлука власти о ОИЕ пројектима	Примена ОИЕ повећава локалну запосленост	Темељан приступ инвестицијама и технолошким иновацијама

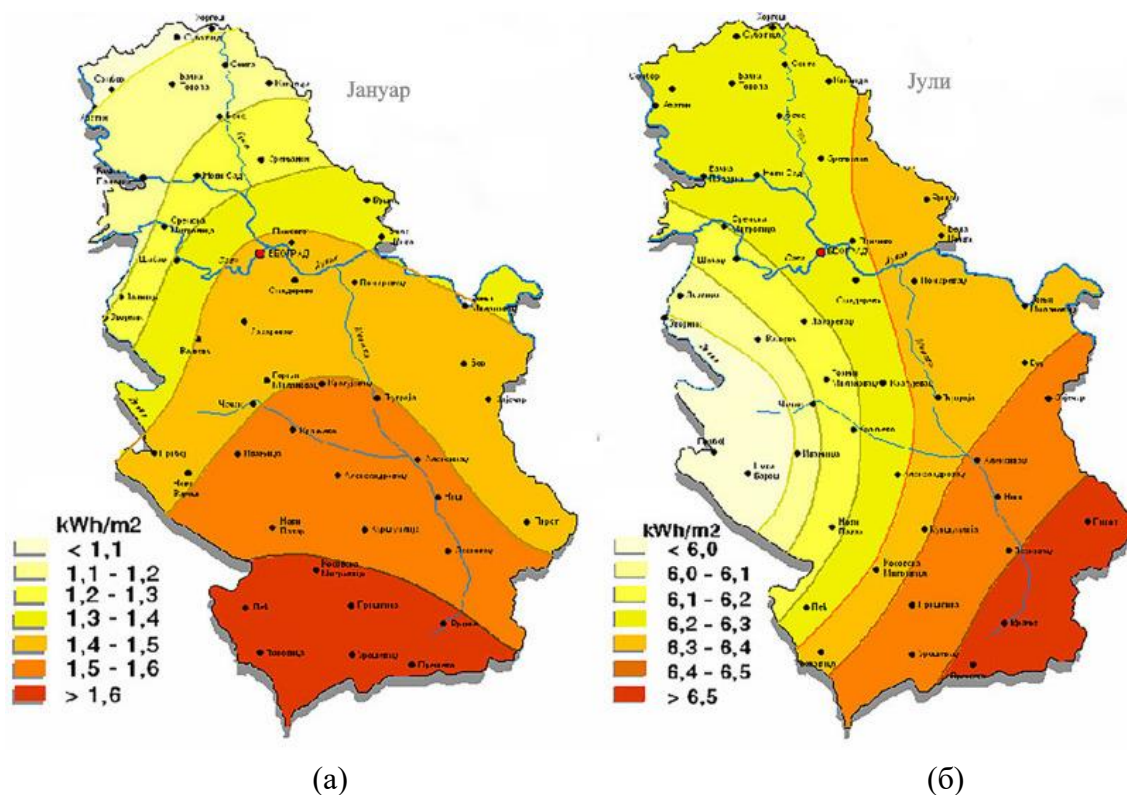
Постојање општинских канцеларија за обновљиву енергију и ЕЕ	Размена података, безбедност и заштита извора, умрежавање и комуникација	Смањење додељених извора топлоте и надокнада за ОИЕ
Обавеза регулаторних тела да користе обновљиве изворе	Флексибилност, креативност и отвореност у имплементацији пројекта ОИЕ	Развој јавних и приватних предузећа
ПАМЕТНО ЖИВЉЕЊЕ	ПАМЕТНО ОКРУЖЕЊЕ	ПАМЕТНА МОБИЛНОСТ
Комуналне услуге, доступност ресурса и инфраструктуре	Уштеда енергије и енергетска ефикасност у зградама	Примена мултифункционалних система управљања саобраћајем
Универзални приступ градским јавним услугама	Минимизирање утицаја на животну средину града	Дигитална иновација и паметан транспортни систем
Повећање квалитета живота услед смањења загађења околине	Употреба ОИЕ и праћење потрошње енергије	Потребно прикупљање података из широко дистрибутивних мрежа сензора
Побољшање животног стандарда културним и јавним манифестацијама	Испуњавање основних архитектонских, еколошких стандарда и стандарда ЕЕ	Развој технологија за возила са ниским емисијама и електрична возила
Доступно становање и комфоран радни простор	Континуиране консултације о потрошњи и очувању енергије.	Мрежна инфраструктура и комуникација кроз центаре и аутоматизованих мрежа
Кохезиван, грађански информационал систем	Управљање водама и отпадом	Изузетно брзе фиксне и бежичне широкопојасне мреже

Србија би требало да испуни свој циљ постављен за 2030. годину, планирањем и применом праве политике и механизма за ОИЕ. Снабдевање енергијом у електроенергетској мрежи, које је организовано на традиционалан начин одоздо према доле, требало би да се носи са децентрализованом производњом обновљиве енергије [63]. Како су прогнозе потрошње енергије могуће на макро нивоу, велике електране би требало да произведу електричну енергију на основу таквих предвиђања. Иако је обновљива енергија у данима развоја у Србији, препознат је њен потенцијал и постоје очекивања да ће се њени капацитети у будућности значајно повећати [64]. Као изазов остаје финансирање ОИЕ и пројекти који се односе на енергетску ефикасност у региону. Ублажавање ризика је важно за спознају креирања нових вредности за инвеститоре, као и ограничење трошкова локалних власти [65]. Данас, планирање енергије нема баш успешно решење у перспективи паметног енергетског система. Недостатак су јасно дефинисани конкретни

услови и смернице за цео енергетски систем, а то води до недостатка одлука на свим нивоима [66]. Технологије које користе Сунчеву енергију постале су конкурентне на већем делу тржишта у Србији.

2.3.1 Соларна енергија као важан сегмент инфраструктуре паметног града

Технологија у развоју стратешких планова се бира на основу доступности локалних извора енергије и опреме, обучених људских ресурса, степена материјалних ресурса и степена искоришћености локалних грађевинских ресурса. У Србији је велика расположивост соларне енергије у већини месеца у години (250 сунчаних дана годишње), када је број соларних сати велики, а зрачење Сунца јако, као што је приказано на слици 2.3.1 [66].



Слика 2.3.1 Уочен потенцијал у југоисточној Србији. Карта дневне просечне глобалне соларне енергије на хоризонталној равни у Србији за месец: (а) јануар, (б) јули [67].

Највећи потенцијал за коришћење соларне енергије је на југу Србије, а градови са највећим потенцијалом су Ниш, Куршумлија и Врање. Међутим, највећи градови у Србији, које има смисла разматрати у правцу развоја паметних градова су приказани у табели 2.3.1.

Табела 2.3.1 Просечна дневна Сунчева енергија kW/m^2 по месецима

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Суботица	1,30	2,10	3,45	5,00	6,15	6,25	6,35	5,85	4,30	2,85	1,40	1,15
Београд	1,40	2,20	3,35	4,85	6,00	6,45	6,75	6,00	4,65	3,05	1,60	1,15
Крагујевац	1,50	2,40	3,35	4,80	5,85	6,10	6,45	5,90	4,85	3,30	1,70	1,30
Ниш	1,75	2,60	3,45	5,00	6,10	6,35	6,70	6,15	5,35	3,45	1,85	1,50
Приштина	1,85	2,90	3,70	5,25	6,30	6,60	6,95	6,30	5,10	3,35	1,90	1,60

Одрживи развој у растућим градовима, посебно у земљама у развоју, подразумева инвестиције у инфраструктуру, реконструкцију и изградњу објеката уз већу ефикасност коришћења електричне енергије и управљање водом и отпадом.

2.4 Постојеће и нове енергетски ефикасне зграде као важан сегмент инфраструктуре паметног града

Имајући у виду да највећи потенцијал за уштеду енергије постоји у зградарству, веома је важно управљање енергијом у урбаним срединама [68]. Стамбени сектор је најопсежнији и данас је превасходни циљ достизање адекватног нивоа енергетске ефикасности и комфора.

Због урбанизације и климатских промена савремена урбана и архитектонска пракса је активно усмерена ка имплементацији принципа енергетске ефикасности, изградњи еколошки прихватљивих зграда и градова, употреби ОИЕ и регенерацији недовољно коришћених и контаминираних локација [69]. Процеси изградње и експлоатације објеката имају велики утицај на животну средину, при чему не само да су одговорни за око 50% укупне потрошње енергије у свету, већ као последицу имају и стварање велике количине отпада и емисију штетних материја у атмосферу [70]. Енергетска ефикасност, један је од

примарних циљева друштва, јер има правац и смер ка његовом одрживом развоју и минимизирању потрошње енергије [71].

Проблеми перформанси у грађевинској индустрији у већини региона у Србији могу се сврстати као: проблеми недостатка или неодговарајуће инфраструктуре у индустрији (проблеми везани за место и снабдевање ресурса), проблеми изазвани клијентима и консултантима, некомпетентним пројектантима и извођачи [72]. Уобичајени проблеми укључују проблеме повезане са лошим управљањем буџета и временом [73]. Главни проблеми се могу се поделити у две групе: (а) нереални циљеви (нпр. планирање) или (б) реални проблеми (током изградње), мада у многим случајевима, разлози за одступање потичу из оба извора [74]. Традиционални системи за мерење перформанси имају проблема због велике и сложене количине информација, које би требале бити доступне доносиоцу одлука. Доносилац одлуке такође би требао бити у стању да разуме, организује и користи ове информације за организовање грађевинског пројекта и управљање перформансама извођача радова [75]. Традиционална контрола перформанси пројеката је обично општа (на пример, технике контроле трошкова). Она се ослања на ручно прикупљање података (нормално једном месечно) и доста времена након што се догађај десио (у нереалном времену) и наравно даје податке ниског квалитета [76].



Слика 2.4 Једно од могућих решења концепта паметне куће [77]

Велика количина енергије се расипа нерационалном употребом у домаћинствима, коришћењем неадекватних материјала, непотребним заузимањем бесплатног земљишта за грађевинске процесе, при томе занемарујући потребе самог човека. Стога управљање енергијом постаје императив одрживог развоја у урбаним срединама. У том смислу, савремени приступи у урбанистичком планирању и архитектонском дизајну ослањају се на примену принципа енергетске ефикасности. Тиме се обухвата широк спектар мера које треба предузети како би се смањила потрошња енергије и промовисала примена ИКТ и ОИЕ, а једно од могућих решења је приказано на слици 2.4.

Савремена градња у контексту енергетске ефикасности добија све већу важност, како не би постојао ризик да сутра ти објекти постану фонд на који ће се утрошити значајна финансијска средства за енергетску санацију.

С обзиром да је постојећи фонд стамбених зграда, углавном изграђен у периоду између 50-их и 80-их година када је концепт енергетске ефикасности био запостављен, обимнији од процента новоградње на годишњем нивоу, сматра се да највеће уштеде енергије могу се постићи ревитализацијом тих зграда. Земље које теже искоришћавању доступних одговарајућих облика енергије, мора да преиспитају своје енергетске системе за будућа планирања и стратегије које су у складу са циљевима одрживог развоја. Енергетски аспект санације постојећих објеката тежи рационализацији потрошње енергије, очувању грађевинског материјала, уз продужавање животног века зграде и увођења ОИЕ у њен систем [78]. Побољшање енергетске ефикасности укључује низ активности чији је крајњи циљ смањење потрошње свих врста енергија у згради, уз истовремено побољшање топлотних комфорних услова унутар ње у складу са микроклиматским условима локације. Истовремено, потребно је узети у обзир различите могућности и методе ревитализације енергије који одговарају стамбеним зградама, и одабрати одговарајуће мере које ће брзо побољшати енергетске перформансе зграде и бити економски одрживе [79].

Посматрајући зграде као огромне потрошаче енергије и директно одговорне за стварање велике количине угљен-диоксида у атмосфери, све више се пројектује и гради имплементирањем технологија ОИЕ. Применом одговарајућих принципа, данас се успешно граде објекти код којих је потреба за потрошњом енергије сведена на минимум, и чија експлоатација не угрожава животну средину. Ипак, чињеница да се усмеравањем мера за уштеду енергије, за новоградњу на годишњем нивоу уштеди свега 2% у односу на постојећи грађевински фонд [80], указује на потребу за реконструкцијом већ изграђених објеката у контексту достизања енергетске ефикасности. Пракса показује да се највећа уштеда енергије и финансијских средстава може постићи енергетском обнављањем старих зграда у смислу побољшања термичких карактеристика зграде, њене реконструкције и

санације и примене одговарајућих система који се заснивају на употреби ОИЕ. Стога је у процесу ревитализације зграда првенствено потребно обратити пажњу на могућности ефикаснијег коришћења техничких система за грејање, хлађење, осветљење, вентилацију и постојећих материјала, уз побољшање система и увођење нових материјала [81]. Оптимизација термичких омотача једна је од најважнијих метода за побољшање енергетских перформанси постојећих стамбених зграда, јер у потпуности елиминише узроке топлотних губитака.

2.4.1 Савремени материјали за енергетски ефикасне зграде

Било да је реч о новопроектованим или обновљеним објектима, познавање грађевинских материјала и њихових термичких својстава је од пресудне важности за достизање жељене енергетске уштеде и унутрашњег топлотног комфора. Међутим, савремена пракса је махом усмерена само на задовољење максималних коефицијената топлоте прописаних правилницима за сваки тип топлотне преграде и повећању дебљине термоизолације уз примену конвенционалних материјала. Ове мере доприносе растерећењу система за грејање и хлађење у зградама, али се проблем недостатка топлотне акумулације Сунчеве енергије не решава, поготову када је реч о лаким грађевинским конструкцијама. Развој технологије и хемијске индустрије омогућио је примену широког спектра иновативних грађевинских материјала који поспешују ЕЕ, а притом обезбеђују једноставнију изградњу и обнову објеката. У зависности од намене коју имају у оквиру топлотне преграде, препознајемо их као термоизолационе материјале, унутрашње и спољашње облоге или специјалне супстанце које се имплементирају у неки конвенционалан грађевински материјал [82-84].

Појава економске и енергетске кризе условила је повећање друштвене свести о потреби за стварањем здравог окружења и ефикасним управљањем и коришћењем доступних ресурса.

2.5 Развијање свести и увођење ОИЕ у образовни систем

Прелазак на ЕЕ изворе захтева константно праћење резултата истраживања и инвестициона улагања у нове технологије, али и повећање опште свести локалног становништва о свим предностима ОИЕ. Проблем добијања енергије из обновљивих извора, производња и потрошња, захтева уско специјализоване стручњаке из различитих области инжењерства, односно свеобухватан и мултидисциплинаран приступ. Разлог за то је неопходност да се у обзир узму различити аспекти овог проблема, почев од техничких решења за производњу, дистрибуцију, коришћење и интегрисање обновљиве енергије у различите техничке системе на одржив начин, те њихов утицај на животну средину.

DACUM концепт направљен је крајем 1960-их у Ајови, САД, а његов оснивач је Роберт Е. Адамс. То је метода за анализу рада или звања са DACUM таблицама, као резултат - графички приказ посла/звања или матрица задатака и сродних задатака, се тражи стручњак одређеног звања. То је основа за развој наставног плана и програма. DACUM, који се користи данас, јединствена је, иновативна и веома ефикасна метода анализе посла /звања [85].

То је једнодневна аналитичка радионица која садржи једног вођу DACUM-а и одбор од шест до 12 стручњака за анализу звања. Циљ радионице је идентификација потребних знања и вештина, карактеристика и понашања радника, алата/опреме/материјала и будућих трендова у вези са анализом посла/звања. Све ово направљено је према прецизно дефинисаним задацима. DACUM метода анализе посла заснива се на три главне премисе:

- Стручњаци могу прецизније описати и дефинисати свој посао/звање.
- Најефикаснији начин дефинисања је прецизно описивање задатака које стручњаци обављају.
- Успешан и прецизно урађен задатак решења захтевају употребу одређених знања, вештина, алата и став учесника.

DACUM метода се користи веома ефикасно и успешно за анализу звања на стручном, административном и техничком нивоу, а користе је и институције које су повезане са образовањем, попут Министарства просвете, факултета техничких наука, института и средњих школа; економија и индустрија; владине и војне организације. Његове посебне апликације укључују анализу будућих послова и њихових секција, индустријске системе и процесе, као и радне функције. DACUM методологија се широко користи у САД-у, Канади

и многим другим земљама јер је веома ефикасна и финансијски повољна. Сваки програм образовања заснован је на компетенцијама, или сваки програм обуке на основу резултата подразумева пажљиво дефинисање задатака на основу којих ће се формирати садржај програма. Иако се DACUM користи у различите сврхе, главна су истраживања: знање и вештине које би требало узети у обзир у процесу развоја нових наставних програма и обука као и знања и вештина које би требало да обезбеде ти програми [86].

Допринос развоју свести становништва је и образовање деце и одраслих у области ОИЕ и ЕЕ у оквиру образовног система Републике Србије. Средња школа у Варварину, Средња техничка „Михајло Пупин” у Кули и Електротехничка „Раде Кончар” у Београду су соларни првенци у овдашњем електроенергетском систему, још 2011. год. [86].

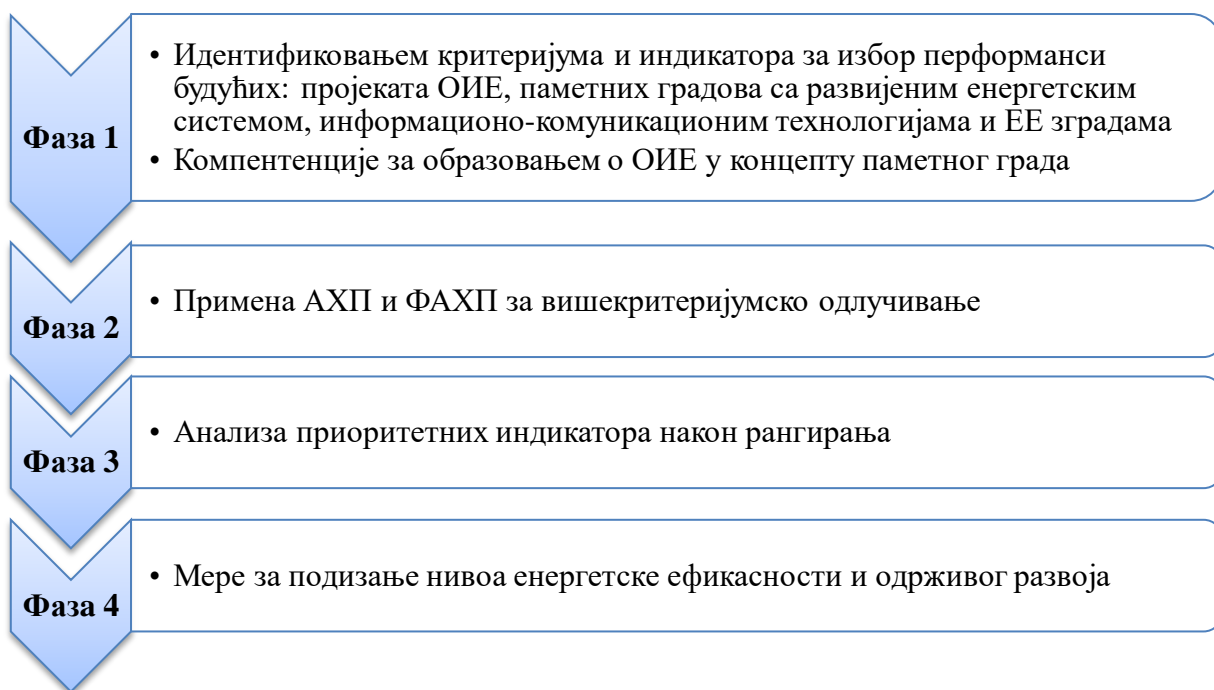


Слика 2.5 Фотонапонски панели на крову а) Средња школа у Варварину, б) ЕТШ „Раде Кончар” [87].

Све је више практичних области које су мултидисциплинарне, па се често указује потреба у пракси за неопходним знањима из више техничких области. Са друге стране, актуелна стратегија Европске уније из области енергетике предвиђа значајно повећање енергије добијене из ОИЕ која би требало у будућности да напаја све елементе урбане инфраструктуре. На основу активности Заједнице електротехничких школа Републике Србије, Института за промоцију образовања и Министарства просвете Републике Србије уведен је нов образовни профил на нивоу средњег стручног образовања који има за циљ оспособљавање ученика за припрему, контролу, монтажу и одржавање система ОИЕ [88]. Ово се преваходно заснивало на стању савременог тржишта и према мишљењу компанија које раде у овој области и области ЕЕ.

3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Методологија истраживања и решавање проблема представљено је кроз одређене фазе. Наша методологија истраживања заснива се на четири фазе развоја модела који су међусобно међусобно зависни и представљени су фазама кроз посебне модуле приказане на слици 3.1.



Слика 3.1 Четири фазе методологије истраживања

Изградња конкретног модела применом вишекритеријумске анализе концепта развоја пројекта ОИЕ као и њихова улога у концепту паметног града заједно са применом ИКТ-а започиње дефинисањем критеријума и подкритеријума. Скуп критеријума, подкритеријума и генерисање акција ће имати сигурно различити поступак у односу на нивое одлучивања. За наше истраживање, постоји потреба идентификовања свих индикатора и њихово рангирање како би се одредили приоритети. Да би се смањила потрошња енергије, осмишљен је и концепт нових и реконструкција већ изграђених објеката у контексту достизања ЕЕ. Интересовање за употребу природних ресурса у

условима интензивног техничког и економског развоја је у порасту, а циљ је одрживи развој обновљиве енергије, не доводећи у питање могућност претњи будућих генерација да задовоље властите енергетске потребе.

3.1 Критеријуми и подкритеријуми перформанси пројекта обновљивих извора енергије

Истраживање је спроведено у правцу уочавања фактора окружења, организационо-структурних фактора и индикатора квалитета, који утичу на перформансе пројеката. Конструкција окружења је агрегат околних услова или утицаја, па се у разматрање узима средина и сви спољашњи утицаји на процес изградње [89]. Тако, окружење обухвата све ван пројекта: технологију израде, природу производа, купце и конкуренте, географско подручје, економски, политички и климатски фактор. Код управљања пројектима је важно разумевање различитих карактеристика и фактора у окружењу које могу имати утицаја на пројекат. Ово може бити основа анализе за превазилажење или ублажавања њихових ефеката на перформансе пројекта [90]. Концепт развоја пројекта се заснива на уоченим факторима окружења као што су: политички, правни, институционални, културни, социолошко-технолошки ресурси, економски, финансијски и физички (инфраструктура) [91]. Требало би обратити пажњу да неки фактори окружења представљају већи изазов за управљачке и организационе структуре пројекта у односу на друге, односно ови фактори треба да буду у центру пажње за управљање пројектима.

Табела 3.1.1 Подкритеријуми у оквиру критеријума ФАКТОРИ ОКРУЖЕЊА

Фактори окружења	
Политички	Политичко окружење се бави политиком владе, наше и стране, и утицајем политичких одлука на пројекте. Влада може значајно повећати или смањити потражњу за пројекте ОИЕ путем буџетских мера и монетарне политике и може да утиче на процесе развоја и одобравања зграда/места, у складу са актима и прописима. Влада се може позивати на своја овлашћења да покрене или заустави пројекте из политичких, социјалних и

	<p>еколошких разлога [92]. Политичка стабилност, национално јединство и успешно политичко руководство су од пресудног значаја за национални развој. Сваки пројекат је предмет низа утицаја регулаторне контроле у политичком смислу и дешавања у индустрији. Политички фактори могу да произведу неизвесно окружење, као што су: нестабилна влада, непредвидиве промене у привреди и неочекиване промене у захтевима потрошача.</p>
Правни	<p>Правно окружење утиче на пословање директно. Предузећа морају да предузимају мере кроз законе и прописе. Реализација пројекта се спроводи кроз прописе планирања у складу са животном средином, правилима понашања, сигурносним прописима, лиценцирањем, осигурањем и пореским законима. Ови закони, кодови и прописи су углавном добро дефинисани, тако да је могуће предвидети њихов утицај на пројекте са разумном прецизношћу. Међутим, нису ретке промене у индустрији, које се тичу сигурности, опорезивања и еколошких закона, па проблеми могу настати када се закон мења током трајања пројекта [93]. Законодавство утиче на активности клијената директно, преко фактора као што су безбедност, планирање у складу са законом и грађевинским прописима, уговором у оквиру пројекта. Терет је на руководиоцима пројекта да се упознају са регулацијом, планирањем и коришћењем земљишта, који су део правног окружења.</p>
Институционални	<p>Сви учесници у пројекту представљају институције које су утврђене актом или уредбом и признате од стране Владе. За обављање послова из законом утврђеног делокруга Министарства рударства и енергетике образован је сектор за ЕЕ и ОИЕ. Једино систем заштите интереса инвеститора заснован на тржишно-државним регулативама делује успешно на развој и функционисање тржишта капитала у једној националној економији [94].</p>
Културни	<p>Социо-културна димензија окружења састоји се од начина живота и вредности које карактеришу друштво, односно узима у обзир демографију становништва, нивое образовања, норме и вредности, језик и однос према друштвеној одговорности [95]. Ове променљиве могу и утичу на организације које послују у оквиру друштва.</p>
Социолошко-технолошки ресурси	<p>Сви учесници пројекта би требало да имају одговарајуће знање како би користили постојеће ресурсе. Социолошка истраживања, пре свега анализа технолошког развоја и одговарајућих вештина у управљању пројектима је начин да се избегне непотребно време (кашњење) и прекорачење трошкова [96],</p>
Економски	<p>Економски и финансијски аспект на нивоу опште економске активности, са расположивим средствима за извођење радова, обухвата различите</p>

	степене конкуренције за све стране пројекта изградње. Окружење може да буде променљиво и да има периодичне економске циклусе, који значајно утичу на активности, тако да је неопходно предвидети економска кретања како локална тако и глобална [97].
Финансијски	Финансијска ограничења увек постоје приликом развоја пројекта, јер снаге финансијског окружења се разликују од економских [98]. Док економија има везе са развојем средстава, финансијска ограничења су строго везана за новац. Изазован задатак за било ког руководиоца пројекта је да осигура да је пројекат финансијски одржив у променљивом окружењу.
Физичка инфраструктура	Физичко окружење, у коме је изградња пројекта, упоредо може значајно утицати на његов развој, јер су грађевински пројекти увек под физичким утицајем. Географска локација пројекта, подземни услови и временски обрасци су најчешћи примери физичких утицаја. Они су непредвидиви, и као такви, управљањем није могло да се спречи њихово појављивање. Ипак, руководиоци грађевинских радова значајно разматрају физичке ефекте у планирању стратегије како би се избегле крајности искоришћавања расположивих ресурса [99].

Социолошко-технолошки ресурси, као и институционални и културни фактори, утичу на начин живота и вредности које карактеришу техничка решења. Последња два узимају у обзир популацију, ниво образовања, норме и вредности, језик и став према друштвеној одговорности. Фактори окружења у многим земљама у развоју, представљају посебне изазове за руководиоце пројеката који морају предвидети последице, пре него што пројекат почне, како би прекорачења у времену и трошковима била сведена на минимум [100]. Ови изазови потичу углавном од ризика, као што су политичка нестабилност, бирократске процедуре уговора, и недостатак адекватне инфраструктуре, као што су транспортне мреже, снабдевање електричном енергијом и телекомуникациони системи.

Перформансе пројекта, можемо мерити и процењивати издвајањем подкритеријума у групи критеријума индикатори квалитета и критеријума организационо-управљачка структура, као што је су приказано у табели 3.1.2 [101, 102].

Табела 3.1.2 Приказ подкритеријума у групи критеријума ИНДИКАТОРИ КВАЛИТЕТА и критеријума ОРГАНИЗАЦИОНО-УПРАВЉАЧКА СТРУКТУРА.

Индикатори квалитета	Фактори организационо-управљачке структуре (унутрашњи фактори)
----------------------	--

	Грађевински инжењери
Време	Архитекте
Цена	Инжењери електротехнике
Квалитет	Извођачи радова
Контрола	Социјално-економска клима
Задовољство клијената	Техничари
Промена захтева клијената	Процене пројекта
Пословање	Управљање пројектом и надлежности
Здравље	Способност менаџера
Безбедност	Способност руководећег тела
	Контрола тока и повратне информације
	Доношење одлука стручног тима
	Координација међу учесницима

Неки интерни фактори у односу на екстерне, такође, представљају изазов за пројекте, и то управљање и организационе структуре. Анализа кључних елемената пројекта не мора нужно решити све проблеме, од којих су неки заиста структурални, али може обезбедити успостављање реалних циљева пројекта и благовремено упозорити на могуће проблеме. Руководиоци пројекта, поред својих традиционалних функција, морају да уђу у процес испитивања окружења, да уоче потенцијалне проблеме, и да покушају да успоставе равнотежу између критеријума и подкритеријума од којих зависи успешна реализација. Промене клијената представљају се путем фактора као што су сигурност, планирање у складу са законом и грађевинским прописима, као и уговори у оквиру пројеката. На основу захтева клијената треба успоставити одговарајуће организационо-управљачке структуре и процедуре за превазилажење ефеката окружења. Архитектонска, инжењерска и градитељска предузећа могу да имају потешкоће у управљању пројектима ако нису упозната са овим новим радним окружењем [103]. Координација међу учесницима пројекта, је уочена као најзначајнији фактор у тој групи критеријума, који максимално утиче на трошкове.

У оквиру пројеката, се проучава однос време/трошкови, и дошло се до резултата да су трошкови лоше предвиђање времена извођења [73]. Уочавање еколошких фактора и мерење њихове озбиљности би обезбедило корисне информације које би знатно смањиле трошкове и време прекорачења у реализацији пројекта. Нишавски округ изгледа да има неке еколошке параметре који су другачији од других округа геополитичких у Србији и самим тим је постао императив у процењивању утицаја ових променљивих на ОИЕ пројекат.

3.2 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта информационих технологија

Све сложеније окружење брзог развоја технолошких поља, тржишних модела и апликација ствара потребу за стварањем свеобухватне структуре различитих компоненти у правцу ефикасних решења за градове.

ИКТ такође омогућава грађанима да комуницирају са градским институцијама и пружају услуге у реалном времену путем електронског управљања и повезивања на заједничку ИП мрежу. Приступ јавним услугама данас се врши путем интернета и мобилних апликација које избегавају загушења на издавању докумената за идентификацију [104].

Паметни здравствени системи побољшавају здравствене услуге грађанима, првенствено у контексту комуникације и размене информација и помоћи, посебно старијим особама и угроженим групама. Неопходно је подржати ефикасно управљање свим процесима у вођењу електронских здравствених картона, стандардима усаглашености личних здравствених података, коришћењу портала здравствених услуга, е-здравства и успостављању система повезане електронске здравствене документације.

Паметни сигурносни системи попут сигурности, физичке сигурности и заштите грађана данас су једна од најважнијих компоненти паметно одрживог града. Примена ИКТ-а помаже у решавању критичних ситуација попут природних катастрофа или терористичких напада, несрећа, идентификације преступника, провођења предиктивне анализе и идентификације кривичних образаца у циљу побољшања сигурности грађана [105].

Паметни системи управљања саобраћајем омогућавају кретање људи и робе на ефикасан, финансијски профитабилан, сигуран и еколошки одржив начин. Неке додатне предности ових система имају могућност лоцирања и идентификације возила и праћења и контроле путева. Будућа решења ће се заснивати на примени бољих и здравијих еколошких возила и њихових прикључења у оквиру инфраструктурне, као што су бензинске пумпе, паркиралишта, гараже, итд. Примери примене интелигентних транспортних система су интеграција система за контролу саобраћаја: управљање током саобраћаја, управљање семафорима, контрола приступа аутопуту, провера брзине кретања, управљање паркингом, итд. Поред тога, важна је локална и међународна доступност града [106,107].

Паметни системи за управљање енергијом: користе сензоре, напредне мерне уређаје, дигиталне контролере и аналитичке алате за аутоматизацију, надгледање и контролу двосмерних протока снаге у циљу обезбеђивања поузданости, интерактивности, компатибилности, уштеде енергије, сигурности и оптималног коришћења енергије из обновљивих извора уз минималну емисију угљен-диоксида.

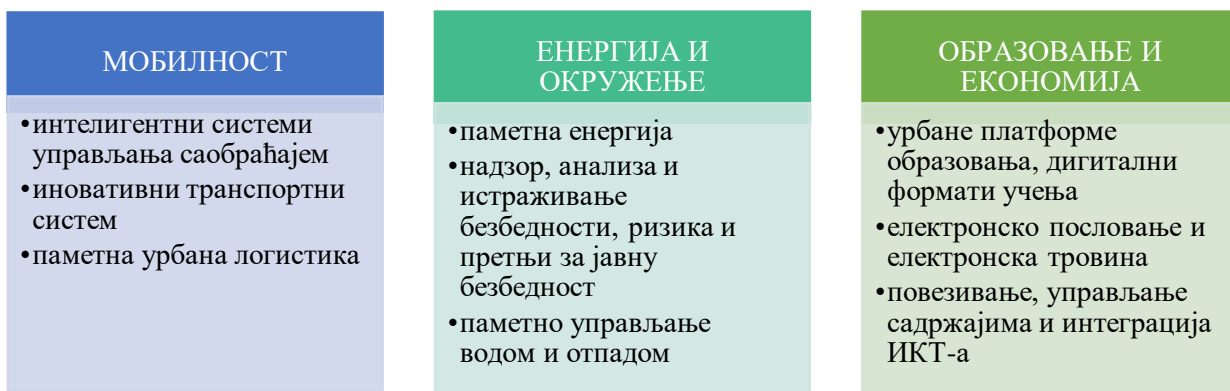
Паметни водопривредни системи омогућавају одрживо управљање водама (водоснабдевање и дистрибуција воде, пречишћавање отпадних вода и друга комунална предузећа) кроз ИКТ инфраструктуру како би се максимизирао социјално-економски напредак друштва без угрожавања животне средине.

Системи паметних технологија градње користе сензоре и статистичке податке за аутоматизацију зграда, побољшавају ЕЕ, смањују губитке и оптимизују потрошњу воде, истовремено значајно побољшавајући квалитет живота становника.

Паметни системи управљања отпадом јачају имплементацију надзора и сакупљања и одлагања отпада. Прате кретање различитих врста отпада, оптимизују руту транспорта, повезују различите системе управљања, користе технологију прикупљања и дељења података, оптимизују управљање и сортирање. Ажурирањем свих потребних података добијених у реалном времену, сталним надгледањем употребе ИКТ система, град може да ублажи глобално загађење.

Паметни системи за образовање деце и одраслих вероватно су најважнија дугорочна услуга паметног града. Примена ИКТ-а може побољшати образовање тако што ће студентима пружити прилагођено учење, учити од куће за болесне и оне који живе на удаљеним локацијама.

УПРАВЉАЊЕ	БРИГА О ЗДРАВЉУ	ЖИВЉЕЊЕ
<ul style="list-style-type: none">• дигитална јавна администрација, транспарентност и отворени подаци• партиципација грађана, приступ услугама и е-управа• подршка ефикасном процесу управљања и управљању свим пословима	<ul style="list-style-type: none">• телемедицина• интегрисани здравствени информациони систем• утицај околине на живот	<ul style="list-style-type: none">• повезано управљање погодностима• паметан простор за становање• паметна изградња



Слика 3.2 Структура основних компоненти у правцу ефикасних решења за паметне градове

С обзиром на претходни приказ, концепт представља рангирање шест основних група критеријума које је потребно узети у обзир код паметног града кроз стратегију примене ИКТ решења: управљање, здравље, живљење, мобилност, енергија и окружење, образовање и економија [108]. За разлику од развијених земаља, код којих је успешна трансформација постојећих у паметне урбане целине у Србији се тек стварају оптималне околности како би се развила идеја о формирању паметних градова уопште. Дефинисали смо одговарајућу методологију и развили модел кроз индикаторе који су кључни за отварање могућности развоја паметних градова.

3.3 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта соларне енергије

Пројектовање савремених градова, као и обнова постојећих урбаних средина захтева интердисциплинарни приступ, који имају за циљ исту будућност: планирање мреже, изградња и реконструкција зграда, имплементација ОИЕ, очување животне средине и управљање водом и отпадом. Србија покушава да прати ток развоја најразвијенијих земаља, у правцу коришћења природних ресурса и заустављања климатских промена. Иако су у табели 2.3 приказани критеријуми са аспекта ОИЕ у концепту паметног града, паметни градови и региони имају за циљ да развију кохерентну структуру засновану на ЕЕ

и оптималном коришћењу обновљиве и међусобно повезане енергије [109]. Основне димензије урбане инфраструктуре би требало да примењују иновативне приступе са нагласком на енергетску улогу, кроз коју су дефинисани критеријуми и подкритеријуми инфраструктуре паметног града [110].

Табела 3.3 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта обновљивих извора енергије.

Планирање мреже	
праћење и управљање електричним оптерећењима	Планирање мреже би требало да укаже на кључне аспекте у управљању енергијом и решавању проблема са градском инфраструктуром првенствено у контексту праћења, анализе, прилагођавања и планирања потрошње. У реалном времену синхронизују се трошкови електричне енергије са токовима одговора на потражњу, што може послужити као ефикасан начин за уштеду енергије [111].
сензорске и надзорне технологије	Сензорске и надзорне технологије повезују ентитете града међусобно и са мрежом. У циљу оптимизације услова и њихове функционалности, мреже имају комуникацију са окружењем (нпр. дистрибутивна мрежа), те прилагођавају своје понашање мрежним условима. Сензори се постављају како би прикупили податаке за пружање информација о управљању ресурсима и контролу јавне безбедности у реалном времену. Употреба базе за велику количину података омогућава нам да сагледамо све аспекте сложеног проблема у циљу његовог решавања [112].
складиштење енергије у мрежи	Складиште електричне енергије требало би да буде довољно за складиштење планиране производње електричне енергије из ОИЕ, а електроенергетска мрежа мора водити рачуна о критичном вишку производње електричне енергије. [113].
широкопојасни бежични приступ Интернету	ИКТ решења су фокусирана на директне уштеде енергије или су усмерена на прикупљање информација о енергији. Користећи различите технологије и платформе, корисници били у могућности да се повежу са било које локације. Кодирани визуелни интерфејс за праћење софтвера управља складиштеним подацима на нивоу анализе тих вредности [114].
Зграде (новопројектоване и постојеће)	
енергетска ефикасност и одрживост градње и адаптације	Било да је реч о новопројектованим или обновљеним објектима, планирање степена ЕЕ и потребе за одрживим развојем зграда је од велике важности за достизање жељене енергетске уштеде, унутрашњег комфора и заштите животне средине. [115]
оријентација и удаљености између	Снабдевање електричном енергијом у урбаним срединама прешло је у средиште расправе о томе како снабдевати урбана подручја обновљивом

зграда	енергијом [116]. За постизање енергетске ефикасности зграда дефинише се оријентација и функционални концепт зграде.
грађевински материјали, природна вентилација и осветљење	Решења заснована на савременим грађевинским материјалима, зеленим крововима и зидовима који пружају изолацију и хладовину зградама, доприносе смањењу потрошње енергије доприносећи ефикасности система за грејање и хлађење, побољшавајући енергетске перформансе зграде [117].
унутрашњи системи грејања и хлађења	Решења за овај проблем налазе се у флексибилном деловању зграда. Требало би тежити решењима за увођење 100% обновљивих извора електричне енергије [118].
аутоматизација простора	Аутоматизација зграда и електронско надгледање техничко-грађевинских система показали су се као ефикасна замена за инспекције, посебно за велике системе, и имају потенцијал да обезбеде исплативу и значајну уштеду енергије за потрошаче и за предузећа [119].
Соларна енергија	
соларно загревање и хлађење	Соларни термички системи се могу интегрисати у постојећи и смањити потрошњу фосилних горива. Првенствено се мисли на потрошну топлотну воду, затим и као подршка систему грејања. Не само у зградарству, одржива енергија омогућава ОИЕ и смањује потрошњу енергије [120].
соларно напајање електричним енергијом	Спатиотемпоралним моделовањем потрошње енергије и производње енергије из сунчевог зрачења, доносиоци одлука, планери и локалне заједнице овлаштени су за одабир мрежа технолошких решења као енергетске стратегије на локалном и регионалном нивоу [121].
соларна улична расвета	Еколошко решење које не нарушава животну околину, смањује трошкове плаћања конвенцијалне електричне енергије, а век употребе је дугачак. Систем управљања осветљењем је аутоматски, како за периоде укључивања и искључивања тако и за праћење стања батерија
соларни системи изнад паркинг простора	Покривен пакринг простор са уграђеним фотонапонским панелима и опремљен пуњачима за све врсте електричних аутомобила, требало би да буду постављени на економичној дистанци [26].
Животна средина	
еколошко урбано планирање	Како се градови развијају, од суштинског је значаја да се процене побољшања инфраструктуре и услуга путем климатских промена како би се промовисало дугорочно ублажавање, прилагођавање и смањење негативног утицаја на животну средину [1].
одрживи баланси природних ресурса	Приступ енергији и енергетска сигурност пружају конкурентну енергију за све потрошаче, повећавају одрживост баланса природних ресурса,

	смањују зависност од увозне енергије и стварају нове могућности за раст. [122].
заштита животне средине и уштеда енергије	У комбинацији са повећаном производњом електричне енергије из обновљивих извора и управљањем њеном потрошњом, уштеда се одржава на квалитет живота водећи рачуна о доњој линији одрживости животне средине. [123].
возила са ниском емисијом издувних гасова	Возила са ултра-ниском емисијом имају значајну предност за животну средину у односу на моторе са унутрашњим сагоревањем, због ублажавања климатских промена. Електрична возила такође имају за последицу бољи квалитет ваздуха. [124]
Вода и отпад	
праћење и приказ података	Предложено је интегрисано управљање водом и енергијом у великим водоводним мрежама ради смањења трошкова енергије енергетски интензивних водних објеката постављањем фотонапонских постројења. [125]
паметно снабдевање пијаћим водом и нижим ценама услуге	Предложени фази АХП метод спада у широк оквир фази скупова и фази теорије примене водених ресурса. [126]
паметан систем за редукацију цеву и ко тролу притиска	Укључивањем система паметних цеву помогло би се повећати стопу усклађености у управљању са недостатком воде.
одлагање отпада градње или реконструкције	Коришћењем ефикасних технологија отпадне енергије, отпад би се користио, избегавајући емисије на депонији и доприносећи већем уделу производње ОИЕ, чиме се смањују емисије из електрана на фосилна горива.
програм рециклирања отпада	Програми би требало да се заснива на решавању све веће потрошње енергије расипањем енергије, кроз технологију која може да обезбеди електричну енергију, топлотну енергију и биоплин.

У табели 3.3, су разматрани критеријуми и покритеоријуми инфраструктуре паметног града са аспекта соларне енергије.

Планирање мреже има за циљ да укаже на кључне аспекте у управљању енергијом и доносе избор представљајући проблеме урбане инфраструктуре у контексту праћења, анализе, прилагођавања и планирања енергије. Комбиновање информација о предвиђању потрошње енергије може да омогући операторима мреже да планирају интеграцију обновљиве енергије у мрежу и прилагоде их потребама. Постоји потреба за урбаном инфраструктуром у оквиру које се врши надзор перформанси мреже и повратним информацијама омогућује корекција.

Зграде представљају важан потенцијал за уштеду. Данас се граде ЕЕ зграде, али већи изазов представљају надоградње постојећих зграда у урбаној инфраструктури. Савремене технологије омогућавају довољно снабдевање електричном енергијом градова, а потреба за ублажавањем климатских промена и смањења емисија угљеника води ка енергетским системима који укључују већу употребу ОИЕ. Сваки појединац као и предузећа морају да узму учешће у системима за воду и управљају одлагањем отпада и његовом употребом. Интегрисање и складиштење топлоте, комбинација индустријске отпадне топлоте и соларне топлотне енергије за снабдевање мреже су такође важни аспекти концепта паметног градског оквира.

3.4 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта постојећих и нових зграда

У току процеса планирања и изградње зграда, потребно је размотрити велики број различитих критеријума и њиховом оценом дефинисати најоптималније решење које ће поред захтева у погледу ЕЕ пружити адекватан унутрашњи и спољашњи комфор [127]. Критеријуми се односе на избор локације и позиционирање објекта на парцели, његова функционална организација, избор грађевинских материјала и конструктивних елемената, као и обликовање и имплементирање расположивих ОИЕ путем одговарајућих техничко-технолошких система. Истраживање се фокусира на рангирање три главне групе критеријума који се морају узети у обзир у процесу изградње ЕЕ зграде: избор локације (конфигурација терена, облик и оријентација парцеле, међусобни односи и положај новоградње на парцели, изложеност ветру, вегетација), пројектовање објекта (фактор облика, термички омотач, столарија, оријентација и распоред просторија, заштита од сунца, вентилација и осветљење); употреба обновљивих извора енергије (пасивни соларни системи, активни соларни системи, геотермална енергија, енергија биомасе, енергија ветра).

Подкритеријуми који се односе изабране критеријуме дефинисани су на следећи начин:

1. Избор локације [128]:

- Конфигурација терена: терен у паду ка југу, раван терен, терен у паду ка северу;

- Облик и оријентација парцеле: правоугаоник окренут ужом страном у правцу С-Ј (север – југ), улица је правца И-З (исток – запад), паралелограм окренут ужом страном у правцу С-Ј, улица је правца СИ-ЈЗ или СЗ-ЈИ, правоугаоник окренут ужом страном у правцу И-З, улица је правца С-Ј.
 - Међусобни односи зграда и положај објекта на парцели: оптимално растојање новог од постојећих објеката, смицање новог објекта у односу на постојеће тако да његова јужна фасада не буде заклоњена;
 - Изложеност ветру: локација заштићена од ветрова самом конфигурацијом терена, директна изложеност ветровима (раван терен или пад који је у правцу дувања ветрова);
 - Вегетација: побољшање микроклиме, заштита од Сунца, заштита од ветра;
2. Пројектовање објекта [129]:
- Фактор облика: разуђеност и облик објекта, димензије објекта, удаљеност суседних објеката;
 - Термички омотач: врста и дебљина термоизолације, врста и дебљина осталих грађевинских материјала;
 - Столарија: врста стакла, врста профила врата и прозора, површина отвора;
 - Оријентација и распоред просторија: дневни боравак и трпезарија оријентисани ка југу, спаваће просторије ка истоку, кухиња ка северозападу и санитарне просторије, помоћне и степениште ка северу; дневни боравак и трпезарија оријентисани ка западу, спаваће собе ка југу, а санитарне просторије и степениште ка северу; спаваће собе оријентисане ка западу, дневни боравак са трпезаријом ка северу, а степениште и санитарне просторије ка југу;
 - Заштита од Сунца: употреба застора, употреба надстрешница;
 - Вентилирање и осветљење објекта: природно, вештачко.
3. Употреба обновљивих извора енергије [130]:
- Пасивни соларни системи: изоловани топлотни добици, индиректни топлотни добици, директни топлотни добици;
 - Активни соларни системи – соларни панели: фотоволтаични, термални;
 - Геотермална енергија: сонда, колектор, бунар;
 - Енергија биомасе: дрвна биомаса, жетвени остаци, животињски отпад;
 - Енергија ветра: примена ветротурбина, спровођење Вентуријевог ефекта циркулације ваздуха.

Познато је да се највећа количина акумулиране тоpline у објекту губи кроз фасадне и кровне отворе и као резултат неадекватно пројектованих унутрашњих и спољашњих термичких преграда: зидова, подова, плафона и кровова. Стога се у процесу санације зграда столарија мора обновити заменом прозора са једноструким и двоструки стаклом,

прозорима који имају и трећи слој изолације и обезбедити да прозори и спољашња врата добро „дихтују“. Поред тога, зграде морају бити термички изоловане и потребно је спречити појаву „термичких мостова“ као појединих делова омотача са повећаним губицима топлоте, увођењем или надоградњом термоизолационог материјала, најбоље на спољашњем, а затим у унутрашњем делу где постоје топлотне препреке. Побољшање термоизолационих својстава зграда врши се у складу са прописаним правилима и израчунатим коефицијентом преноса топлоте за сваку врсту елемента термичког омотача [131]. У неким случајевима требало би да се формира адекватна топлотна маса омотача, замена фасаде, пода, кровних облога и других грађевинских елемената и материјала. Побољшање постојећих техничких система значи спречавање губитка топлоте у цевима грејних тела, изоловање цеви и постављање вентила за регулацију температуре. Процес реконструкције, с аспекта одређеног нивоа ЕЕ, подразумева постављање зеленила на крововима и фасадама зграда, као и примену паметних уређаја и система за осветљење и контролу потрошње енергије. Извесне уштеде у потрошњи енергије могу се постићи увођењем система заштите од Сунца који спречава прегревање у летњем периоду и реконструкцију стамбених простора увођењем ветробранског стакла у улазну зону и променом функционалног распореда просторија у односу на оријентацију. У случајевима када реконструкција термичког омотача и унапређење постојећих техничких система за грејање, хлађење, осветљење и вентилацију нису довољне мере за побољшање енергетских перформанси, примењиваће се нови технички системи засновани на примени ОИЕ. [132]. Увођење пасивних соларних конструкција као што су стакленици, двоструки фасадни системи, подна складишта топлоте и примена РСМ материјала у Trombe-овом зиду, имају посебно важну улогу [133]. Поред тога, значајне уштеде остварују се употребом фотонапонских и термалних соларних панела, геотермалних сонди и колектора као система грејања и хлађења у објекту. У неким је случајевима могуће прозирати подручје употребом Vitruvие-јевог ефекта циркулације зрака и загревавати га биомасом из жетве и остацима дрвета.

Уочавање индикатора се фокусира на две главне групе критеријума у оквиру којих се разматрају подкритеријуми и алтернативе, које морају бити узети у обзир у циљу енергетске ревитализације постојећих стамбених зграда: реконструкција и адаптација зграде и примена система заснованих на употреби ОИЕ.

Индикатори који се односе на реконструкцију и адаптацију зграде и коришћење обновљивих извора енергије, приказани су у табели 3.4.

Табела 3.4 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта постојећих зграда

Реконструкцију и адаптацију зграде	Коришћење обновљивих извора енергије
<p>Обнова столарије:</p> <ul style="list-style-type: none"> • замена стакла прозора и врата одговарајућим термичким изолационим стаклом; • осигуравање прозора и врата; <p>Побољшање термичких изолационих својстава зграде:</p> <ul style="list-style-type: none"> • промена врсте и дебљине термоизолационог материјала спољних термичких баријера (зидови, подови, кровови); • увођење топлотне изолације у унутрашњим преградама објеката оријентисаних на грејане просторе (плафони, подови, зидови); • промена врсте и дебљине других грађевинских материјала; <p>Побољшање система вентилације, осветљења, грејања и хлађења:</p> <ul style="list-style-type: none"> • увођење вентила на грејна тела ради регулације топлоте; • увођење паметних система за контролу грејања, хлађења, вештачког осветљења, итд; • уношење зеленила на кровове и фасаде зграда; • употреба ефикасних кућанских уређаја (укључујући штедне сијалице); • изолација цеви за довод топле воде у систем грејања; • обнова димњака; <p>Увођење система заштите од сунца:</p> <ul style="list-style-type: none"> • употреба унутрашњих и спољашњих завеса (ролетне, четке, итд.); 	<p>Увођење пасивних соларних система:</p> <ul style="list-style-type: none"> • увођење стакленика као средњег простора за складиштење топлоте или двоструких фасадних система; • употреба материјала за промену фаза (PCM) у зидовима са функцијом сакупљача; • увођење подног складишта топлоте; <p>Увођење активних соларних система:</p> <ul style="list-style-type: none"> • употреба кровних фотонапонских соларних панела; • употреба кровних термалних соларних панела; <p>Употреба геотермалне енергије за грејање и хлађење:</p> <ul style="list-style-type: none"> • употреба геотермалних сонди; • употреба геотермалних колектора; <p>Употреба енергије биомасе за грејање:</p> <ul style="list-style-type: none"> • употреба дрвне биомасе; • употреба жетвених остатака; <p>Употреба енергије ветра за хлађење и вентилацију:</p> <ul style="list-style-type: none"> • примена Витрувије расхладног ефекта.

<ul style="list-style-type: none"> • садња високог заштитног зеленила испред јужне и западне стране зграде; <p>Редизајнирање:</p> <ul style="list-style-type: none"> • увођење ветробранског стакла ако не постоји; • промена распореда просторија у односу на оријентацију; 	
---	--

3.4.1 Критеријуми и подкритеријуми са аспекта савремених материјала

У зависности од намене коју имају у оквиру топлотне преграде, препознајемо их као термоизолационе материјале, унутрашње и спољашње облоге или специјалне супстанце које се имплементирају у неки конвенционалан грађевински материјал.

Као задовољење потребе за налажењем прикладног начина складиштења топлоте у топлотним преградама, а којим би се расположивост сунчеве енергије, ограничене дневним циклусом и временским приликама, ускладила са потребама корисника простора, развили су се тзв. фазно променљиви материјали - Phase Change Materials (PCM). Они представљају групу ЕЕ материјала који имају способност да променом агрегатног стања током дана ускладиште велике количине топлоте, а ноћу ускладиштену топлоту отпусте и тако загреју унутрашњи простор објекта [82]. Кристалне супстанце РСМ-а прелазе у течно стање при дневној температури, а потом се током хлађења у току ноћи враћају у чврсто стање ослобађајући акумулирану топлоту. Фазно променљиви материјали смештају се у микрокапсуле као заштитне опне и јављају се у виду неорганских и органских једињења. Органски РСМ настаје из парафина и његових мешавина док се неоргански формира из хидратисаних соли и њихових смеша [84]. Неоргански фазно променљиви материјали имају бољу топлотну проводљивост, широк распон температура топљења и знатно су јефтинији, док су органски хемијски стабилнији, али скупљи и понекад и запаљиви. Материјали су доступни на тржишту као активни састојак гипса, цемента, гипсаних плоча и мултифункционалних зидних и кровних модула. Они повећавају топлотну инерцију зидова и плафона, те се понашају као камени зидови велике дебљине у старим зградама.

С обзиром да се ЕЕ првенствено повезује са топлотним омотачем објекта и термоизолацијом, данас се примењује велики број материјала овог типа, а у погледу

иновативности посебно се издвајају изолационе пене и вакуумски изолациони панели. Изолационе пене међу којима су полиуретанске пене и фиберглас, посебно су значајне код санација јер на једноставан начин унапређују енергетске перформансе постојећих објеката. Вакуумски изолациони панели (VIP) употребљавају се код застакљених фасада, а применом супстанци као што су фиберглас, силицијум-диоксид и аерогел формира се изолациона вакумирана смеша смештена између стаклених панела. За разлику од изолационих пена ови панели се слабо користе због високе цене, недовољне истражености и кратког рока трајања [134]. Напредне изолационе пене омогућавају значајне енергетске уштеде и могу бити прилагођене различитим конфигурацијама зграде. VIP модули пружају слободу у дизајну приликом реновирања стаклених фасада зграда. Њихов изолациони утицај је око три пута већи од конвенционалних изолационих материјала.

Посебну групу ЕЕ материјала чине и рефлектујући премази који се примењују у виду спољашњих и унутрашњих облога зидова и кровова. Високо рефлектујуће и издржљиве спољашње премазе карактерише висок степен рефлексије радијације Сунчевих зрака, како у видљивом тако и у невидљивом делу спектра, при чему се температура омотача смањује и зграда се не прегрева. Они су најчешће у виду боја које се састоје од специјалних пигмената који рефлектују радијацију Сунца [135], и посебно су значајни у крајевима са топлијом климом. Све више пажње посвећује се и премазима за стакла. Унутрашњи премази максимализују осећај просторности и осветљења те заузврат смањују коришћење енергије за вештачко осветљење и повећавају видљиво осветљење од стране природне светлости.

3.5 Компетенције за увођење обновљивих извора енергије у образовни систем

На основу савремених трендова у области електроенергетике указала се потреба за формирањем новог образовног профила Електротехничар ОИЕ, обзиром да у систему високог образовања већ постоје студијски програми који изучавају ову област технике. Развој и примена ОИЕ, као што су биомаса, ветротурбине, геотермалне топлотне пумпе и соларни системи, постају све значајнији. Главна разматрања за писање плана и програма су реализована, са већим бројем представника економије и социјалних партнера, кроз

учешће у DACUM радионици [137, 138]. Ова радионица и стандард квалификација су први корак ка профилу дуалног образовног система.

За представнике социјалних партнера организована је DACUM радионица у сарадњи са Институтом за промоцију образовања у Београду. Спис компетенција (стандард компетенција) формиран је као резултат рада DACUM-а, који би требао бити почетни документ у формирању наставног плана и програма [139]. Сви елементи стандарда компетенције морају се на одговарајући начин укључити у наставни план и програм. DACUM мапа анализе посла укључена је у следећих неколико тачака:

1. Планирање и организација рада (израђује оперативни план рада на основу пројекта; планира (прорачунава) утрошак материјала; потребног броја радника; времена и средстава за рад; води и надгледа рад групе радника; прати и контролише редовно одржавање средстава за рад и пратећу документацију делова за уградњу; комуницира са сарадницима; надређенима и странкама у процесу рада; примењује стандарде квалитета; нормативе и прописе рада; перманентно прати иновације у области као и развој технологија).
2. Учешће у техничко технолошкој припреми (развија техничко-технолошке шеме; учествује у изради спецификације материјала и опреме; припрема улазне параметре (мерења, прорачуни, итд); прикупља податке за класификацију опреме према квалитету, карактеристикама и цени).
3. Припремање и контрола монтаже опреме и система обновљивих извора енергије (припрема алат и опрему; проверава исправност уређаја и опреме према техничкој документацији; припрема и организује радилиште; води грађевинску књигу и дневник; даје упутства, усмерава, надгледа поступке монтаже; врши тестирање/симулирање делова, опреме и умрежености; учествује у пробном раду (усклађивање и подешавање параметара); припрема документацију за технички пријем; израђује упутства за експлоатацију; спроводи обуку лица овлашћених за руковање системом).
4. Одржавање система обновљивих извора енергије (врши периодичну контролу система са провером параметара; израђује записник о извршеној периодичној контроли; идентификује неисправности делова и склопова (узрок, место); отклања једноставније неисправности на уређајима и систему; евидентира радове на поправци система; врши анализу (праћење) учесталости узрока кварова; предлаже опрему за редовно одржавање и отпис; учествује у праћењу и анализи рационалности система).
5. Предузимање мера безбедности и здравља на раду и заштите животне средине (примењује заштитна средства и опрему у раду; спроводи мере заштите на раду; упознаје раднике са применом заштитне опреме, руковањем средствима и опасностима у току рада; примењује техничке мере и мере заштите на раду и на очувању животне

средине; предузима превентивне мера ради спречавање неправилне употребе уређаја и опреме).

Додатне информације за образовни профил представљају допуну DACUM мапе и пружају додатне информације као што је приказано у табели 3.5.

Табела 3.5 Додатне информације образовног профила.

Информације	Опис
Потребна знања	<ul style="list-style-type: none"> законска и подзаконска акта у области ОИЕ; стандарди у области ОИЕ; правилници - интерни; ИТ (изнад основног нивоа - excel, word); основи електротехнике; инсталације; САУ – системи аутоматског управљања; електричне машине; енергетска електроника; термотехника; термоенергетика.
Потребне вештине, способности, ставови	машинске операције; рад на рачунару (Autocad, специјализовани софтвери за ЕЕ, специјализовани софтвери за пројектовање инсталација и ЕМ погона).
Опрема, инструменти, алати са којима се ради	универзални мерни инструменти; струјна мерна клешта; анализатори; термовизијска камера; анемометар; пирометар...
Изложеност ризицима при обављању посла	ризик од високог напона; ризик од опекотина; ризик од пожара; ризик од експлозије; ризик од пада; ризик од механичких повреда; ризик од излагања узроцима стреса.
Будући трендови у послу	биомаса; горивне ћелије; интеграција фотонапонских и термо система; умрежавање.
Екстремни услови	вибрације; екстремна температура (висока, ниска, честе промене и сл.); влага преко уобичајеног (нормалног) процента; лоше осветљење (недостатак дневне светлости, вештачко осветљење).
Способности и ставови за обављање послова	<ul style="list-style-type: none"> спремност за даље учење и усавршавање; креативност и иновативност; решавање проблема у раду; способност планирања и управљања временом; прилагодљивост на промене у раду способност рада у тиму; аналитичка способност; прецизност.

На основу савремених тенденција у средњем стручном образовању, уз подршку Заједнице електротехничких школа Србије, Завода за унапређење образовања и васпитања и Министарства просвете науке и технолошких развоја Републике Србије, формирана је Комисија за израду наставног плана и програма за образовни профил Електротехничар обновљивих узвора енергије по дуалном систему.

4. РАЗВОЈ МОДЕЛА И РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

4.1 Методи вишекритеријумског одлучивања

Модели вишекритеријумске анализе олакшавају доносиоцима одлуке у ситуацијама у којима постоји велики број разнородних критеријума, који често могу бити и међусобно супротстављени, као и неупоредивост јединица мере критеријума. Један од циљева дисертације је да укаже на значај коришћења вишекритеријумске оптимизације у тренуцима доношења комплексних и важних одлука.

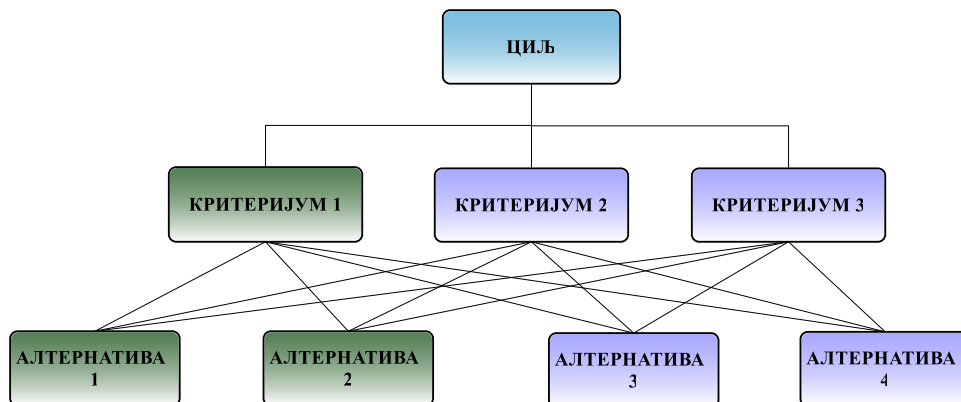
4.1.1 Аналитички хијерархијски процес

Аналитички хијерархијски процеси (АХП) је најкоришћенија метода вишекритеријумске анализе, и то у случајевима када постоји могућност хијерархијског структурирања релевантних критеријума [140]. На основу дефинисаног скупа критеријума и вредности атрибута, за сваку алтернативу врши се избор најприхватљивијег решења, односно приказује се потпуни распоред важности алтернатива у моделу. Методолошки посматрано, АХП је вишекритеријумска техника која се заснива на разлагању сложеног проблема у хијерархију.

Процес примене АНР метода се обавља у четири корака:

- Структурирање проблема, уз дефинисање циља, хијерархије критеријума, атрибута и алтернатива, и њихово уређивање у хијерархијску структуру у облику стабла;
- Прикупљање података, који се односе на критеријуме, атрибуте и алтернативе које се пореде;

- Одређивање и оцењивање релативних тежина елемената на свим нивоима у дефинисаном стаблу одлучивања;
- Избор оптималног решења за дефинисани циљ.



Слика 4.1.1.1 Хијерархијска структура у АХП-у [141].

Циљ се налази на врху хијерархије, док су критеријуми, подкритеријуми и алтернативе на нижим нивоима. АХП најпре омогућава интерактивно креирање хијерархије проблема као припрему сценарија одлучивања, а затим вредновање у паровима елемената хијерархије (циљева, критеријума (подкритеријума) и алтернатива [141]. На крају се врши синтеза свих вредновања и по строго утврђеном математичком моделу одређују тежински коефицијенти свих елемената хијерархије. Метода се заснива на чињеници да се и најсложенији проблем може разградити у хијерархију на начин да у даљој анализи укључује и квалитативне и квантитативне аспекте проблема. АХП држи све делове хијерархије у односу тако да је лако видети како промене једног индикатора утичу на друге индикаторе. Сложеност проблема расте са бројем критеријума и алтернатива. Експертска група додељује релативне оцене паровима атрибута једног хијерархијског нивоа и то за све нивое целе хијерархије. АХП метода се заснива на следећим аксиомима [142]:

Аксиом реципроцитета: Ако је елемент А, n пута значајнији од елемента В, тада је елемент В, $1/n$ пута значајнији од елемента А;

Аксиом хомогености: Упоређивање има смисла само ако су елементи упоредиви;

Аксиом зависности: Омогућује поређење међу групама елемената једног нивоа који се тичу елемента вишег нивоа, тј. поређења на нижим нивоима зависе од елемената вишег нивоа;

Аксиом очекивања: Свака промена структуре хијерархије захтева прерачунавање приоритета у новој хијерархији.

Уочено је да човек не може да оцењује већи број алтернатива на једној скали, односно да не може прецизно да врши процену. Класично упоређивање АХП парова се замењује оценом на скали од девет нивоа због већег броја разматраних параметара. Такође, уочено је, да скала која је довољно прецизна је скала од 1 до 9 јер психолошка истраживања показују да човек може истовремено упоређивати 7 ± 2 јединице истовремено. Поређење алтернатива у паровима по неком критеријуму се врши у матрицама поређења. Попуњавање матрице поређења се врши тако што се додељује вредности од 1 до 9 чиме врши поређење алтернатива. Вредност 1 представља једнак приоритет између алтернатива које се пореде, док вредност 9 представља највећи приоритет једне алтернативе у односу на другу алтернативу. Свако поређење два елемента хијерархије врши се коришћењем Сатијеве скале [143].

$$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\} \quad (1)$$

Приоритет 1 показује да су две алтернативе у потпуности једнаке, док се апсолутна преференција једне у односу на другу алтернативу исказује додељујући пару број 9.

Табела 4.1.1.1 АХП скала поређења у паровима (Сатијева скала вредновања).

Значај	Дефиниција	Објашњење
1	Исти значај	Две активности подједнако утичу на остваривање циља
3	Слаба доминантност	Једна активност незнатно више утиче на остваривање циља у односу на другу
5	Јака доминантност	Једна активност знатно више утиче на остваривање циља у односу на другу
7	Врло јака доминантност	Једна активност знатно више утиче на остваривање циља у односу на другу и њена доминантност је практично потврђена
9	Апсолутна доминантност	Једна активност је доминантна у односу на другу
2, 4, 6, 8	Међувредности	Вредности које се користе онда када је неопходно успоставити одређени компромис
Реципрочне	Разумна	Уколико се однос акције i описује неком од

вредности горњих бројева	претпоставка	претходно наведених вредности у односу на акцију j , тада се однос j према i описује реципрочном вредношћу
--------------------------	--------------	--

Пошто се поређење алтернатива заснива на субјективној процени доносиоца одлука, постоји потреба за сталним надгледањем, како би се обезбедила потребна тачност. На основу поређења у паровима елемената хијерархије формира се одговарајућа матрица поређења, за коју се одређују сопствене вредности за добијање нормализованих и јединствених сопствених вектора као и тежина за све атрибуте на сваком нивоу хијерархије [144]:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Постоје различите технике да се из матрице \mathbf{A} екстрахују вредности тежинских коефицијента $w^T = \{w_1, \dots, w_n\}$. Вектор тежинских коефицијената w се затим множи са тежинским коефицијентом елемента са вишег нивоа који је коришћен као критеријум при поређењу. Ово се понавља и за ниже нивое хијерархије. Збир тежинских коефицијената елемената на сваком нивоу хијерахије једнак је један 1, што омогућава доносиоцу одлука да рангира све елементе у хоризонталном и вертикалном смислу.

АХП метода омогућава праћење доследности оцена у било ком тренутку током поређења парова коришћењем формуле [145]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad (4)$$

где је - CI индекс конзистентности, CR однос конзистентности, RI случајни индекс (индекс конзистентности матрице), n димензија матрице поређења, λ_{max} максимална сопствена вредност матрице. Ако се код матрице поређења примењује $CR < 0.10$, приоритети алтернатива су прихватљиви. У супротном, треба пронаћи разлоге за неприхватљиво високу оцену неконзистентности.

Табела 4.1.1.2 Случајни индекс за сваку величину матрице

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

4.1.2 Фази аналитички хијерархијски процес

Теорија фази скупова коју је увео Задах [146] и фази хијерархијска анализа (ФАХП) коју је развио Buckley [147] имају бројне примене у различитим областима. ФАХП метода је у стању да толерише неизвесности или неодређености, док АХП метода, популарна и најчешће коришћена, није погодна за одлучивање у таквим условима. Другим речима, конвенционални АХП приступ неће у потпуности одражавати начин људског размишљања, јер се доносиоци одлука обично имају осећај сигурности када раде интервјуе, а не када доносе своје одлуке кроз појединачне бројчане вредности. Стога, фази АХП омогућава да се оцени субјективност, када се разматрају сложени вишеструки проблеми одлучивања [148]. На слици 4.1.2.1 су престављени кораци ФАХП методе.



Слика 4.1.2.1 Кораци ФАХП-а

Фази број је специјалан фази скуп $F(R)$ на домену R , а троугаони фази број је $M \in F(R)$. Ако постоји $x_0 \in R$ такво да је $\mu_M(x_0) = 1$, за свако $\lambda \in (0,1)$, $M_\lambda = \{x \mid \mu_M(x) \geq \lambda\}$ то је конвексан скуп, μ_M је члан функције $\mu_M: R \rightarrow [0,1]$, при чему је [149]:

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & x \in [l, m], \\ \frac{x-u}{m-u}, & x \in [m, u], \\ 0, & \text{остале вредности } x \end{cases} \quad (5)$$

Троугаони фазни број је представљен са $\tilde{M} = (l, m, u)$, где l представља његову доњу, а u горњу вредност, док је m вредност за $\mu_M = 1$. Основне математичке операције за два фази броја $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ и $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ су [150]:

$$\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2), \quad (6)$$

$$\tilde{M}_1 \odot \tilde{M}_2 \approx (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2), \quad (7)$$

$$\tilde{M}_1^{-1} \approx \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right). \quad (8)$$

Надаље, врши се поређење парова на сваком нивоу у квадратној матрици $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$:

$$A = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (9)$$

где је \tilde{a}_{ij} фази вредност у смислу значаја алтернативе i у односу на алтернативу j . За квадратну матрицу A стоји да је $\tilde{a}_{ij} = 1$ за $i = j$ а $\tilde{a}_{ij} = 1/\tilde{a}_{ji}$ за $i \neq j$. Развијене су различите скале поређења на бази фази троугаоних бројева, где доносилац одлуке има могућност да много ближе и лакше оцени значај критеријума или подкритеријума и на тај начин своју субјективност, која је присутна приликом решавања ових проблема, сведе на минимум. Оцењивање се представља троугаоним фази бројем, који је дефинисан са три реална броја, изражено као l, m , и u .

Табела 4.1.2.1 Троугаона фази скала [151]

Лингвистичка скала	Троугаона фази скала	Троугаона фази реципрочна скала
Само једнако	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Једнак значај	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Мало важније	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Строго важније	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Веома строго важније	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Апсолутно важније	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Значење троугаоних фази бројева који користе фазификовану Сатијеву скали су:

- ✓ Подједнака важност (1,1,1 + δ);
- ✓ Слаба доминација (3- δ , 3,3 + δ);
- ✓ Јака доминација (5- δ , 5,5 + δ);
- ✓ Демонстрирана доминација (7- δ , 7,7 + δ);
- ✓ Апсолутна доминација (9- δ , 9,9).

Као што је препоручено у дисертацији [151] да бисмо добили најконзистентније резултате, користили смо фази удаљеност од $\delta = 2$. За средње вредности 2, 4, 6 и 8 користили смо фази размак $\delta = 1$.

За матрицу $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$, индекс конзистентности CI и однос конзистентности CR се израчунавају помоћу формула (3) и (4), а вредности случајног индекса RI приказане у табели 4.1.2.2 [152].

Табела 4.1.2.2 Вредности случајног индекса RI .

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4

Вредност λ_{max} је главна својствена вредност матрице A . Ако је $CR \leq 0.10$, оцењени фази елементи матрица поређења су прихваћени. Ако је $CR > 0.10$, конзистентност матрица се мора побољшати [153].

У првом кораку алгоритма, користећи троугаоне фази бројеве из матрице $A = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$, израчунавају се синтетички троугаони фази бројеви $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)^T$, где је:

$$\tilde{s}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \odot \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right)^{-1}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (10)$$

За добијање апроксимације вектора тежине, неопходно је да се пореде добијени синтетички троугаони фази бројеви, међусобно, \tilde{S}_i , $i = 1, \dots, n$.

За два фази броја \tilde{M}_1 и \tilde{M}_2 , када је $\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2$, степен могућности је:

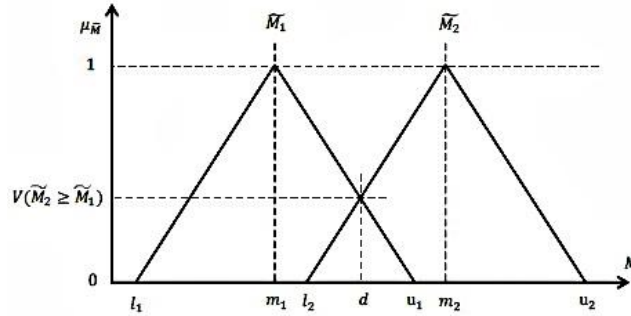
$$V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))]. \quad (11)$$

Фази бројеви \tilde{M}_1 и \tilde{M}_2 су конвексни и представљени су на слици 4.1.2.2 и једначином 12 [154]:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq l_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{остало.} \end{cases} \quad (12)$$

У једначини 11, d је вредност ординате пресечне тачке која се налази између μ_{M_1} и μ_{M_2} . На слици 4.1.2.2 је приказан степен вероватноће да конвексни фази број \tilde{M} буде већи од k -тог конвексног фази броја $\tilde{M}_i, i = 1, \dots, k$ и дефинисан једначином 13:

$$V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k) = \min V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i), \text{ for } i = 1, \dots, k. \quad (13)$$



Слика 4.1.2.2 Степен вероватноће за $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$.

Добијени степен вероватноће, нормализован за 1, за сваки ред матрице A представља вектор тежине апроксимацијом $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$.

Троугаони фази бројеви рангирају се применом неколико метода, као што су метода тежиинских коефицијената, метода мере доминације, α -пресек методом интервалне синтезе и метода укупне интегралне вредности. Метода укупне интегралне вредности, представљена у [155], је коришћена у овој дисертацији. За дати троугаони фази број $M = (l, m, u)$, укупна интегрална вредност је дефинисана на следећи начин:

$$I_T^\lambda(\tilde{M}) = \frac{(\lambda u + m + (1 - \lambda)l)}{2}, \quad \lambda \in [0,1], \quad (14)$$

где λ представља индекс оптимизма и описује однос доносиоца одлуке према ризику: мања вредност λ указује на већи степен ризика (нижи степен оптимизма). Вредности 0, 0,5 и 1 користе се за представљање песимистичких, умерених и оптимистичних погледа доносиоца одлука. Ако је $I_T^\lambda(\tilde{M}_1) < I_T^\lambda(\tilde{M}_2)$, тада је $\tilde{M}_1 < \tilde{M}_2$, а ако је $I_T^\lambda(\tilde{M}_1) = I_T^\lambda(\tilde{M}_2)$, тада је $\tilde{M}_1 \approx \tilde{M}_2$; и за $I_T^\lambda(\tilde{M}_1) > I_T^\lambda(\tilde{M}_2)$, је $\tilde{M}_1 > \tilde{M}_2$ [156]. Коначно рангирање алтернатива значи усвајање одређеног нивоа λ оптимизма доносиоца одлука, а затим примењивање једначине на фази бројеве и на крају се рангирање алтернатива у погледу добијених вредности за $I_T^\lambda(\tilde{M})$.

4.2 Примена вишекритеријумске анализе

Избор и идентификација одговарајућих критеријума је изазован задатак, јер могу да представљају непотпуне листе са великом недоследношћу у неким студијама. Уз то, практично ниједно истраживање у потпуности не оправдава усвајање изабраног система критеријума. Научници који су идентификовали листу релевантних критеријума перформанси, ни у ком случају није исцрпна, већ служи као показатељ за веће недоследности и нема заједничке тачке на свеобухватној листи индикатора за оцењивање. Иако ово дефинитивно наглашава јаз између постојеће литературе, вреди детаљније погледати још нека истраживања. Представљене математичке методе подржавају вишекритеријумске одлуке у раној фази процеса израде пројекта са намером да се развија тржиште за ОИЕ и у будућности развила инфраструктура паметних градова.

Подаци о прелиминарним критеријумима и подкритеријама су наведени и прикупљени од заинтересованих страна. Одговори су представљени векторима тежина критеријума и подкритеријума, као и оценом свих индикатора који нису мерљиви или за које недостају подаци. Сви индикатори су дати као квалитативни параметри. Квалитативни подаци се добијају субјективно помоћу стручног оцењивања. Субјективни суд је потребан у случају немерљивих параметара. Због несигурности и недостатка података повезаних са планирањем нових технологија, у неким земљама у развоју, подаци прикупљени од стручњака узимају се у обзир да би се приоритетно одредио критеријум и подкритеријум за рангирање. Стручњаци су само оценили критеријуме једне наспрам других у односу на циљ, као и подкритеријуме сваког критеријума једни наспрам других уз уважавање критеријума. Ово даје тежину сваког подкритеријума локално (према критеријуму) и глобално (у односу на циљ). Примене АХП и ФАХП методе у доношењу одлука у оквиру ове дисертације могу се видети у следећим радовима [157-164].

4.2.1 Концепт пројеката обновљивих извора енергије

Важно је размотрити димензије утицаја 3 критеријума и 33 подкритеријума који карактеришу перформансе пројекта. Кључне перформансе пројекта се разматрају са аспекта фактора окружења, индикатора квалитета и организационо-управљачке структуре.

Структурирање проблема, уз дефинисање циља (кључне перформансе пројекта), хијерархије критеријума и подкритеријума, и њихово уређивање у хијерархијску структуру у облику стабла (слика 4.1.1.1 у поглављу 4.1.1), приказано је на слици 4.2.1.



Слика 4.2.1 Хијерархијска структура за кључне перформансе пројекта.

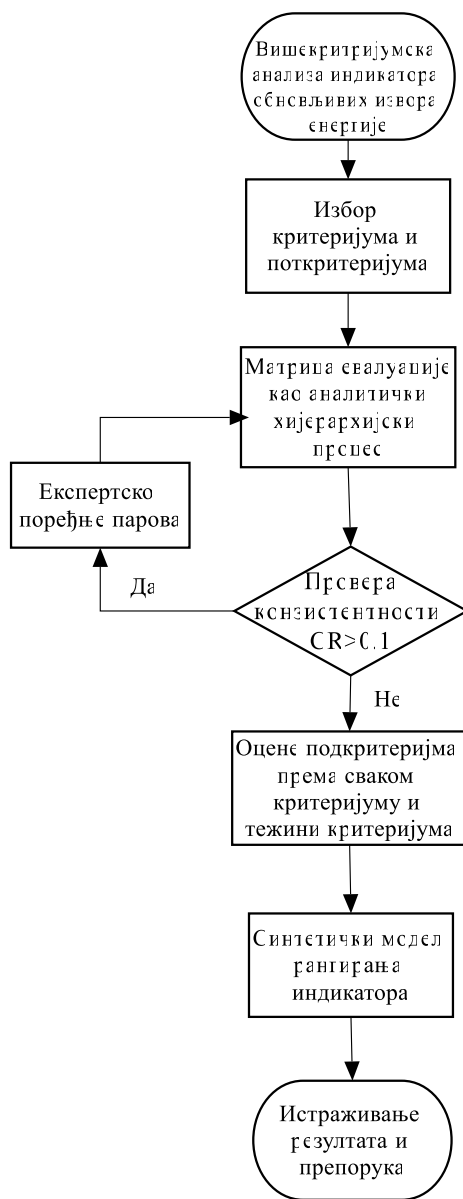
За потребе одређивања значајности индикатора рангирањем и издвајањем кључних у даљем тексту су примењени методи вишекритеријумског рангирања, и то: аналитички хијерархијски процес (АХП) и фази аналитички хијерархијски процес (ФАХП). Ови методи су изабрани јер пружају:

- могућност описивања проблема у облику хијерархије, која је у складу са предложеном хијерархијском организацијом критеријума и подкритеријума којима се описује модел израде ОИЕ пројекта у оквиру инфраструктуре паметног града са аспекта енергије;
- једноставност коришћења, тако што корисници дефинишу матрице поређења у паровима, дефинишући колико је један фактор или индикатор значајнији у односу на други;
- могућност укључивања квалитативних и квантитативних индикатора у разматрање;

- могућност провере конзистентности добијеног решења, чиме се смањује субјективност приликом поређења и оцењивања критеријума, подкритеријума, односно свих индикатора од стране експерата.

4.2.1.1 Примена АНР методе са аспекта пројеката обновљивих извора енергије

Коезистентност у доношењу одлука је представљена на слици 4.2.1.1.1.



Слика 4.2.1.1.1 Коезистентност у доношењу одлука

Оцењивањем критеријума и подкритеријума урађено је рангирање свих индикатора пре извођења пројекта. На основу мишљења стручњака, дате су оцене за све критеријуме и подкритеријуме и приказане на слици 4.2.1.1.2.



Слика 4.2.1.1.2 Приказ свих индикатора који утичу на перформансе пројекта ОИЕ

У Табели 4.2.1.1.1, дата је матрица поређења критеријума: фактора окружења, индикатора перформанси пројекта и организационо управљачке структуре коришћењем Сатијеве скале.

Табела 4.2.1.1.1 Матрица поређења критеријума : T1, T2, T3

	T ₁	T ₂	T ₃	Тежине
T ₁	1	2	5	0.5695
T ₂	1/2	1	4	0.3331
T ₃	1/5	1/4	1	0.0974

CI=0.012 CR=0.021

Индикатори квалитета пројекта су подкритеријуми на трећем нивоу и њима, на основу оцена стручњака укључених у израду пројекта, су дате важности у табели 4.2.1.1.2.

Табела 4.2.1.1.2 Матрица поређења индикатора квалитета пројекта

	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	Тежине
I ₁	1	1	2	4	2	5	4	4	4	0.2292

I ₂	1	1	2	4	2	5	4	4	4	0.2292
I ₃	1/2	1/2	1	3	1	4	3	3	3	0.1443
I ₄	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548
I ₅	1/2	1/2	1	3	1	4	3	3	3	0.1443
I ₆	1/5	1/5	1/4	1/2	1/4	1	1/2	1/2	1/2	0.0338
I ₇	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548
I ₈	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548
I ₉	1/4	1/4	1/3	1	1/3	2	1	1	1	0.0548

$CI=0.010$ $CR=0.007$

Организационо-управљачка структура, односно учесници пројекта је такође подкритеријум на трећем нивоу (критеријуми одлучивања), којима се могу дати важности у матрици поређења у Табели 4.2.1.1.3.

Табела 4.2.1.1.3 Матрица поређења фактора организационо-управљачке структуре пројекта

	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉	U ₁₀	U ₁₁	U ₁₂	U ₁₃	Тежине
U ₁	1	2	3	3	4	3	7	6	5	9	8	8	3	0.2228
U ₂	1/2	1	2	2	3	2	6	5	4	8	7	7	2	0.1567
U ₃	1/3	1/2	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.1019
U ₄	1/3	1/2	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.1019
U ₅	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1/2	4	3	2	6	5	5	1/2	0.0674
U ₆	1/3	1/2	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.1019
U ₇	1/7	1/6	1/5	1/5	1/4	1/5	1	1/2	1/3	3	2	2	1/5	0.0235
U ₈	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/4	2	1	1/2	4	3	3	1/4	0.0332
U ₉	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1/3	3	2	1	5	4	4	1/3	0.0470
U ₁₀	1/9	1/8	1/7	1/7	1/6	1/7	1/3	1/4	1/5	1	1/2	1/2	1/7	0.0125
U ₁₁	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/6	1/2	1/3	1/4	2	1	1	1/6	0.0167
U ₁₂	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/6	1/2	1/3	1/4	2	1	1	1/6	0.0167
U ₁₃	1/3	1/7	1	1	2	1	5	4	3	7	6	6	1	0.0978

$CI=0.036$ $CR=0.023$

Подкритеријуми фактора окружења су на трећем нивоу чије су важности дате у табели 4.2.1.1.4.

Табела 4.2.1.1.4 Матрица поређења фактора окружења

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	Тежине
F ₁	1	2	1/3	1/2	1/4	1/7	1/6	1/5	0.0327
F ₂	1/2	1	1/4	1/3	1/5	1/8	1/7	1/6	0.0236
F ₃	3	4	1	2	1/2	1/5	1/4	1/3	0.0709
F ₄	2	3	1/2	1	1/3	1/6	1/5	1/4	0.0477
F ₅	4	5	2	3	1	1/4	1/3	1/2	0.1059
F ₆	7	8	5	6	4	1	2	3	0.3313
F ₇	6	7	4	5	3	1/2	1	2	0.2307
F ₈	5	6	3	4	2	1/3	1/2	1	0.1572

CI=0.041 CR=0.029

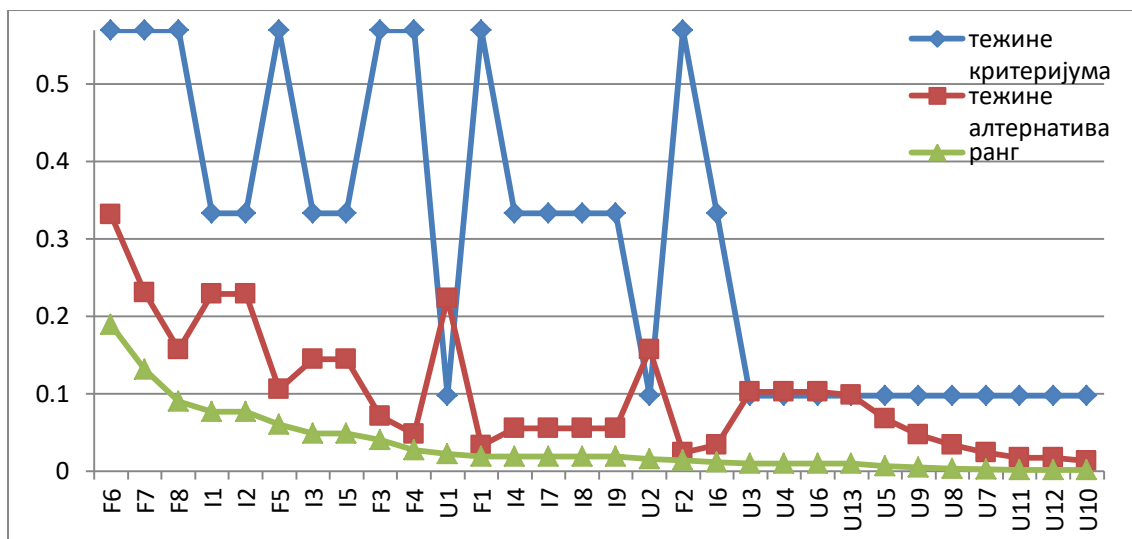
Резултати рангирања свих индикатора добијених на основу тежинских коефицијената из табела 4.2.1.1.1-4.2.1.1.4, АХП методом, представљени су у табели 4.2.1.1.5. Пратили смо факторе, који зависе од учесника пројекта, окружења и индикаторе квалитета пројекта, и извршили рангирање критеријума како би формулисали алтернативне стратегије на основу вишекритеријумске анализе и анализе резултата и истакли аспекте који су од кључног значаја за постизање компромиса у оквиру регионалног пројекта ОИЕ.

Табела 4.2.1.1.5 Синтезна табела за избор оптималне алтернативе

Редослед важности	Критеријуми и подкритеријуми	Тежине критеријума	Тежине подкритеријума	Ранг
1.	F ₆ - Економски	0.5695	0.3313	0.1887
2.	F ₇ - Финансијски	0.5695	0.2307	0.1314
3.	F ₈ - Физичка инфраструктура	0.5695	0.1572	0.0895
4.	I ₁ – Време	0.3331	0.2292	0.0763
5.	I ₂ - Трошкови	0.3331	0.2292	0.0763
6.	F ₅ - Социолошко-технолошки ресурси	0.5695	0.1059	0.0603
7.	I ₃ - Квалитет	0.3331	0.1443	0.0481
8.	I ₅ - Задовољство клијената	0.3331	0.1443	0.0481

9.	F ₃ - Институционални	0.5695	0.0709	0.0404
10.	F ₄ - Културни	0.5695	0.0477	0.0272
11.	U ₁ - Грађевински инжењери	0.0974	0.2228	0.0217
12.	F ₁ - Политички	0.5695	0.0327	0.0186
13.	I ₄ - Контрола	0.3331	0.0548	0.0183
14.	I ₇ - Пословање	0.3331	0.0548	0.0183
15.	I ₈ - Здравље	0.3331	0.0548	0.0183
16.	I ₉ – Безбедност	0.3331	0.0548	0.0183
17.	U ₂ - Архитекте	0.0974	0.1567	0.0153
18.	F ₂ - Правни	0.5695	0.0236	0.0134
19.	I ₆ - Промене клијената	0.3331	0.0338	0.0113
20.	U ₃ - Инжењери електротехнике	0.0974	0.1019	0.0099
21.	U ₄ – Извођачи радова	0.0974	0.1019	0.0099
22.	U ₆ - Техничари	0.0974	0.1019	0.0099
23.	U ₁₃ - Кординација међу учесницима пројекта	0.0974	0.0978	0.0095
24.	U ₅ - Социјална-економска клима	0.0974	0.0674	0.0066
25.	U ₉ - Способност менаџера	0.0974	0.0470	0.0046
26.	U ₈ - Управљање пројектом и надлежности власника	0.0974	0.0332	0.0032
27.	U ₇ - Процена пројекта	0.0974	0.0235	0.0023
28.	U ₁₁ – Контрола тока и повратне информације	0.0974	0.0167	0.0016
29.	U ₁₂ - Доношење одлука стручног тима	0.0974	0.0167	0.0016
30.	U ₁₀ - Способност руководећег тела	0.0974	0.0125	0.0012

Предложеним методом смо извршили рангирање критеријума и подкритеријума, користећи све расположиве информације с циљем проналажења оптималног приступа у изради концепта пројекта ОИЕ.



Слика 4.2.1.1.3 Синтезна табела за избор оптималне алтернативе

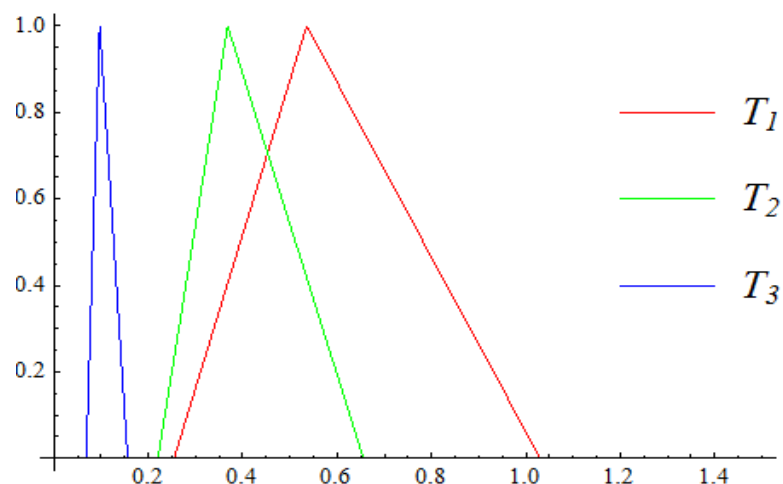
Спровођењем поступака рангирања, приказан је доминантан значај фактора који утичу на израду ОИЕ пројеката и перформансе истих. Доносилац одлуке - пројектант треба да усвоји решење на основу анализе утицаја економских, финансијских фактора, фактора физичке инфраструктуре и приказа њихових рангова.

4.2.1.2 Примена ФАХП методе са аспекта пројекта обновљивих извора енергије

Вредности \tilde{a}_{ij} у приказане за главне критеријуме у табели 4.2.1.1.1, док су синтетички троугаони бројеви S_i приказани у табели 4.2.1.2.1 и илустровани на слици 4.2.1.2.1.

Табела 4.2.1.2.1 Главни критеријуми.

Главни критеријуми	T_1	T_2	T_3	S_i
T_1	{1,1,1}	{1,2,3}	{3,5,7}	{0.254237,0.535117,1.03033}
T_2	{1/3,1/2,1}	{1,1,1}	{3,4,5}	{0.220339,0.367893,0.655665}
T_3	{1/7,1/5,1/3}	{1/5,1/4,1/3}	{1,1,1}	{0.0682809,0.09699,0.156111}



Слика 4.2.1.2.1 Троугаони фази бројеви за подкритеријуме T_n .

Одговарајуће вредности \tilde{a}_{ij} за подкритеријуме су дате у табелама 4.2.1.2.2 – 4.2.1.2.4, док су вредности синтетичких троугаоних бројева S_i , илустровани на сликама 4.2.1.2.2 – 4.2.1.2.4.

Табела 4.2.1.2.2 Фактори окружења

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	S_i
F_1	{1, 1, 1}	{1, 2, 3}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	S_1
F_2	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1, 1, 1}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	S_2
F_3	{1, 3, 5}	{3, 4, 5}	{1, 1, 1}	{1, 2, 3}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	S_3
F_4	{1, 2, 3}	{1, 3, 5}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1, 1, 1}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	S_4
F_5	{3, 4, 5}	{3, 5, 7}	{1, 2, 3}	{1, 3, 5}	{1, 1, 1}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	S_5
F_6	{5, 7, 9}	{7, 8, 9}	{3, 5, 7}	{5, 6, 7}	{3, 4, 5}	{1, 1, 1}	{1, 2, 3}	{1, 3, 5}	S_6
F_7	{5, 6, 7}	{5, 7, 9}	{3, 4, 5}	{3, 5, 7}	{1, 3, 5}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1, 1, 1}	{1, 2, 3}	S_7
F_8	{3, 5, 7}	{5, 6, 7}	{1, 3, 5}	{3, 4, 5}	{1, 2, 3}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1, 1, 1}	S_8

$S_1 = \{0.0176703, 0.035753, 0.0822981\}$, $S_2 = \{0.0126523, 0.0211571, 0.049024\}$, $S_3 =$
 $\{0.0388172, 0.0878349, 0.194099\}$, $S_4 = \{0.0226882, 0.0579944, 0.138199\}$, $S_5 = \{0.0549462,$
 $0.1252, 0.271739\}$, $S_6 = \{0.146774, 0.280241, 0.535714\}$, $S_7 = \{0.10914, 0.221858, 0.442547\}$, S_8
 $= \{0.082043, 0.169961, 0.349379\}$

Табела 4.2.1.2.3 Индикатори квалитета.

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	S_i
I_1	{1, 1, 1}	{1, 1, 3}	{1, 2, 3}	{3, 4, 5}	{1, 2, 3}	{3, 5, 7}	{3, 4, 5}	{3, 4, 5}	{3, 4, 5}	S_1
I_2	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	{1, 1, 1}	{1, 2, 3}	{3, 4, 5}	{1, 2, 3}	{3, 5, 7}	{3, 4, 5}	{3, 4, 5}	{3, 4, 5}	S_2
I_3	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1, 1, 1}	{1, 3, 5}	{1, 1, 3}	{3, 4, 5}	{1, 3, 5}	{1, 3, 5}	{1, 3, 5}	S_3
I_4	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1, 1, 1}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1, 2, 3}	{1, 1, 3}	{1, 1, 3}	{1, 1, 3}	S_4
I_5	$\{\frac{1}{3}, 1/2, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1/2, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	{1, 3, 5}	{1, 1, 1}	{3, 4, 5}	{1, 3, 5}	{1, 3, 5}	{1, 3, 5}	S_5
I_6	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	{1, 1, 1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	S_6
I_7	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1, 2, 3}	{1, 1, 1}	{1, 1, 3}	{1, 1, 3}	S_7
I_8	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1, 2, 3}	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	{1, 1, 1}	{1, 1, 3}	S_8
I_9	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1, 2, 3}	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, 1, 1\}$	{1, 1, 1}	S_9

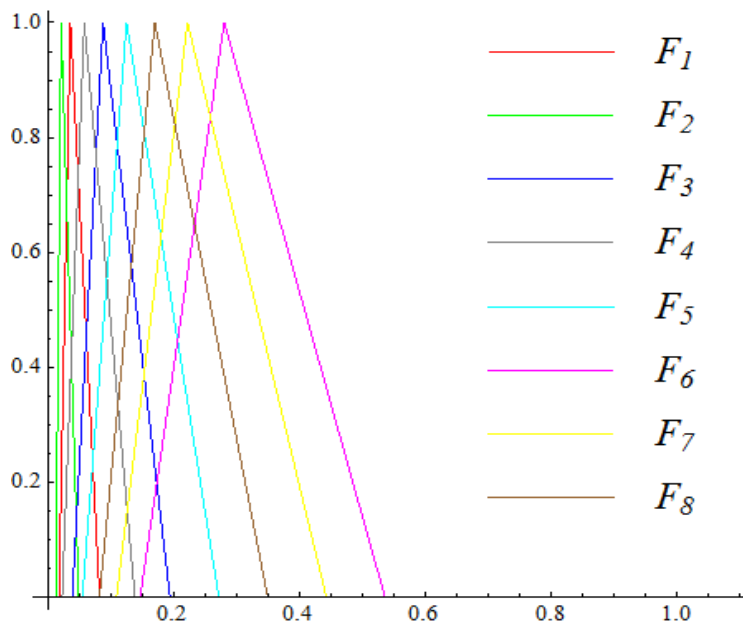
$S_1 = \{0.100529, 0.216751, 0.473031\}$, $S_2 = \{0.0970018, 0.216751, 0.447461\}$, $S_3 = \{0.0511464, 0.152529, 0.396323\}$,
 $S_4 = \{0.0306878, 0.0575328, 0.200292\}$, $S_5 = \{0.047619, 0.152529, 0.370754\}$, $S_6 = \{0.0159738, 0.0313085,$
 $0.0809692\}$, $S_7 = \{0.0271605, 0.0575328, 0.174723\}$, $S_8 = \{0.0236332, 0.0575328, 0.149154\}$, $S_9 = \{0.0201058,$
 $0.0575328, 0.123585\}$

Табела 4.2.1.2.4 Фактори организационо-управљачке структуре

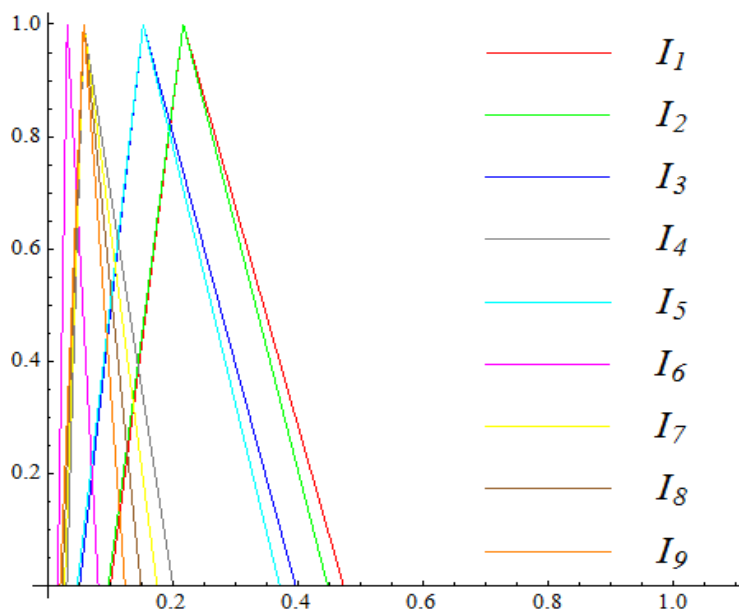
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9	U_{10}	U_{11}	U_{12}	U_{13}	S_i
U_1	{1,1,1}	{1,2,3}	{1,3,5}	{1,3,5}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{3,5,7}	{7,9,9}	{7,8,9}	{7,8,9}	{1,3,5}	S_1
U_2	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	{1,2,3}	{1,2,3}	{1,3,5}	{1,2,3}	{5,6,7}	{3,5,7}	{3,4,5}	{7,8,9}	{5,7,9}	{5,7,9}	{1,2,3}	S_2
U_3	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	{1,1,3}	{1,2,3}	{1,1,3}	{3,5,7}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{5,6,7}	{1,1,3}	S_3
U_4	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	{1,1,3}	{1,2,3}	{1,1,3}	{3,5,7}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{5,6,7}	{1,1,3}	S_4
U_5	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{3,4,5}	{1,3,5}	{1,2,3}	{5,6,7}	{3,5,7}	{3,5,7}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	S_5
U_6	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{1,1,3}	{1,1,3}	{1,2,3}	{1,1,1}	{3,5,7}	{3,4,5}	{1,3,5}	{5,7,9}	{5,6,7}	{5,6,7}	{1,1,3}	S_6
U_7	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1,3,5}	{1,2,3}	{1,2,3}	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	S_7
U_8	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	{1,2,3}	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	{3,4,5}	{1,3,5}	{1,3,5}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	S_8
U_9	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	{1,3,5}	{1,2,3}	{1,1,1}	{3,5,7}	{3,4,5}	{3,4,5}	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	S_9
U_{10}	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	{1,1,1}	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	S_{10}
U_{11}	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	{1,2,3}	{1,1,1}	{1,1,3}	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	S_{11}
U_{12}	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}\}$	$\{\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\}$	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	$\{\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\}$	$\{\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}\}$	{1,2,3}	{1,1,3}	{1,1,1}	$\{\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}\}$	S_{12}

U_{13} $(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1)$ $(\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5})$ {1,1,3} {1,1,3} {1,2,3} {1,1,3} {3,5,7} {3,4,5} {1,3,5} {5,7,9} {5,6,7} {5,6,7} {1,1,1} S_{13}

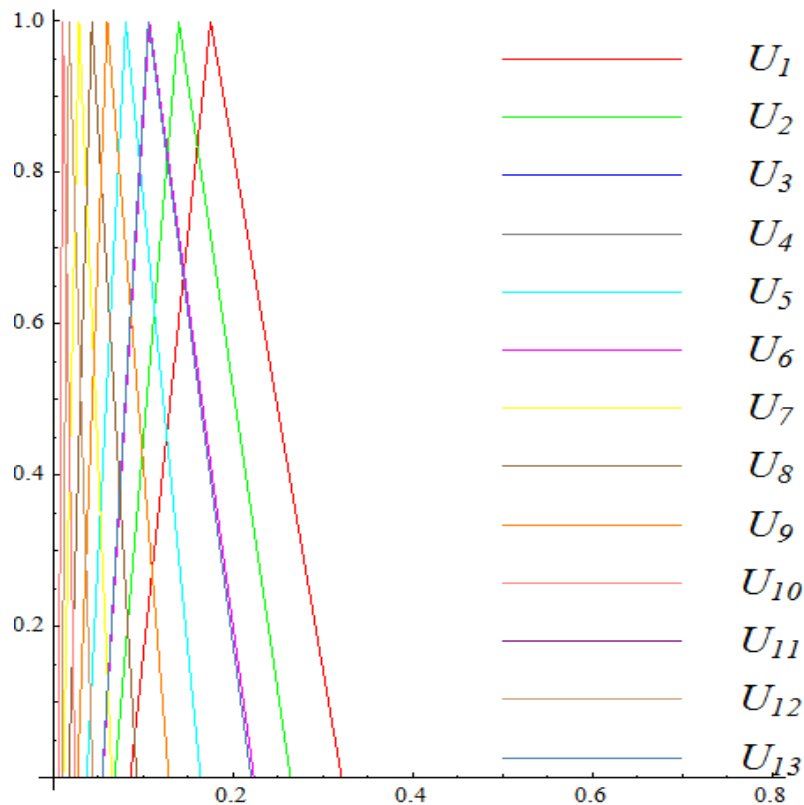
$S_1 = \{0.0857078, 0.175176, 0.321151\}$, $S_2 = \{0.0684333, 0.139859, 0.264238\}$, $S_3 = \{0.0548796, 0.106895, 0.223586\}$, $S_4 = \{0.0548796, 0.106895, 0.223586\}$, $S_5 = \{0.0373394, 0.0807601, 0.163963\}$, $S_6 = \{0.0548796, 0.106895, 0.223586\}$, $S_7 = \{0.0110797, 0.0287992, 0.0653142\}$, $S_8 = \{0.0171795, 0.0429465, 0.0929575\}$, $S_9 = \{0.0268608, 0.0601345, 0.128731\}$, $S_{10} = \{0.0060176, 0.0106166, 0.0241976\}$, $S_{11} = \{0.009308, 0.0175681, 0.0439429\}$, $S_{12} = \{0.009308, 0.0175681, 0.0439429\}$, $S_{13} = \{0.0544366, 0.105886, 0.220334\}$



Слика 4.2.1.2.2 Тривоаони фази бројеви за подкритеријуме F_n .



Слика 4.2.1.2.3 Тривоаони фази бројеви за подкритеријуме I_n .



Слика 4.2.1.2.4 Трогонасти фазисни бројеви за подкритеријуме U_n .

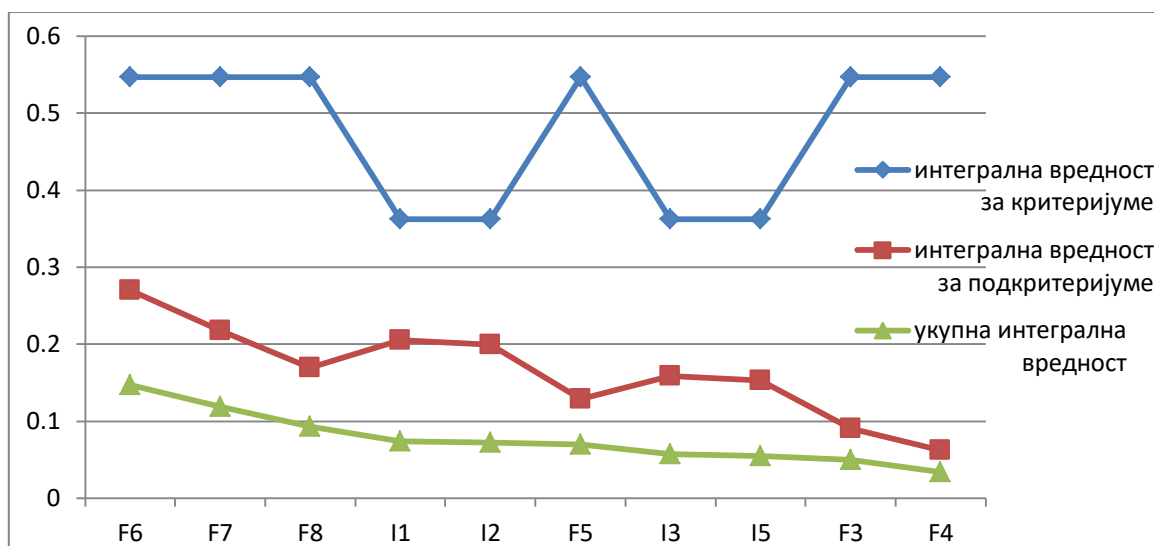
Укупна интегрална вредност $I_T^0(M) = I_T^0(M_1) \times I_T^0(M_2)$, добијена из једначине (14) за критеријуме $I_T^0(M_1)$ и подкритеријуме $I_T^0(M_2)$, је и приказана је у табели 4.2.1.2.5. Узимајући у обзир све одабране индикаторе, који су обухваћени критеријумима фактори окружења, организациона структура учесника пројекта и индикатори квалитета, извршено је рангирање како би биле формулисне алтернативне стратегије. На основу ових стратегија, које се базирају на вишекритеријумском одлучивању и анализи резултата, ће се реализовати ОИЕ пројекти, првенствено на регионалном нивоу.

Табела 4.2.1.2.5 Коначне тежине за перформансе пројекта

Ранг за подкритеријуме (индикаторе) за $\lambda = 1$	$\lambda = 0$		$\lambda = 1/2$				$\lambda = 1$		
	$I_T^0(M_1)$	$I_T^0(M_2)$	$I_T^0(M)$	$I_T^{1/2}(M_1)$	$I_T^{1/2}(M_2)$	$I_T^{1/2}(M)$	$I_T^1(M_1)$	$I_T^1(M_2)$	$I_T^1(M)$
1. Економски F_6	0.5209	0.2846	0.1483	0.5364	0.2754	0.1477	0.5467	0.2698	0.1475
2. Финансијски F_7	0.5209	0.2225	0.1159	0.5364	0.2198	0.1179	0.5467	0.2181	0.1193

3. Физичка инфраструктура F_8	0.5209	0.1698	0.0885	0.5364	0.1697	0.0910	0.5467	0.1697	0.0928
4. Време I_1	0.3760	0.2212	0.0832	0.3677	0.2109	0.0775	0.3622	0.2053	0.0743
5. Цена I_2	0.3760	0.2198	0.0826	0.3677	0.2067	0.0760	0.3622	0.1995	0.0722
6. Социолошко-технолошки F_5	0.5209	0.1229	0.0640	0.5364	0.1264	0.0678	0.5467	0.1285	0.0703
7. Квалитет I_3	0.3760	0.1476	0.0555	0.3677	0.1548	0.0569	0.3622	0.1588	0.0575
8. Задовољство клијената I_5	0.3760	0.1461	0.0549	0.3677	0.1506	0.0554	0.3622	0.1530	0.0554
9. Институционални F_3	0.5209	0.0863	0.0450	0.5364	0.0892	0.0479	0.5467	0.0910	0.0498
10. Културни F_4	0.5209	0.0558	0.0291	0.5364	0.0600	0.0322	0.5467	0.0626	0.0342
11. Контрола I_4	0.3760	0.0604	0.0227	0.3677	0.0675	0.0248	0.3622	0.0714	0.0259
12. Пословање I_7	0.3760	0.0589	0.0222	0.3677	0.0633	0.0233	0.3622	0.0656	0.0238
13. Здравље I_8	0.3760	0.0575	0.0216	0.3677	0.0590	0.0217	0.3622	0.0598	0.0217
14. Политички F_1	0.5209	0.0359	0.0187	0.5364	0.0371	0.0199	0.5467	0.0379	0.0207
15. Безбедност I_9	0.3760	0.0560	0.0211	0.3677	0.0547	0.0201	0.3622	0.0540	0.0196
16. Инжењери грађевине U_1	0.1031	0.1751	0.0181	0.0959	0.1696	0.0163	0.0911	0.1662	0.0151
17. Правни F_2	0.5209	0.0221	0.0115	0.5364	0.0223	0.0120	0.5467	0.0225	0.0123
18. Архитекте U_2	0.1031	0.1398	0.0144	0.0959	0.1366	0.0131	0.0911	0.1347	0.0123
19. Промена захтева клијената I_6	0.3760	0.0326	0.0122	0.3677	0.0325	0.0120	0.3622	0.0325	0.0118
20. Инжењери електротехнике U_3	0.1031	0.1079	0.0111	0.0959	0.1081	0.0104	0.0911	0.1083	0.0099
21. Техничари U_4	0.1031	0.1079	0.0111	0.0959	0.1081	0.0104	0.0911	0.1083	0.0099
22. Извођачи радова U_6	0.1031	0.1079	0.0111	0.0959	0.1081	0.0104	0.0911	0.1083	0.0099
23. Координација међу учесницима U_{13}	0.1031	0.1069	0.0110	0.0959	0.1069	0.0103	0.0911	0.1070	0.0097
24. Социјално-економска клима U_5	0.1031	0.0799	0.0082	0.0959	0.0803	0.0077	0.0911	0.0806	0.0073
25. Способност менаџера U_9	0.1031	0.0591	0.0061	0.0959	0.0607	0.0058	0.0911	0.0616	0.0056
26. Управљање пројектом и надлежности U_8	0.1031	0.0414	0.0043	0.0959	0.0432	0.0041	0.0911	0.0443	0.0040
27. Процене пројекта U_7	0.1031	0.0276	0.0028	0.0959	0.0293	0.0028	0.0911	0.0304	0.0028
28. Контрола тока и повратне информације U_{11}	0.1031	0.0178	0.0018	0.0959	0.0189	0.0018	0.0911	0.0196	0.0018
29. Тим стручњака за доношење одлука U_{12}	0.1031	0.0178	0.0018	0.0959	0.0189	0.0018	0.0911	0.0196	0.0018
30. Способност руководећег тела U_{10}	0.1031	0.0109	0.0011	0.0959	0.0111	0.0011	0.0911	0.0112	0.0010

Наведени подкритеријуми, приказани су на слици 10, имају највећи утицај на перформансе пројекта. За $\lambda = 1$, оптимистички поглед доносиоца одлука, подкритеријуми имају исти значај применом обе методе вишекритеријумске анализе.



Слика 10. Десет кључних индикатора који утичу на ОИЕ пројекат и његове перформансе

Укупна интегрална вредност ($\lambda = 1$), издваја подкритеријуме F₆, F₇, F₈, I₁, I₂, F₅, I₃, I₅, F₃ и F₄ који су анализирани у следећем одељку.

4.2.2 Концепт инфраструктуре паметног града са аспекта информационих технологија

С обзиром на број критеријума, циљ је скренути пажњу на значај употребе вишекритеријумске анализе у тренуцима доношења сложених и важних одлука у процесу креирања концепта паметног града и одабира кључних индикатора. Истраживање је засновано на алтернативном рангирању применом математичке методе Аналитички хијерархијски процес (АХП).



Слика 4.2.2.1 Хијерархијска структура са аспекта примене ИКТ-а

Концепт представља рангирање шест основних група критеријума које је потребно узети у обзир код паметног града кроз концепт примене ИКТ решења: управљање, здравље, живљење, мобилност, енергија и окружење, образовање и економија. Скуп од 6 критеријума је прихваћен и груписан у 18 категорија у хијерархији подкритеријума као што је приказано на слици 4.3.5.1. Сви индикатори су оцењени на основу мишљења експерата.

У табели 4.2.2.1. дата је међузависност процена шест основних група критеријума и формирана је матрица поређења заснована на (1), (2) и (4). Представља поређење критеријума на првом нивоу. Како је $CI=0.0028$; $CR=0.0022 < 0.10$, матрица је конзистентна. Табела садржи одговарајуће коефицијенте тежине W_c .

Табела 4.2.2.1. Матрица поређења групе критеријума првог нивоа (критеријуми одлучивања)

	G	E	M	B	H	L	W_c
G	1	1	2	3	3	3	0.283207
E	1	1	2	3	3	3	0.283207
M	1/2	1/2	1	2	2	2	0.164016
B	1/3	1/3	1/2	1	1	1	0.0898568
H	1/3	1/3	1/2	1	1	1	0.0898568
L	1/3	1/3	1/2	1	1	1	0.0898568

Табела 4.2.2.2 приказује матрицу поређења подкритеријума која се односи на критеријум управљање и одговарајуће тежинске коефицијенте (W_{sc}). Како је $CI=0.005$; $CR=0.008 < 0.10$, матрица је конзистентна. Тако су, на пример, партиципација грађана, приступ услугама и е-управа важнији подкритеријум од подршке управљању ефикасним системима и управљању свим процесима пословања од релевантног значаја 3.

Табела 4.2.2.2 Поређење у паровима подкритеријума у односу на критеријум G

	G_2	G_1	G_3	W_{sc}
G_2	1	2	3	0.539615
G_1	1/2	1	2	0.296961
G_3	1/3	1/2	1	0.163424

Табела 4.2.2.3 приказује матрицу поређења подкритеријума која се односи на атрибутну енергију и околину, а у њој се израчунавају тежински коефицијенти (W_{SC}). Стога је паметна енергија важнија од надзора, анализе и истраживања сигурности, ризика и пријетњи по јавну сигурност од релевантног значаја 2. Будући да је $CI = 0$; $CR = 0 < 0.10$ матрица поређења је конзистентна.

Табела 4.2.2.3 Поређење у паровима подкритеријума у односу на критеријум Е

	E_1	E_2	E_3	W_{SC}
E_1	1	2	2	0.5
E_2	1/2	1	1	0.25
E_3	1/2	1	1	0.25

Табела 4.2.2.4 приказује поређење подкритеријума који се односе на мобилност. Интелигентни систем управљања саобраћајем је од веће важности од паметне урбане логистике која има релевантну важност 3. Будући да је $CI=0.019$; $CR=0.033 < 0.10$ матрица поређења је конзистентна.

Табела 4.2.2.4 Поређење у паровима подкритеријума у односу на критеријум М

	M_1	M_2	M_3	W_{SC}
M_1	1	3	5	0.636986
M_2	1/3	1	3	0.258285
M_3	1/5	1/3	1	0.104729

У табели 4.2.2.5 матрица поређења подкритеријума односи се на образовање и пословање, као и одговарајуће тежинске коефицијенте. Како је $CI=0.005$; $CR=0.008 < 0.10$, матрица поређења је конзистентна.

Табела 4.2.2.5 Поређење у паровима подкритеријума у односу на критеријум В

	B_1	B_3	B_2	W_{SC}
B_1	1	2	3	0.539615
B_3	1/2	1	2	0.296961
B_2	1/3	1/2	1	0.163424

Табела 4.2.2.6 приказује матрицу поређења подкритеријума која се односи на примену здравља. Табела 4.2.2.7 даје матрицу за упоређивање подкритеријума који се односе на живљење. Обе табеле садрже одговарајуће тежинске коефицијенте W_{SC} . Пошто је $CI=0.019$; $CR=0.033<0.10$, обе матрице поређења су конзистентне. Управљање повезаним објектима је од великог значаја од паметне конструкције од релевантног значаја 5.

Табела 4.2.2.6 Поређење у паровима подкритеријума у односу на критеријум H

	H_1	H_2	H_3	W_{SC}
H_1	1	3	5	0.636986
H_2	1/3	1	3	0.258285
H_3	1/5	1/2	1	0.104729

Табела 4.2.2.7 Поређење у паровима подкритеријума у односу на критеријум L

	L_1	L_2	L_3	W_{SC}
L_1	1	3	5	0.636986
L_2	1/3	1	3	0.258285
L_3	1/5	1/2	1	0.104729

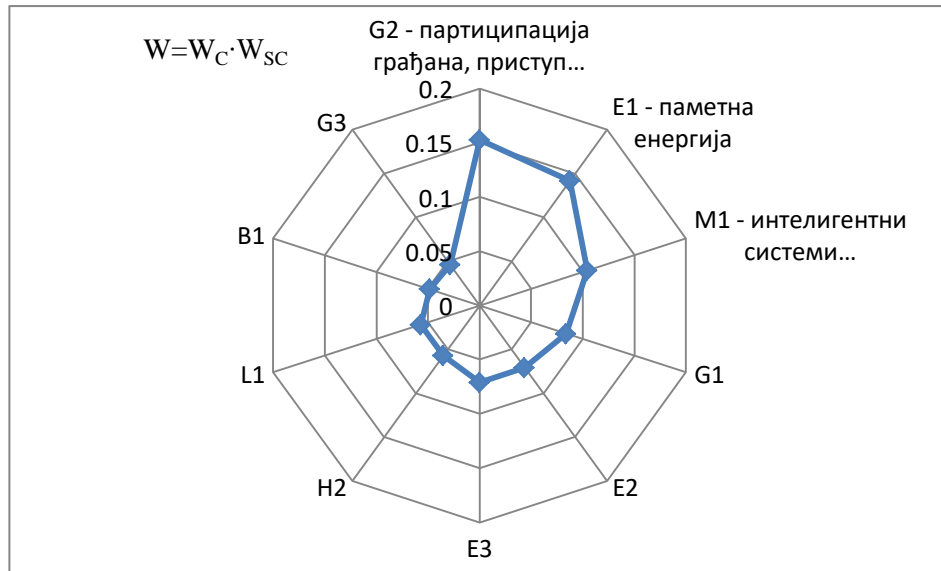
Предложени метод врши критеријуме за рангирање, користећи све расположиве информације с циљем проналажења оптималног приступа у изради концепта паметног града са становишта улоге ИКТ-а. Прецизна примена реализује се у акцијама које примењују АХП метод рангирања индикатора, уз сугестију доминантног значаја. Резултати индикатора рангирања приказани су у табели 4.2.2.8.

Табела 4.2.2.8 Рангирање индикатора

Индикатори	W_C	W_{SC}	$W=W_C \times W_{SC}$
партиципација грађана, приступ услугама и е-управа - G_2	0.2832	0.5396	0.1528
паметна енергија - E_1	0.2832	0.5000	0.1416
интелигентни системи управљања саобраћајем - M_1	0.1640	0.6370	0.1045
дигитална јавна администрација, транспарентност и	0.2832	0.2970	0.0841

отворени подаци - G ₁			
надзор, анализа и истраживање безбедности, ризика и претњи за сигурност јавности - E ₂	0.2832	0.2500	0.0708
паметно управљање водом и отпадом - E ₃	0.2832	0.2500	0.708
интегрисани здравствени информациони систем - H ₂	0.0899	0.6370	0.572
управљање погодностима живљења - L ₁	0.0899	0.6370	0.0572
урбане платформе образовања, дигитални формати учења - B ₁	0.0899	0.5396	0.485
подршка управљању ефикасним системима и управљању свим процесима пословања - G ₃	0.2832	0.1634	0.463
паметна урбана логистика - M ₃	0.1640	0.2583	0.424
повезивање, управљање садржајима и интеграција ИКТ-а - B ₃	0.0899	0.2970	0.267
живљење са подршком околине - H ₃	0.0899	0.2583	0.0232
паметан простор за становање - L ₂	0.0899	0.2583	0.232
иновативни транспортни систем - M ₂	0.1640	0.1047	0.172
електронско пословање и електронска тровина - B ₂	0.0899	0.1634	0.147
телемедицина - H ₁	0.0899	0.1047	0.94
паметна изградња - L ₃	0.0899	0.1047	0.0094

Полазна тачка за паметне градове налази се у неколико кључних индикатора: управљање партиципацијом, приступ услугама и е-управа, паметна енергија, интелигентни системи управљања саобраћајем, дигитална јавна управа, транспарентност и отворени подаци као што је приказано на слици 4.2.2.2.



Слика 4.2.2.2 Кључни индикатори рангирања

Испитујући улогу ИКТ-а, од десет кључних индикатора издвојили смо три која имају највиши ранг, за које ћемо изнети мере за успешног развоја концепта паметног града.

4.2.3 Концепт инфраструктуре паметног града са аспекта коришћења соларне енергије

У циљу развоја паметних градова са аспекта коришћења обновљиве енергије рангираћемо 5 критеријума и 23 подкритеријума за анализу једне такве платформе у инфраструктури паметног града. Критеријуми и подкритеријуми су представљени и индексирани у хијерархијској структури на слици 4.2.3.1.

Фази бројеви се користе за процену енергетске платформе кроз индикаторе перформанси, како би се реалније представио реалан проблем развоја паметног града. Теорија фази скупова омогућава доносиоцима одлука да у модел одлучивања укључе непотпуне информације, недостатак информација и немерљиве информације. Фази АХП метода је проширење АХП методе у којој субјективне оцене изражавамо као фази бројеве. Стручњаци су се сложили око добијених оцена и поређења фази бројева.



Слика 4.2.3.1 Хијерархијска структура са аспекта коришћења соларне енергије у инфраструктури паметног града

Фази матрице за оцењивање у погледу критеријума и подкритеријума паметне градске инфраструктуре представљене су у табелама 4.2.3.1 - 4.2.3.6.

Табела 4.2.3.1 Главни критеријуми обележени са G, T, C, B, W.

Вредности фази матрице за критеријуме						Тежине			
						Фази бројеви			
G	T	C	B	W					
						$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$	
G	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.133758,0.355556,0.858586)	0.355001	0.339236	0.333272
T	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0828025,0.222222,0.656566)	0.221298	0.235752	0.24122
C	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0700637,0.222222,0.555556)	0.212056	0.213099	0.213494

B	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.0547771,0.128395,0.353535)	0.132893	0.132453	0.132286
W	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.0369427,0.0716049,0.218855)	0.0787522	0.0794608	0.0797289

$CI= 0.00827851, CR= 0.00739152$

Табела 4.2.3.2 Инфраструктура електромерже – G.

Вредности фази матрице за подкритеријум G					Фази бројеви	Тежине		
G ₁	G ₂	G ₃	G ₄			$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$
G ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	(0.125,0.446281,1.19318)	0.41801	0.433995	0.439856
G ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	(0.104167,0.272727,0.681818)	0.275776	0.261377	0.256098
G ₃	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	(0.0791667,0.140496,0.511364)	0.160729	0.17109	0.174889
G ₄	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.0583333,0.140496,0.340909)	0.145485	0.133538	0.129157

$CI= 0.0034543, CR= 0.00383811$

Табела 4.2.3.3 Зграде – B.

Вредности фази матрице за подкритеријум B					Фази бројеви	Тежине			
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄			$\lambda=0$	$\lambda=0.5$	$\lambda=1$	
B ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.130435,0.309859,0.784615)	0.313661	0.31446	0.314783
B ₂	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.118012,0.309859,0.692308)	0.304811	0.293002	0.288234
B ₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.068323,0.197183,0.507692)	0.189144	0.198822	0.20273
B ₄	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.0509317,0.117371,0.323077)	0.119897	0.124727	0.126677
B ₅	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	0.0360248,0.0657277,0.169231	0.0724874	0.068989	0.0675766

$CI= 0.00908916, CR= 0.00811532$

Табела 4.2.3.4 Соларна енергија – T.

Вредности фази матрице за подкритеријум T				Фази бројеви	Тежине		

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		λ=0	λ=0.5	λ=1
T ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{4}$	(0.18,0.410646,0.882353)	0.419493	0.387663	0.374676
T ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	(0.1,0.250951,0.735294)	0.249255	0.275201	0.285787
T ₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	(0.08,0.250951,0.588235)	0.23505	0.240819	0.243173
T ₄	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.048,0.0874525,0.245098)	0.096202	0.0963171	0.0963641
CI= 0.0068734, CR= 0.00763711								

Табела 4.2.3.5 Животна средина – С.

Вредности фази матрице за подкритеријум С					Фази бројеви	Тежине		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		λ=0	λ=0.5	λ=1
C ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.18,0.446097,1.02941)	0.444671	0.43252	0.427562
C ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.1,0.289963,0.735294)	0.276962	0.291259	0.297092
C ₃	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.076,0.171004,0.441176)	0.175429	0.176824	0.177393
C ₄	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.052,0.0929368,0.245098)	0.102938	0.0993977	0.0979533
CI= 0.0103278, CR= 0.0114754								

Табела 4.2.3.6 Вода и отпад – W.

Вредности фази матрице за подкритеријум W						Фази бројеви	Тежине		
	W	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅		λ=0	λ=0.5	λ=1
W ₁	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$	(0.133758,0.355556,0.858586)	0.355001	0.339236	0.333272
W ₂	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0828025,0.222222,0.656566)	0.221298	0.235752	0.24122
W ₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	(0.0700637,0.222222,0.555556)	0.212056	0.213099	0.213494
W ₄	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	(0.0547771,0.128395,0.353535)	0.132893	0.132453	0.132286
W ₅	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$	(0.0369427,0.0716049,0.218855)	0.0787522	0.0794608	0.0797289
CI= 0.00827851, CR= 0.00739152									

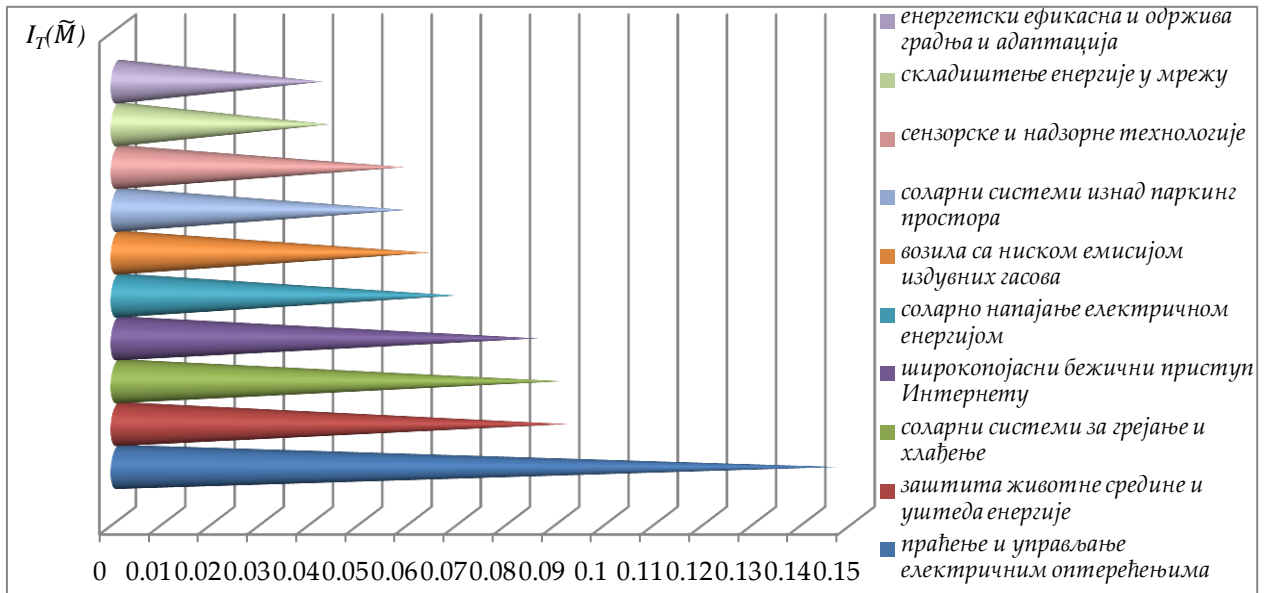
Како је $CR < 0.10$ за све матрице, оцене матрица су конзистентне и самим тим прихваћене. Индекс оптимизације λ представља индекс оптимизације који изражава став доносиоца одлуке у односу на ризик. Практично, вредности 0, 0.5 и 1, респективно, представљају песимистички, савремен и оптимистички став доносиоца одлуке. Укупна интегрална вредност $I_T(\tilde{M}) = I_T(\tilde{M}_1) \times I_T(\tilde{M}_2)$ се добија из једначине (14), где $I_T(\tilde{M}_1)$ преставља вредности за критеријуме, а $I_T(\tilde{M}_2)$ за подкритеријуме. Сви подкритеријуми су као индикатори ранжирани у оквиру енергетске платформе у концепту паметног града у табели 4.2.3.7.

Табела 4.2.3.7 Рангирање индикатора

Рангирање индикатора	$\lambda = 0$			$\lambda = 0.5$			$\lambda = 1$		
	$I_T(\tilde{M}_1)$	$I_T(\tilde{M}_2)$	$I_T(\tilde{M})$	$I_T(\tilde{M}_1)$	$I_T(\tilde{M}_2)$	$I_T(\tilde{M})$	$I_T(\tilde{M}_1)$	$I_T(\tilde{M}_2)$	$I_T(\tilde{M})$
G ₁	0.3550	0.4180	0.1484	0.3392	0.4340	0.1472	0.3333	0.4399	0.1466
C ₃	0.2121	0.4447	0.0943	0.2131	0.4325	0.0922	0.2135	0.4276	0.0913
T ₁	0.2213	0.4195	0.0928	0.2358	0.3877	0.0914	0.2412	0.3747	0.0904
G ₄	0.3550	0.2758	0.0979	0.3392	0.2614	0.0887	0.3333	0.2561	0.0854
T ₂	0.2213	0.2493	0.0552	0.2358	0.2752	0.0649	0.2412	0.2858	0.0689
C ₄	0.2121	0.2770	0.0587	0.2131	0.2913	0.0621	0.2135	0.2971	0.0634
T ₄	0.2213	0.2351	0.0520	0.2358	0.2408	0.0568	0.2412	0.2432	0.0587
G ₂	0.3550	0.1607	0.0571	0.3392	0.1711	0.0580	0.3333	0.1749	0.0583
G ₃	0.3550	0.1455	0.0516	0.3392	0.1335	0.0453	0.3333	0.1292	0.0430
B ₁	0.1329	0.3137	0.0417	0.1325	0.3145	0.0417	0.1323	0.3148	0.0416
B ₂	0.1329	0.3048	0.0405	0.1325	0.2930	0.0388	0.1323	0.2882	0.0381
C ₁	0.2121	0.1754	0.0372	0.2131	0.1768	0.0377	0.2135	0.1774	0.0379
B ₅	0.1329	0.1891	0.0251	0.1325	0.1988	0.0263	0.1323	0.2027	0.0268
W ₄	0.0788	0.3550	0.0280	0.0795	0.3392	0.0270	0.0797	0.3333	0.0266
T ₃	0.2213	0.0962	0.0213	0.2358	0.0963	0.0227	0.2412	0.0964	0.0232
C ₂	0.2121	0.1029	0.0218	0.2131	0.0994	0.0212	0.2135	0.0980	0.0209
W ₂	0.0788	0.2213	0.0174	0.0795	0.2358	0.0187	0.0797	0.2412	0.0192
W ₃	0.0788	0.2121	0.0167	0.0795	0.2131	0.0169	0.0797	0.2135	0.0170
B ₄	0.1329	0.1199	0.0159	0.1325	0.1247	0.0165	0.1323	0.1267	0.0168
W ₁	0.0788	0.1329	0.0105	0.0795	0.1325	0.0105	0.0797	0.1323	0.0105
B ₃	0.1329	0.0725	0.0096	0.1325	0.0690	0.0091	0.1323	0.0676	0.0089

W_5	0.0788	0.0788	0.0062	0.0795	0.0795	0.0063	0.0797	0.0797	0.0064
-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Предложеним методом за све оцењене индикаторе, izvrшено је рангирање како би биле дефинисане приоритетне активности у оквиру концепта паметног града. За $\lambda = 0.5$ и $\lambda = 1$, индикатори имају исти значај.



Слика 4.2.3.2 Приоритетни индикатори након рангирања фази АHP методом.

На основу добијених интегралних вредности $I_T(\tilde{M})$, укупне интегралне вредности за $\lambda = 1$, које представљају оптимистичне ставове доносиоца одлука, идентификују се десет најбољих индикатора рангирања, приказаних на слици 4.2.3.2.

Рангирање је показало да је G_1 најважнији индикатор који се односи на праћење и управљање електричним оптерећењима, нпр. надзор и аутоматско прилагођавање променама у потрошњи.

4.2.4 Концепт инфраструктуре паметног града са аспекта постојећих и нових зграда

Избор индикатора и могућност одабира најоптималнијег решења су део проблематике вишекритеријумског одлучивања у процесу планирања и пројектовања објеката са

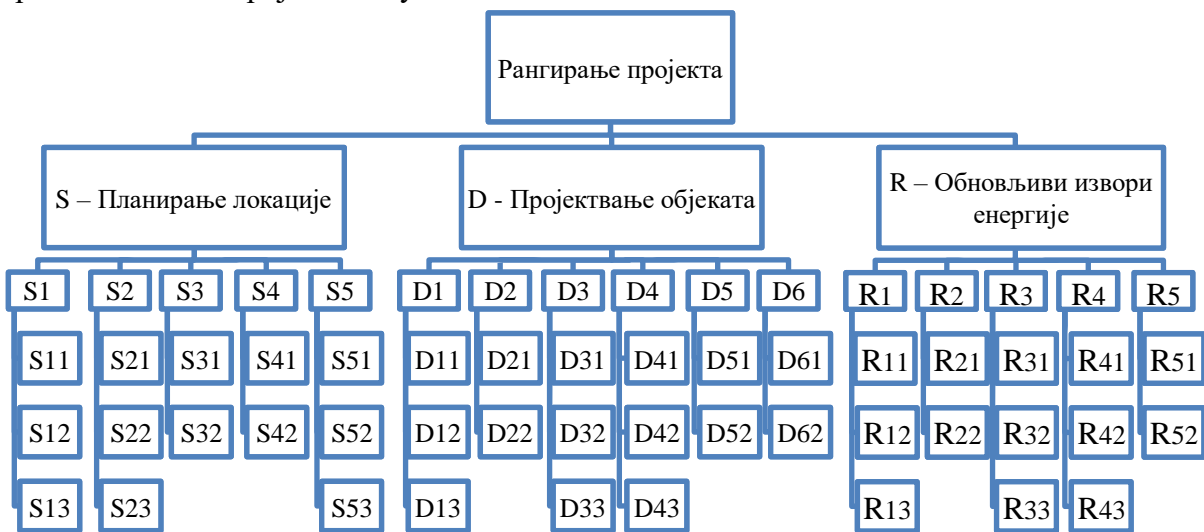
становишта ЕЕ. Узето је у обзир три основне групе критеријума, 16 подкритеријума и 28 алтернатива који су оцењени и индексирани и приказани у табели 4.2.4.1.

Табела 4.2.4.1 Групе критеријума и подкритеријума са аспекта нових зграда

Критеријум S - Избор локације (конфигурација терена, облик и оријентација парцеле, међусобни односи зграда и положај новоградње на парцели, изложеност ветру, вегетација)	
S1 - конфигурација терена	S11 - терен у паду ка југу, S12 - раван терен, S13 - терен у паду ка северу
S2 - Облик и оријентација парцеле	S21 - правоугаоник окренут ужом страном у правцу С-Ј (север – југ), улица је правца И-З (исток – запад), S22 - паралелограм окренут ужом страном у правцу С-Ј, улица је правца СИ-ЈЗ или СЗ-ЈИ, S23 – правоугаоник окренут ужом страном у правцу И-З, улица је правца С-Ј;
S3 - Међусобни односи зграда и положај објекта на парцели	S31 - оптимално растојање новог од постојећих објеката, S32 - смицање новог објекта у односу на постојеће тако да његова јужна фасада не буде заклоњена;
S4 - Изложеност ветру	S41 - локација заштићена од ветрова самом конфигурацијом терена, S42 - директна изложеност ветровима (раван терен или пад који је у правцу дувања ветрова);
S5 - Вегетација	S51 - побољшање микроклиме, S52 - заштита од Сунца, S53 - заштита од ветра;
Критеријум D – Пројектовање објекта (фактор облика, термички омотач, столарија, оријентација и распоред просторија, заштита од Сунца, вентилација и осветљење)	
D1 - Фактор облика	D11 - разуђеност и облик објекта, D12 - димензије објекта, D13 - удаљеност суседних објеката;
D2 – Термички омотач	D21 - врста и дебљина термоизолације, D22 - врста и дебљина осталих грађевинских материјала;
D3 - Столарија	D31 - врста стакла, D32 - врста профила врата и прозора, D33 - површина отвора;
D4 - Оријентација и распоред просторија	D41 - оријентисани ка југу, спаваће просторије ка истоку, кухиња ка северозападу и санитарне просторије, помоћне и степениште ка северу, D42 - дневни боравак и трпезарија оријентисани ка западу, спаваће собе ка југу, а санитарне

	просторије и степениште ка северу, D43 - спаваће собе оријентисане ка западу, дневни боравак са трпезаријом ка северу, а степениште и санитарне просторије ка југу;
D5 - Заштита од сунца	D51 - употреба завеса, D52 - употреба надстрешница;
D6 - Вентилација и осветљење	D61 - природно, D62 - вештачко;
Критеријум R - Употреба ОИЕ (пасивни соларни системи, активни соларни системи, геотермална енергија, енергија биомасе, енергија ветра).	
R1 - Пасивни соларни системи	R11 - изоловани добици топлоте, R12 - индиректни добици топлоте, R13 - директни добици топлоте;
R2 - Активни соларни системи (соларни панели)	R21 - фотонапонски панели, R22 – соларни колектори;
R3 - Геотермална енергија	R31 - сонда, R32 - колектор, R33 - бунар;
R4 - Енергија биомасе	R41 - дрвна биомаса, R42 - остаци од жетве, R43 - животињски отпад;
R5 - Енергија ветра	R51 - примена ветротурбина, R52 - примена Вентуријевог ефекта циркулације ваздуха

Сви индикатори су вредновани од стране стручњака у урбанистичком планирању и архитектонском пројектовању.



Слика 4.2.4 Хијерархијска структура одлучивања у оптимизацији рангирања пројекта за нове зграде

Истраживање се заснива на рангирању релевантних критеријума и одговарајућим подкритеријумима за оптимизацију ЕЕ, коришћењем математичке методе АХП и ФАХП.

4.2.4.1 АХП метода у планирању и архитектонском пројектовању нових зграда

Свако поређење два елемента хијерархије врши се коришћењем Сатијеве скале. Метод АХП омогућава праћење конзистентности процена у сваком тренутку у поступку поређења парова алтернатива помоћу индекса CI и CR . Ако за матрицу поређења важи да је $CR < 0.10$, приоритети алтернатива рачунају се као прихватљиви. Табела 4.2.4.1.1 представља међусобну зависност оцена критеријума и формирана је као матрица поређења на основу једначина (3) и (4) и табеле 4.1.1.2.

Табела 4.2.4.1.1 Поређења критеријума S , D , R

	S	D	R	W
S	1	1/3	2	0.230
D	3	1	5	0.648
R	1/2	1/5	1	0.122

$$CI=0.0018, CR=0.0031 < 0.10$$

Тако је, на пример, избор локације оцењен као важнији од обновљивих извора енергије са релевантном важношћу 2. С обзиром да је $CR=0.0031 < 0.10$, матрица поређења је конзистентна и представља упоређивање критеријума на првом нивоу.

Табела 4.2.4.1.2 Поређења у односу на подкритеријуме S

S	S1	S2	S3	S4	S5	W
S1	1	3	5	7	9	0.530
S2	1/3	1	2	4	6	0.231
S3	1/5	1/2	1	2	4	0.126
S4	1/7	1/4	1/2	1	3	0.075
S5	1/9	1/6	1/4	1/3	1	0.038

У табели 4.2.4.1.2 представљена су поређења подкритеријума који се односе на избор планиране локације и добијени су одговарајући тежински коефицијенти. С обзиром да је $CI=0.0306$, $CR=0.0273 < 0.10$ матрица поређења је конзистентна.

Табела 4.2.4.1.3 Поређења индикатора у односу на подкритеријуме S_i

S1	S11	S12	S13	W
S11	1	3	9	0.655
S12	1/3	1	7	0.290
S13	1/9	1/7	1	0.055

$CI=0.04015$, $CR=0.0692 < 0.10$

S2	S21	S22	S23	W
S21	1	3	7	0.649
S22	1/3	1	5	0.279
S23	1/7	1/5	1	0.072

$CI=0.0324$, $CR=0.056 < 0.10$

S3	S31	S32	W	CI
S31	1	3	0.75	0
S32	1/3	1	0.25	

S4	S41	S42	W	CI
S41	1	5	0.833	0
S42	1/5	1	0.167	

S5	S51	S52	S53	W	CI
S51	1	3	3	0.6	0
S52	1/3	1	1	0.2	
S53	1/3	1	1	0.2	

Поређење индикатора која се односе на конфигурацију терена, облик и оријентацију парцеле, међусобне односе зграда и изложеност ветру, као и одговарајућих индикатора дати су у табели 4.2.4.1.3 Остварена је конзистентност.

Табела 4.2.4.1.4 Поређења у односу на подкритеријуме D

D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	W
D1	1	3	3	5	5	7	0.415
D2	1/3	1	1	2	2	4	0.161
D3	1/3	1	1	3	3	5	0.196
D4	1/5	1/2	1/3	1	2	4	0.105
D5	1/5	1/2	1/3	1/2	1	2	0.069
D6	1/7	1/4	1/5	1/4	2	1	0.054

$CI=0.1187$, $CR=0.0958 < 0.10$

У табели 4.2.4.1.4 представљене су међусобне зависности оцена подкритеријума који се односе на пројектовање објекта на првом нивоу и добијени су одговарајући тежински коефицијенти.

Табела 4.2.4.1.5 Поређења индикатора у односу на подкритеријуме D_i

D1	D11	D12	D13	W
D11	1	3	5	0.648
D12	1/3	1	2	0.230
D13	1/5	1/2	1	0.122

$CI=0.0018, CR=0.0031 < 0.10$

D2	D21	D22	W	CI
D21	1	3	0.75	0
D22	1/3	1	0.25	

D3	D31	D32	D33	W
D31	1	3	5	0.637
D32	1/3	1	3	0.258
D33	1/5	1/3	1	0.105

$CI=0.01925, CR=0.00331 < 0.10$

D4	D41	D42	D43	W
D41	1	4	9	0.709
D42	1/4	1	5	0.231
D43	1/9	1/5	1	0.060

$CI=0.0356, CR=0.0614 < 0.10$

D5	D51	D52	W	CI
D51	1	4	0.8	0
D52	1/4	1	0.2	

D6	D61	D62	W	CI
D61	1	3	0.75	0
D62	1/3	1	0.25	

У табели 4.2.4.1.5 представљене су међусобне зависности оцена подкритеријума који се односе на пројектовање објекта на другом нивоу хијерархије и добијени су одговарајући тежински коефицијенти. Остварена је конзистентност.

Табела 4.2.4.1.6 поређења у односу на подкритеријуме R

R	R1	R2	R3	R4	R5	W
R1	1	3	5	5	7	0.506
R2	1/3	1	3	3	5	0.246
R3	1/5	1/3	1	1	2	0.094
R4	1/5	1/3	1	1	3	0.104
R5	1/7	1/5	1/2	1/3	1	0.050

$CI=0.0256, CR=0.0228 < 0.10$

Табела 4.2.4.1.6 представља међусобне зависности подкритеријума који се односе на употребу обновљивих извора енергије, као и добијене тежинске коефицијенте.

Табела 4.2.4.1.7 Поређења индикатора у односу на подкритеријуме R_i

R_1	R_{11}	R_{12}	R_{13}	W
R_{11}	1	3	6	0.644
R_{12}	1/3	1	4	0.271
R_{13}	1/6	1/4	1	0.085

$$CI=0.0268, CR=0.00462 < 0.10$$

R_3	R_{31}	R_{32}	R_{33}	W
R_{31}	1	3	5	0.648
R_{32}	1/3	1	2	0.230
R_{33}	1/5	1/2	1	0.122

$$CI=0.0018, CR=0.0031 < 0.10$$

R_5	R_{51}	R_{52}	W	CI
R_{51}	1	3	0.75	0
R_{52}	1/3	1	0.25	

R_2	R_{21}	R_{22}	W	CI
R_{21}	1	3	0.75	0
R_{22}	1/3	1	0.25	

R_4	R_{41}	R_{42}	R_{43}	W
R_{41}	1	3	7	0.659
R_{42}	1/3	1	4	0.263
R_{43}	1/7	1/4	1	0.078

$$CI=0.0462, CR=0.0279 < 0.10$$

Табела 4.2.4.1.7 представља поређења на другом нивоу, која се односе на употребу обновљивих извора енергије и добијене тежинске коефицијенте.

Резултати рангирања критеријума добијених на основу тежинских коефицијената из табела 4.2.4.1.1 – табела 4.2.4.1.7, добијених АХП методом представљени су у Табели 4.2.4.1.8.

Табели 4.2.4.1.8 Рангирање индикатора за пројекат изградње ЕЕ зграде

Индикатори	Тежина	Ранг
S11 – терен у паду ка југу	0.0798	3
S12 – раван терен	0.0353	9
S13 – терен у паду ка северу	0.0067	28
S21 – облик парцеле је правоугаоник окренут ужом страном у правцу С-Ј, улица је правца И-З	0.0344	10
S22 – облик парцеле је паралелограм окренут ужом страном у правцу С-Ј, улица је правца СИ-ЈЗ и СЗ-ЈИ	0.0148	19
S23 – облик парцеле је правоугаоник окренут ужом страном у правцу И-З, улица је правца С-Ј	0.0038	33
S31 – оптимално растојање новог од постојећих објеката	0.0217	16

S32 - смицање новог објекта у односу на постојеће тако да његова јужна фасада не буде заклоњена	0.0072	27
S41– локација заштићена од ветрова самом конфигурацијом терена	0.0143	20
S42 – директна изложеност ветровима	0.0028	35
S51 – утицај вегетације на побољшање микроклиме	0.0052	30
S52 – утицај вегетације на заштиту од Сунца	0.0017	37.5
S53 – утицај вегетације на заштиту од ветра	0.0017	37.5
D11 – разуђеност и облик објекта	0.1743	1
D12 – димензије објекта	0.0618	5
D13 – удаљеност суседних објеката	0.0328	11
D21 – врста и дебљина термоизолације	0.0782	4
D22 – врста и дебљина осталих материјала	0.0261	14
D31 – врста стакла	0.0809	2
D32 – врста профила врата и прозора	0.0327	12
D33 – површина отвора столарије	0.0133	21
D41 – дневна зона оријентисана ка југу, спаваћа ка истоку, степениште и санитарије ка северу	0.0482	6
D42 – дневна зона оријентисана ка западу, спаваћа ка југу, степениште и санитарије ка северу	0.0157	18
D43 – спаваћа зона оријентисана ка западу, дневна ка северу, степениште и санитарије ка југу	0.0041	32
D51 – заштита од Сунца завесама	0.0357	8
D52 – заштита од Сунца надстрешницама	0.0089	22
D61 – природно осветљење и проветравање	0.0262	13
D62 – вештачко осветљење и проветравање	0.0087	23
R11– изоловани топлотни добици	0.039	7
R12– индиректни топлотни добици	0.0167	17
R13 – директни топлотни добици	0.0052	29
R21 – фотонапонски панели	0.0225	15
R22 – соларни колектори	0.0075	25
R31 – примена сонде	0.0074	26
R32 – примена колектора	0.0026	36
R33 – примена бунара	0.0014	40
R41 – дрвна биомаса	0.0084	24

R42 – остаци од жетве	0.0033	34
R43 – животињски отпад	0.0009	41
R51 – примена ветротурбина	0.0045	31
R52 - примена Вентуријевог ефекта циркулације ваздуха	0.0015	39

4.2.4.2 Примена ФАХП методе у планирању и пројектовању нових зграда

Истраживање се наставља рангирањем истих критеријума подкритеријума са слике 4.2.4, у процесу изградње ЕЕ зграде, али рангирање се врши ФАХП методом.

Табела 4.2.4.2.1 представља међусобну зависност процена критеријума. С обзиром да је $CR < 0.10$, матрица поређења је конзистентна и представља поређење критеријума на првом нивоу. Синтетички троугласти фази бројеви за критеријуме су дати у табели 4.2.4.2.2 и приказани су на слици 4.2.4.2.1. Тежина критеријума је обележена са W_C .

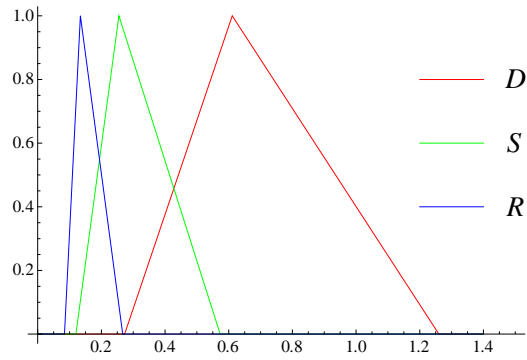
Табела 4.2.4.2.1 Поређење критеријума

	D	S	R
D	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$
S	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$
R	$\tilde{4}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{1}$

$$CI=0.009, CR=0.016 < 0.10$$

Табела 4.2.4.2.2 Троугаони фази бројеви и тежине за критеријуме D, S, R

	Троугаони фази бројеви	W_C за $\lambda=1$	W_C за $\lambda=1/2$	W_C за $\lambda=0$
D	(0.273,0.611,1.260)	0.6037	0.6022	0.5989
S	(0.12,0.255,0.573)	0.2670	0.2627	0.2539
R	(0.084,0.134,0.267)	0.1294	0.1351	0.1472



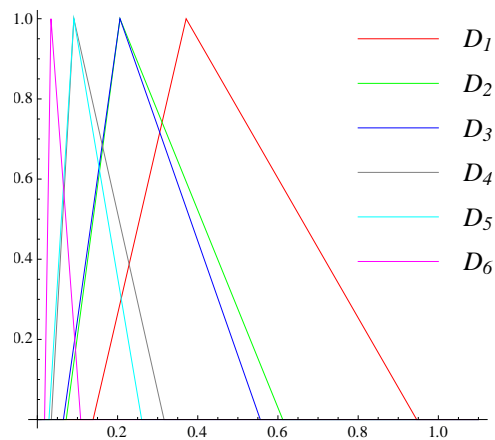
Слика 4.2.4.2.1 Трoугaони фази бројeви и тежине за критеријуме D , S , R

У табели 4.2.4.2.3 приказана је матрица поређења подкритеријума у односу на дизајн зграде.

Табела 4.2.4.2.3 Поређење индикатора у релацији са D_i

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
D_1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$
D_2	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$
D_3	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$
D_4	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
D_5	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
D_6	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$

$$CI=0.029, CR=0.023 < 0.10$$



Слика 4.2.4.2.2 Трoугaони фази бројeви за подкритеријуме D_i

У табели 4.2.4.2.4 су дати одговарајући синтетички троугласти фази бројеви, док је илустрација троугластих бројева приказана на слици 4.2.4.2.2. Тежина критеријума је означена са W_{SC} . Доследност се постиже у свим корацима нумеричких израчунавања.

Табела 4.2.4.2.4 Троугаони фази бројеви и тежине за подкритеријуме D_i

	Троугаони фази бројеви	W_C за $\lambda=1$	W_C за $\lambda=1/2$	W_C за $\lambda=0$
D_1	(0.139,0.371,0.946)	0.3470	0.3547	0.3762
D_2	(0.072,0.206,0.612)	0.2156	0.2127	0.2048
D_3	(0.065,0.206,0.556)	0.2009	0.2006	0.1999
D_4	(0.035,0.091,0.316)	0.1070	0.1032	0.0928
D_5	(0.029,0.091,0.260)	0.0923	0.0912	0.0880
D_6	(0.018,0.034,0.108)	0.0373	0.0376	0.0384

Табела 4.2.4.2.5 приказује релативну зависност подкритеријума у односу на избор места, док су одговарајући фази бројеви наведени у табели 4.2.4.2.6.

Табела 4.2.4.2.5 Упоредивање индикатора у односу на подкритеријуме S_i

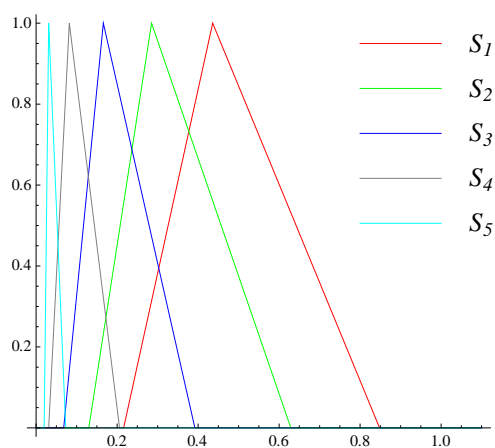
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$
S_2	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$
S_3	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$
S_4	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
S_5	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$

$$CI=0.059, CR=0.053<0.10$$

Табела 4.2.4.2.6 Троугаони фази бројеви и тежине за подкритеријуме S_i

	Троугаони фази бројеви	W_C за $\lambda=1$	W_C за $\lambda=1/2$	W_C за $\lambda=0$
S_1	(0.216,0.436,0.848)	0.4078	0.4197	0.4452
S_2	(0.130,0.285,0.629)	0.2903	0.2880	0.2830
S_3	(0.068,0.166,0.392)	0.1773	0.1718	0.1599
S_4	(0.031,0.082,0.206)	0.0914	0.0868	0.0770
S_5	(0.020,0.031,0.073)	0.0332	0.0337	0.0349

Синтетички троугласти фази бројеви за подкритеријуме S_i илустрован је на слици 4.2.4.2.3.



Слика 4.2.4.2.3 Троугаони фази бројеви за подкритеријуме L_i

У табели 4.2.4.2.7 представљено је упоређивање подкритеријума у погледу коришћења обновљивих извора енергије. За матрицу поређења индекс конзистентности и однос конзистенције су $CI = 0.032$, $CR = 0.028 < 0.10$. Табела 4.2.4.2.8 приказује одговарајуће тежине и одговарајуће синтетичке троугласте фази бројеве. Илустрација троугаоних фази бројева приказана је на слици 4.2.4.2.4.

Табела 4.2.4.2.7 Упоређивање индикатора у односу на подкритеријуме R_i

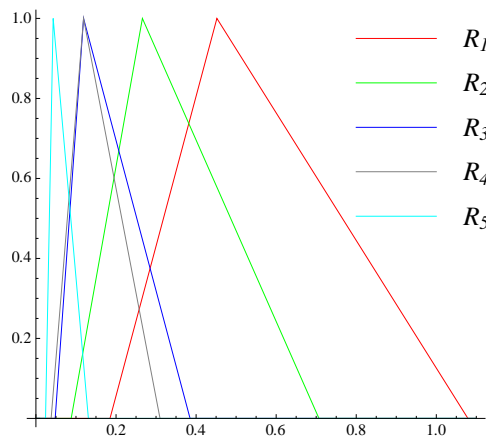
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
R_1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$
R_2	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$
R_3	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
R_4	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
R_5	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$

$$CI=0.032, CR=0.028<0.10$$

Табела 4.2.4.2.8 Троугаони фази бројеви и тежине за подкритеријуме R_i

	Троугаони фази бројеви	W_C за $\lambda=1$	W_C за $\lambda=1/2$	W_C за $\lambda=0$
R_1	(0.185,0.452,1.079)	0.4240	0.4343	0.4611
R_2	(0.088,0.266,0.707)	0.2693	0.2656	0.2561

R ₃	(0.048,0.119,0.385)	0.1395	0.1343	0.1207
R ₄	(0.038,0.119,0.310)	0.1189	0.1175	0.1138
R ₅	(0.024,0.043,0.131)	0.0484	0.0484	0.0484



Слика 4.2.4.2.4 Троугаони фази бројеви за подкритеријуме Ri

За наведене критеријуме и подкритеријуме матрице поређења, рангови су добијени фази АХП методом за различите вредности λ . Тежине подкритеријума су обележене са W_{SSC} у једначини 4.2.4.2.1:

$$W = W_C * W_{SC} * W_{SSC} \quad (15)$$

У табели 4.2.4.2.9, дато је рангирање индикатора за $\lambda = 1$. У табели 4.2.4.2.10 је рангирање индикатора за $\lambda = 1/2$, док је у табели 4.2.4.2.11 рангирање индикатора за $\lambda = 0$. Извршена је одговарајућа анализа АХП методом и изведени су одговарајући закључци.

Најважнији индикатори унутар сваке групе подкритеријума, који се налазе на десној страни графикона, могу се приметити из фигура троугаоних фази бројева. Сл. 4.2.4.2.2 показује да су најважнији фактори D_1 - фактор облика и D_2 – термички омотач. Сл. 4 показује значај S_1 - конфигурације терена и S_2 - облик и оријентацију парцеле. Са друге стране, слика 5 показује да је најважнији подкритеријум у вези са коришћењем обновљивих извора енергије R_1 - употреба пасивних соларних система и R_2 - употреба активних соларних система (соларних панела).

Табела 4.2.4.2.9. Рангирање кључних подкритеријума са становишта ЕЕ ($\lambda=1$)

	W_C	W_{SC}	W_{SSC}	W
D_{11}	0.6037	0.3470	0.5886	0.1233

D_{21}	0.6037	0.2156	0.7500	0.0976
D_{31}	0.6037	0.2009	0.5886	0.0714

D ₁₂	0.6037	0.3470	0.3074	0.0644
S ₁₁	0.2670	0.4078	0.5587	0.0608
S ₂₁	0.2670	0.2903	0.5880	0.0456
D ₅₁	0.6037	0.0923	0.8106	0.0452
S ₁₂	0.2670	0.4078	0.3898	0.0424
D ₄₁	0.6037	0.1070	0.6137	0.0396
D ₃₂	0.6037	0.2009	0.3074	0.0373
S ₃₁	0.2670	0.1773	0.7500	0.0355
R ₁₁	0.1294	0.4240	0.6012	0.0330
D ₂₂	0.6037	0.2156	0.2500	0.0325
S ₂₂	0.2670	0.2903	0.3481	0.0270
R ₂₁	0.1294	0.2693	0.7500	0.0261
D ₁₃	0.6037	0.3470	0.1041	0.0218
D ₄₂	0.6037	0.1070	0.3309	0.0214
S ₄₁	0.2670	0.0914	0.8487	0.0207
R ₁₂	0.1294	0.4240	0.3226	0.0177
D ₆₁	0.6037	0.0373	0.7500	0.0169
D ₃₃	0.6037	0.2009	0.1041	0.0126
S ₃₂	0.2670	0.1773	0.2500	0.0118

D ₅₂	0.6037	0.0923	0.1894	0.0106
R ₃₁	0.1294	0.1385	0.5886	0.0105
R ₄₁	0.1294	0.1189	0.5880	0.0090
R ₂₂	0.1294	0.2693	0.2500	0.0087
D ₆₂	0.6037	0.0373	0.2500	0.0056
S ₁₃	0.2670	0.4078	0.0515	0.0056
R ₃₂	0.1294	0.1395	0.3074	0.0055
R ₄₂	0.1294	0.1189	0.3481	0.0054
S ₅₁	0.2670	0.0332	0.5845	0.0052
S ₂₃	0.2670	0.2903	0.0639	0.0050
R ₅₁	0.1294	0.0484	0.7500	0.0047
R ₁₃	0.1294	0.4240	0.0761	0.0042
S ₄₂	0.2670	0.0914	0.1513	0.0037
D ₄₃	0.6037	0.1070	0.0554	0.0036
S ₅₂	0.2670	0.0332	0.2466	0.0022
R ₃₃	0.1294	0.1395	0.1041	0.0019
R ₅₂	0.1294	0.0484	0.2500	0.0016
S ₅₃	0.2670	0.0332	0.1689	0.0015
R ₄₃	0.1294	0.1189	0.0639	0.0010

Табела 4.2.4.2.10. Рангирање кључних подкритеријума са становишта ЕЕ ($\lambda=1/2$)

	W _C	W _{SC}	W _{SSC}	W
D ₁₁	0.6022	0.3547	0.5917	0.1264
D ₂₁	0.6022	0.2127	0.7398	0.0948
D ₃₁	0.6022	0.2006	0.5917	0.0715
D ₁₂	0.6022	0.3547	0.3004	0.0642
S ₁₁	0.2627	0.4197	0.5612	0.0619
S ₂₁	0.2627	0.2880	0.5854	0.0443
D ₅₁	0.6022	0.0912	0.8009	0.0440
S ₁₂	0.2627	0.4197	0.3832	0.0422
D ₄₁	0.6022	0.1032	0.6124	0.0381
D ₃₂	0.6022	0.2006	0.3004	0.0363
R ₁₁	0.1351	0.4343	0.5944	0.0349
S ₃₁	0.2627	0.1718	0.7398	0.0334

D ₂₂	0.6022	0.2127	0.2602	0.0333
R ₂₁	0.1351	0.2656	0.7398	0.0265
S ₂₂	0.2627	0.2880	0.3450	0.0261
D ₁₃	0.6022	0.3547	0.1080	0.0231
D ₄₂	0.6022	0.1032	0.3296	0.0205
S ₄₁	0.2627	0.0868	0.8362	0.0191
R ₁₂	0.1351	0.4343	0.3233	0.0190
D ₆₁	0.6022	0.0376	0.7398	0.0168
D ₃₃	0.6022	0.2006	0.1080	0.0130
S ₃₂	0.2627	0.1718	0.2602	0.0117
D ₅₂	0.6022	0.0912	0.1991	0.0109
R ₃₁	0.1351	0.1343	0.5917	0.0107
R ₂₂	0.1351	0.2656	0.2602	0.0093

R ₄₁	0.1351	0.1175	0.5854	0.0093
S ₁₃	0.2627	0.4197	0.0557	0.0061
D ₆₂	0.6022	0.0376	0.2602	0.0059
R ₄₂	0.1351	0.1175	0.3450	0.0055
R ₃₂	0.1351	0.1343	0.3004	0.0055
S ₂₃	0.2627	0.2880	0.0696	0.0053
S ₅₁	0.2627	0.0337	0.5779	0.0051
R ₅₁	0.1351	0.0484	0.7398	0.0048

R ₁₃	0.1351	0.4343	0.0823	0.0048
S ₄₂	0.2627	0.0868	0.1638	0.0037
D ₄₃	0.6022	0.1032	0.0580	0.0036
S ₅₂	0.2627	0.0337	0.2431	0.0022
R ₃₃	0.1351	0.1343	0.1080	0.0020
R ₅₂	0.1351	0.0484	0.2602	0.0017
S ₅₃	0.2627	0.0337	0.1789	0.0016
R ₄₃	0.1351	0.1175	0.0696	0.0011

Табела 4.2.4.2.11. Рангирање кључних подкритеријума са становишта ЕЕ ($\lambda=0$)

	W _C	W _{SC}	W _{SSC}	W
D ₁₁	0.5989	0.3762	0.5998	0.1351
D ₂₁	0.5989	0.2048	0.7143	0.0876
D ₃₁	0.5989	0.1999	0.5998	0.0718
S ₁₁	0.2539	0.4452	0.5652	0.0639
D ₁₂	0.5989	0.3762	0.2821	0.0636
S ₁₂	0.2539	0.4452	0.3722	0.0421
S ₂₁	0.2539	0.2830	0.5802	0.0417
D ₅₁	0.5989	0.0880	0.7872	0.0415
R ₁₁	0.1472	0.4611	0.5827	0.0396
D ₂₂	0.5989	0.2048	0.2857	0.0350
D ₄₁	0.5989	0.0928	0.6106	0.0339
D ₃₂	0.5989	0.1999	0.2821	0.0338
S ₃₁	0.2539	0.1599	0.7143	0.0290
R ₂₁	0.1472	0.2561	0.7143	0.0269
D ₁₃	0.5989	0.3762	0.1181	0.0266
S ₂₂	0.2539	0.2830	0.3385	0.0243
R ₁₂	0.1472	0.4611	0.3245	0.0220
D ₄₂	0.5989	0.0928	0.3279	0.0182
D ₆₁	0.5989	0.0384	0.7143	0.0164
S ₄₁	0.2539	0.0770	0.8136	0.0159

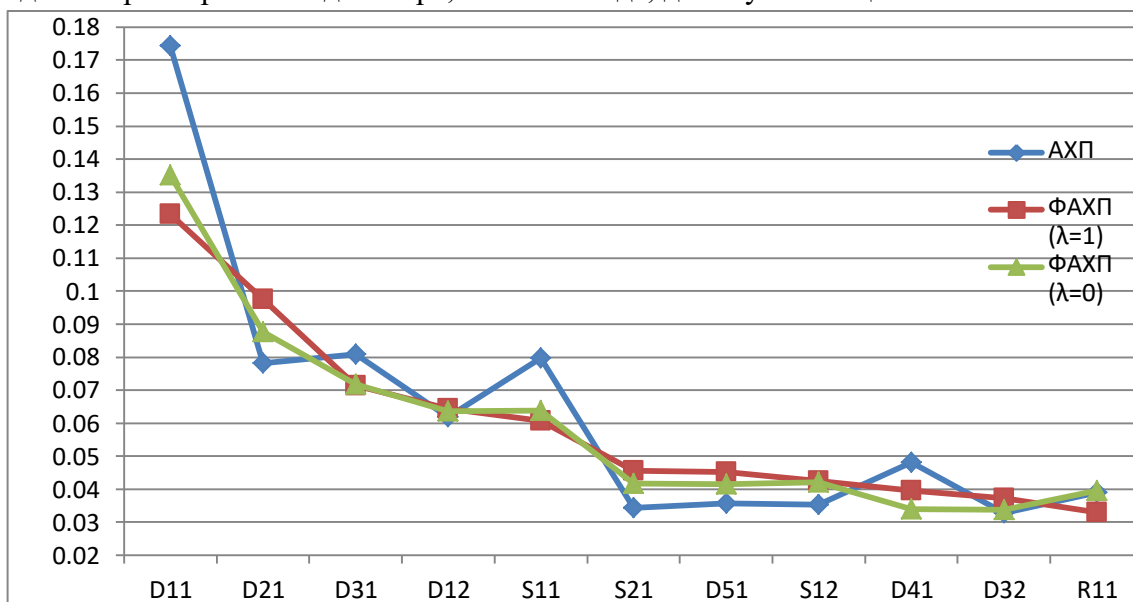
D ₃₃	0.5989	0.1999	0.1181	0.0141
S ₃₂	0.2539	0.1599	0.2857	0.0116
D ₅₂	0.5989	0.0880	0.2128	0.0112
R ₂₂	0.1472	0.2561	0.2857	0.0108
R ₃₁	0.1472	0.1207	0.5998	0.0107
R ₄₁	0.1472	0.1138	0.5802	0.0097
S ₁₃	0.2539	0.4452	0.0626	0.0071
D ₆₂	0.5989	0.0384	0.2857	0.0066
R ₁₃	0.1472	0.4611	0.0929	0.0063
S ₂₃	0.2539	0.2830	0.0813	0.0058
R ₄₂	0.1472	0.1138	0.3385	0.0057
R ₅₁	0.1472	0.0484	0.7143	0.0051
R ₃₂	0.1472	0.1207	0.2821	0.0050
S ₅₁	0.2539	0.0349	0.5596	0.0050
S ₄₂	0.2539	0.0770	0.1864	0.0036
D ₄₃	0.5989	0.0928	0.0615	0.0034
R ₃₃	0.1472	0.1207	0.1181	0.0021
S ₅₂	0.2539	0.0349	0.2332	0.0021
R ₅₂	0.1472	0.0484	0.2857	0.0020
S ₅₃	0.2539	0.0349	0.2073	0.0018
R ₄₃	0.1472	0.1138	0.0813	0.0014

Вишекритеријумском анализом је обрађен велики број индикатора како би се разматрао аспект ЕЕ у процесу пројектовања и изградње зграда. Кључни индикатори су издвојени на слици 4.2.4.2.5.



Слика 4.2.4.2.5 Кључни индикатори аспект ЕЕ у процесу пројектовања и изградње зграда.

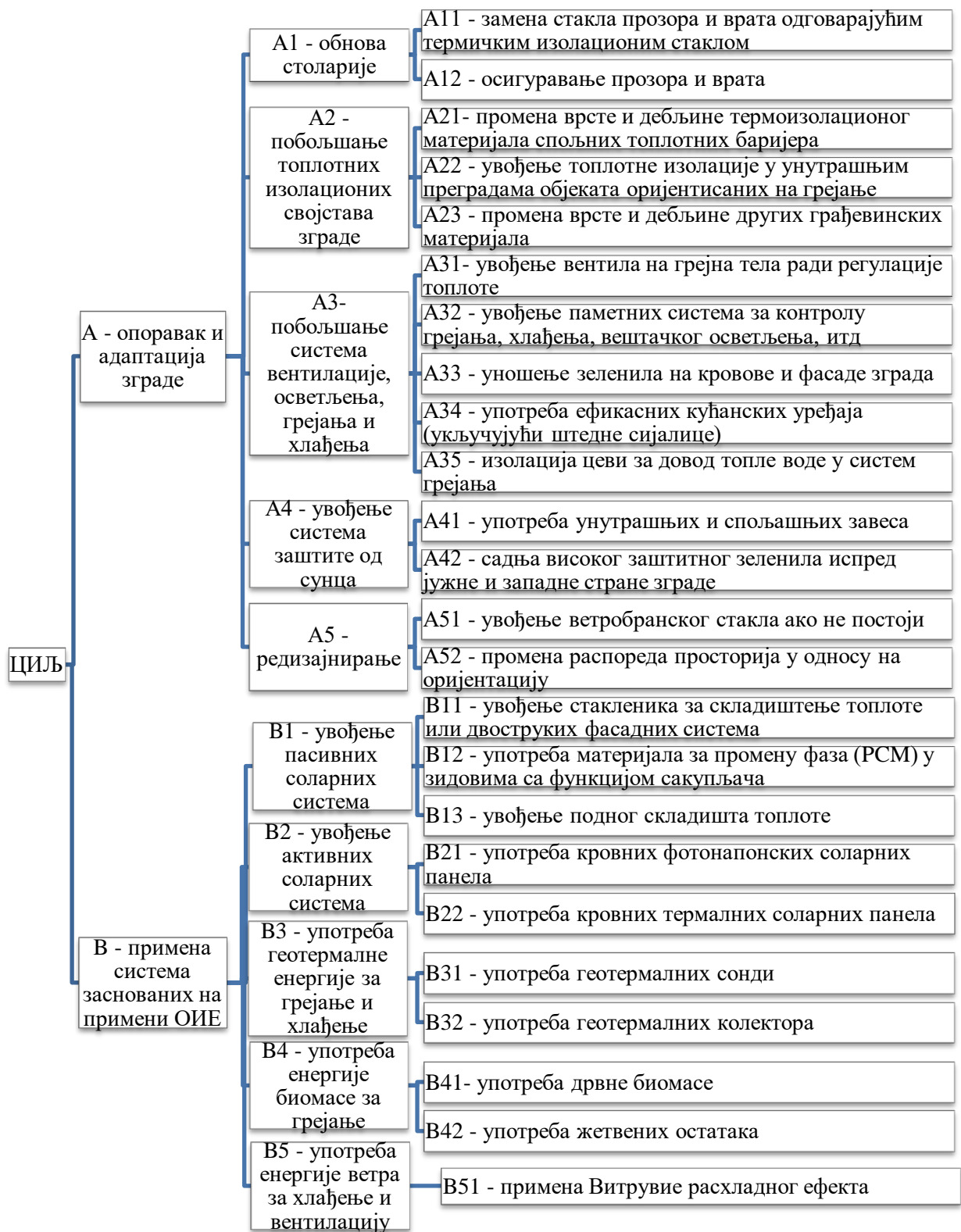
Вредности ранжираних индикатора, за обе методе, дате су на слици 4.2.4.2.6 .



Слика 4.2.4.2.6 Кључни индикатори издвојени применом АХП и ФАХП методе

4.2.4.3 Примена АХП методе на постојеће зграде

У овом делу је циљ указати на значај употребе вишекритеријумских анализа у тренутку доношења сложених и важних одлука у области ЕЕ.



4.2.4.3.1 Хијерархијска структура одлучивања у оптимизацији рангирања пројекта

Истраживање је засновано на рангирању индикатора употребом математичке АХП методе. Узимајући у обзир велики број подкритеријума и алтернатива, односно индикатора у процесу унапређења енергетских перформанси, у овом делу, вишекритеријумска анализа даје могућност избора најоптималнијег решења са аспекта ЕЕ код постојећих зграда (циљ, односно први ниво у хијерархији). Хијерархијска структура одлучивања у оптимизацији рангирања са аспекта ЕЕ код постојећих зграда, приказана је на слици 4.2.4.3.1.

Поређење критеријума на другом нивоу је представљено матрицом поређења подкритеријума која се односи на реконструкцију и адаптацију стамбених зграда и одговарајуће коефицијенте тежине (W_{sc}). Тако је, на пример, обнова столарије важнија од примене система заштите од сунца од релевантног значаја 7. С обзиром да је $CI = 0,048$, матрица $CR = 0,043 < 0,10$ је конзистентна.

Табела 4.2.4.3.1 Матрица поређења у односу на групе критеријума А и В

	A	B	W_c
A	1	2	0.6667
B	1/2	1	0.3333

Табела 4.2.4.3.2 Матрица поређења у односу на групу критеријума А

A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	W_{sc}
A ₁	1	2	6	7	9	0.4757
A ₂	1/2	1	5	6	8	0.3289
A ₃	1/6	1/5	1	2	4	0.0973
A ₄	1/7	1/6	1/2	1	3	0.0647
A ₅	1/9	1/8	1/4	1/3	1	0.0334

Табела 4.2.4.3.3 приказује матрицу поређења подкритеријума која се односи на имплементацију система заснованих на примјени обновљивих извора енергије, а у њој се израчунавају тежински коефицијенти (W_{sc}). Стога је увођење пасивних соларних система важније од примене активних соларних система од значаја 2. Будући да је $CI = 0,043$, $CR = 0,038 < 0,10$, матрица упоређивања је конзистентна. Табела 4.2.4.3.4 добија матрицу поређења подкритеријума за обнову столарије (A₁) у постојећим стамбеним зградама и одговарајуће тежинске коефицијенте W_{sc} . Табела 4.2.4.3.5 приказује поређење подкритеријума за побољшање термичких изолационих својстава објеката (A₂). Промена

топлотне изолације у спољним топлотним баријерама има већи значај од промене других врста грађевинских материјала у згради која има релевантни значај 3. Пошто је $CI = 0,005$, $CR = 0,008 < 0,10$, матрица упоређивања је конзистентна.

Табела 4.2.4.3.3 Матрица поређења у односу на групу критеријума В

B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	Wsc
B ₁	1	2	5	6	8	0.4627
B ₂	1/2	1	4	5	7	0.3141
B ₃	1/5	1/4	1	2	4	0.1121
B ₄	1/6	1/5	1/2	1	3	0.0738
B ₅	1/8	1/7	1/4	1/3	1	0.0373

Табела 4.2.4.3.4 Матрица поређења подкритеријума А₁

A ₁	A ₁₁	A ₁₂	Wssc
A ₁₁	1	2	0.6667
A ₁₂	1/2	1	0.3333

Табела 4.2.4.3.5 Матрица поређења подкритеријума А₂

A ₂	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	Wssc
A ₂₁	1	2	3	0.5396
A ₂₂	1/2	1	2	0.2970
A ₂₃	1/3	1/2	1	0.1634

У табели 4.2.4.3.6 дата је матрица поређења за подкритеријум који се односи на побољшање система вентилације, осветљења и грејања и хлађења постојећих стамбених зграда (А₃), као и одговарајући коефицијент тежине. Пошто је $CI = 0,020$, $CR = 0,016 < 0,10$, матрица поређења је конзистентна.

Табела 4.2.4.3.6 Матрица поређења у односу подкритеријум А₃

A ₃	A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃	A ₃₄	A ₃₅	A ₃₆	Wssc
A ₃₁	1	2	2	3	4	6	0.3432
A ₃₂	1/2	1	1	2	3	5	0.2074
A ₃₃	1/2	1	1	2	3	5	0.2074
A ₃₄	1/3	1/2	1/2	1	2	4	0.1244
A ₃₅	1/4	1/3	1/3	1/2	1	3	0.0789
A ₃₆	1/6	1/5	1/5	1/4	1/3	1	0.0387

Табела 4.2.4.3.7 Матрица поређења за A_4

A_4	A_{41}	A_{42}	Wssc
A_{41}	1	3	0.7500
A_{42}	1/3	1	0.2500

Табела 4.2.4.3.8 Матрица поређења за A_5

A_5	A_{51}	A_{52}	Wssc
A_{51}	1	2	0.6667
A_{52}	1/2	1	0.3333

Табела 4.2.4.3.7 приказује матрицу поређења подкритеријума који се односи на увођење система заштите од Сунца (A_4), док табела 4.2.4.3.8 приказује матрицу поређења подкритеријума у односу на редизајнирање унутрашњости зграде (A_5). Табела 4.2.4.3.9 представља матрицу поређења за подкритеријума која се односи на примену пасивних соларних система (B_1). Пошто је $CI = 0,009$, $CR = 0,016 < 0,10$, матрица поређења је конзистентна. Табела 4.2.4.3.10 даје матрицу поређења подкритеријума који се односе на примену активних соларних система (B_2) у постојећим стамбеним зградама. Обе табеле садрже одговарајуће тежинске коефицијенте Wssc.

Табела 4.2.4.3.9 Матрица поређења за B_1

B_1	B_{11}	B_{12}	B_{13}	Wssc
B_{11}	1	2	4	0.5584
B_{12}	1/2	1	3	0.3196
B_{13}	1/4	1/3	1	0.1220

Табела 4.2.4.3.10 Матрица поређења за B_2

B_2	B_{21}	B_{22}	Wssc
B_{21}	1	2	0.6667
B_{22}	1/2	1	0.3333

Табела 4.2.4.3.11 представља матрицу поређења подкритеријума који се односе на примену геотермалне енергије за грејање и хлађење (B_3), а табела 4.2.4.3.12 матрицу поређења подкритеријума која се односи на употребу биомасе за грејање (B_4). Табела 4.2.4.3.13 даје поређење подкритеријума за примену енергије ветра за хлађење и вентилацију (B_5).

Табела 4.2.4.3.11 Матрица поређења за B_3

B_3	B_{31}	B_{32}	Wssc
B_{31}	1	4	0.8000
B_{32}	1/4	1	0.2000

Табела 4.2.4.3.12 Матрица поређења за B_4

B_4	B_{41}	B_{42}	Wssc
B_{41}	1	3	0.7500
B_{42}	1/3	1	0.2500

Табела 4.2.4.3.13 Матрица поређења за B_5

B_5	B_{51}	W_{ssc}
B_{51}	1	1.0000

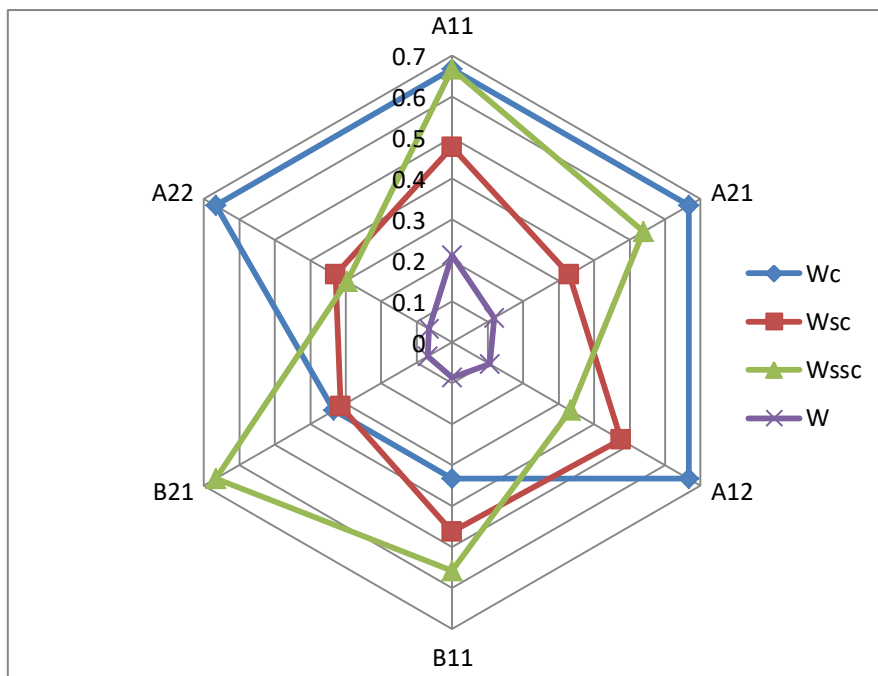
Да би се пронашло најбоље решење за побољшање енергетске ефикасности стамбених зграда, извршено је рангирање одговарајућих индикатора, АХП методом вишекритеријумске анализе. Резултати рангирања индикатора приказани су у табели 4.2.4.3.14.

Табела 4.2.4.2.14 Ранг индикатора са аспекта ЕЕ зграда

Ранг	Индикатори	W_c	W_{sc}	W_{ssc}	W
1.	A_{11} - замена стакла прозора и врата одговарајућим термоизолационим стаклом	0.6667	0.4757	0.6667	0.2114
2.	A_{21} - замена термоизолације спољшњих зидова, крова и пода	0.6667	0.3289	0.5396	0.1183
3.	A_{12} - заптивање прозора и врата	0.6667	0.4757	0.3333	0.1057
4.	B_{11} - постављање стакленика	0.3333	0.4627	0.5584	0.0861
5.	B_{21} - постављање кровних фотонапонских панела	0.3333	0.3141	0.6667	0.0698
6.	A_{22} - увођење топлотне изолације у унутрашњост објеката	0.6667	0.3289	0.2970	0.0651
7.	B_{12} - употреба РСМ материјала	0.3333	0.4627	0.3196	0.0493
8.	A_{23} - замена другим грађевинским материјалима	0.6667	0.3289	0.1634	0.0358
9.	B_{22} - употреба соларних панела за термокров	0.3333	0.3141	0.3333	0.0349
10.	A_{41} - постављање завеса и ролетни	0.6667	0.0647	0.7500	0.0324
11.	B_{31} - постављање геотермалних	0.3333	0.1121	0.8000	0.0299

	сонди				
12.	A ₃₁ - постављање вентила за регулацију топлоте	0.6667	0.0973	0.3432	0.0223
13.	B ₁₃ - постављање и складиштење топлоте у поду	0.3333	0.4627	0.1220	0.0188
14.	B ₄₁ - коришћење дрвне биомасе	0.3333	0.0738	0.7500	0.0184
15.	A ₅₁ - постављање ветробранског стакла	0.6667	0.0334	0.6667	0.0148
16.	A ₃₂ - увођење паметних система	0.6667	0.0973	0.2074	0.0135
17.	A ₃₃ - постављање зеленила на крову и фасади зграде	0.6667	0.0973	0.2074	0.0135
18.	B ₅₁ - примена Vitruvie-вог расхладног ефекта	0.3333	0.0373	1.000	0.0124
19.	A ₄₂ - озелењавање простора испред зграде	0.6667	0.0647	0.2500	0.0108
20.	A ₃₄ - употреба ефикасних кућанских уређаја	0.6667	0.0973	0.1244	0.0081
21.	B ₃₂ - постављање геотермалних колектора	0.3333	0.1121	0.2000	0.0075
22.	A ₅₂ - промена распореда просторија у односу на оријентацију	0.6667	0.0334	0.3333	0.0074
23.	B ₄₂ - употреба жетвених остатака за загревање	0.3333	0.0738	0.2500	0.0061
24.	A ₃₅ - изолација цеви за довод топле воде	0.6667	0.0973	0.0789	0.0051
25.	A ₃₆ - санација димњака	0.6667	0.0973	0.0387	0.0025

На слици 4.2.4.3.2 је издвојено шест кључних индикатора и графички представљене вредности тежинских коефицијената за сваку групу у којој се налазе као и њихова укупна вредност.



Слика 4.2.4.3.2 Вредности тежинских коефицијената за све атрибуте

4.2.4.4 Примена АХП методе на савремене материјале за енергетски ефикасне зграде

У овом делу је спроведено рангирање три основне групе критеријума које је потребно узети у обзир приликом избора оптималног ЕЕ материјала: фазно променљиви материјали (PCM), иновативни термоизолациони материјали и рефлектујући премази.



Слика 4.2.4.4 Хијерархијска структура одлучивања у оптимизацији рангирања материјала

Табела 4.2.4.4.1 Матрице поређења материјала

	A	B	C	W
A	1	3	4	0.625
B	1/3	1	2	0.238
C	1/4	1/2	1	0.137

$$\lambda_{\max} = 3.018, CI = 0.009, CR = \frac{0.009}{0.58} = 0.015 < 0.1$$

	A1	A2	W
A1	1	3	0.75
A2	1/3	1	0.25

	B1	B2	W
B1	1	1/5	0.167
B2	5	1	0.833

	C1	C2	W
C1	1	5	0.833
C2	1/5	1	0.167

Табела 4.2.4.4.2 Рангирање материјала за ЕЕ

Ознака	Критеријум	Тежина	Ранг
A ₁	PCM – неорганска једињења	0.469	1
A ₂	PCM – органска једињења	0.156	3
B ₁	VIP – вакуумски изолациони панели	0.040	5
B ₂	Изолационе пене	0.198	2
C ₁	Спољашњи премази	0.114	4
C ₂	Унутрашњи премази	0.023	6

Рангирање напредних материјала указује на доминантност неорганских једињења PCM-а као и на значај изолационих пена. На тај начин могуће је олакшати налажење оптималног решења за постизање ЕЕ.

4.2.5 Концепт образовног профила Електротехничар обновљивих извора енергије

Идеја о увођењу ОИЕ у образовни систем је заснована на пројекцијама савременог тржишта и потребама за стручном радном снагом у савременим областима електроенергетике и енергетске ефикасности. На основу ДАКУМ мапе стручних

компетенција приступа се формирању структуре стручних предмета. Приликом формирања планова и програма, стручне компетенције морају бити обухваћене наставним садржајем. Посебна пажња посвећена је формирању садржаја практичне наставе на коју се највећи број стручних компетенција односе. Рад Комисије и цео процес је све време био под контролом Завода за унапређење образовања и васпитања [135]. У табели 4.2.5.1, приказана је структура стручних предмета образовног профила Електротехничар обновљивих извора енергије у дуалном систему.

Табела 4.2.5.1 структура стручних предмета образовног профила електротехничар ОИЕ

Наставни план: ЕЛЕКТРОТЕХНИЧАР ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ (дуални систем)						
ОБАВЕЗНИ СТРУЧНИ ПРЕДМЕТИ		I РАЗРЕД	II РАЗРЕД	III РАЗРЕД	IV РАЗРЕД	УКУПНО годишње
1	Физика	2+0				74
2	Основе електротехнике	3+1	3+0			296
3	Потрошачи и извори енергије	2+0				74
4	Софтверски алати у електроенергетици		0+2			74
5	Машинске инсталације са термодинамиком		2+0			74
6	Електричне инсталације		2+1			111
7	Мерења електричних и неелектричних величина		2+1			111
8	Електроника у енергетици			3+1		140
9	Дистрибутивне мреже и постројења			2+0+(18)		88
10	Електричне машине			2+1		105
11	Обновљиви извори енергије			2+0+(12)	3+1+(30)	236
12	Техничка документација				0+2	62
13	Системи управљања				0+2	62
14	Предузетништво				0+2	62
15	Енергетска ефикасност и одрживи развој				1+0	31
16	Заштита енергетских постројења				2+0+(30)	92
17	Практична настава	0+0+4	0+0+6	0+0+6+(30)	0+0+6+(30)	826
В: ИЗБОРНИ ПРЕДМЕТИ						272

1	Табела 4.2.5.2				2+0	2+0	132			
Укупно:		12	444	19	703	19	725	21	741	2613

На основу табеле 4.2.5.1, може се уочити да је број часова практичне наставе значајно повећан. То за последицу има да ће ученици овога образовног профила један дан недељно имати практичну наставу која ће се реализовати према наставном плану и програму. Место реализације практичне наставе је школска радионица у првој години школовања, док од друге године ученици иду на једнодневну праксу у фирме партнере који се у оквиру својих активности између осталог баве обновљивим изворима енергије. Реализација практичне наставе је у потпуности усклађена са најважнијим стручним предметима у току четворогодишњег образовања.

У оквиру прве године ученици се упознају са основним елементима и техникама машинске и електротехничке праксе. У другој години практична настава је у највећој мери усклађена са елементима електричне инсталације, опреме и прибора. У трећој години практична настава је усклађена са елементима обновљивих извора енергије који се изучавају у оквиру ове школске године. То су термодинамички системи, биомаса и геотермални системи. У четвртој години садржаји практичне наставе усклађени су са елементима обновљивих извора енергије који се изучавају кроз теоријски део и лабораторијске вежбе. У току завршне школске године ученици имају прилику да раде на системима фотонапонских електрана и ветроелектрана. Осим тога у току треће и четврте године у оквиру практичне наставе предвиђен је блок од 30 часова што ће омогућити ученицима да једну недељу у континуитету раде на практичној настави [136].

Наставним планом и програмом предвиђен је и одговарајући број часова на трећој и четвртој години за изборне стручне предмете. Тако се ученицима пружа стицање додатних знања. Списак изборних стручних предмета приказан је у табели 4.2.5.2

Табела 4.2.5.2 Списак изборних стручних предмета

	Листа изборних предмета	Разред			
		I	II	III	IV
1	Тржиште електричне енергије			2	
2	Елементи управљања			2	
3	Термички и расхладни уређаји			2	
3	Електромоторни погон				2
4	Напредне електроенергетске мреже				2
6	Рачунари у системима управљања				2

5 ДИСКУСИЈА

5.1 Активности и мере усмерене ка концепту пројеката обновљивих извора енергије

Имајући у виду да велики број фактора утиче на дефинисање пројеката, у рангирању су разматране три основне групе критеријума и 30 различитих подкритеријума. Рангирани резултати су добијени применом АХП и ФАХП методе, при чему су подкритеријуми највишег ранга исти у обе примењене методе. Одабир индикатора перформанси, њихово рангирање применом методе и праћење вредности највиших ранг индикатора указују на развој прилагодљивог модела ОИЕ пројекта. Развој модела указује да заинтересоване стране, треба да размотре економске и финансијске факторе као и физичку инфраструктуру за правилно управљање и превенцију трошкова и временских прекорачења, како би дошло до трансформације енергетског сектора употребом ОИЕ технологија. Зато време и трошкови, као приоритетни индикатори који утичу на перформансе пројекта, указују на значајну везу претходно наведеним факторима. Анализа осетљивости се користи да се утврди колико је осетљив неки модел одлучивања. Често се користи код оцене пројеката. Код анализе осетљивости проверава се шта ће бити ако се промене улазни подаци, нпр. износ инвестиције, трошкови или приходи. На тај начин се могу утврдити бројке које су још увек прихватљиве и сачинити профил ризика. Анализа осетљивости је укључена на нивоу критеријума повећањем важности тежине I_i у односу на U_i и F_i и тежине за U_i у односу на I_i и F_i . Са повећањем значаја I_i за вредности мање од 0,1, редослед првих 10 критеријума се не мења. Међутим, с повећањем важности U_1 за 0,1 (што је прво на ранг листи U_i критеријума), прелази на 10. место. Истовремено, за 0,17 скаче на 8. место, што указује на стабилност рангирања у односу на факторе U_i . С друге стране, повећањем важности тежине I_i у односу на друга два критеријума, за 0,05 нема промена, док за 0,06, I_3 прелази са 7. на 6. место. Када се I_2 промени за 0,16, прелази са 3. на 2. место, а I_5 са 7. на 6. место. Анализа осетљивости показује да нема значајних промена у

рангирању. Примена ФАХП методе је прикладна за развијање модела предложеног пројекта са аспекта степена ризика. Анализа је појаснила да су фактори окружења најважнији јер економија има везе са распоређивањем ресурса, док су финансијска ограничења строго везана за новац. Пројекти узимају у обзир спољне факторе на које утичу одлуке, као што су неприлагођена физичка инфраструктура, неразвијена економија и финансијска нестабилност. Србија се обавезала на повећање тржишта нових енергетских технологија. За израду ОИЕ пројеката најважније је да се створе одређени услови, како би предузели одговарајуће мере. На слици 5.1 су разматрани услови за израду концепта ОИЕ пројеката за кључне факторе. Студија случаја показује да фактори окружења имају велики утицај на развој концепта ОИЕ пројеката, мада иако се издвајају економски, финансијски и физичка инфраструктура као приоритети, ни остали из ове групе критеријума, не могу да буду мање важни јер налазе у првој половини ранжираних индикатора. Велики број индикатора квалитета се може измерити и проценити, али најважнији су време, трошкови, квалитет и задовољство корисника. Приказаћемо одређене мере за прва шест ранжираних индикатора на слици 5.1

Финансијски фактор	Економски фактор	Физичка инфраструктура
<ul style="list-style-type: none"> • подршка државе кроз програме и јавне позиве • обукама за писање пројеката и разрада пројектних идеја • регулаторна ограничења • стимулација и одзив инвеститора 	<ul style="list-style-type: none"> • подршка пројекту кроз реализацију, саветовање и праћење • имплементација обуке за писање пројекта и пројектних идеја • отворено тржиште различитих извора енергије • објективна процена будућих уштеда и испорука квалитета 	<ul style="list-style-type: none"> • улагања у инфраструктуру ниских емисија угљеника • избор и процена локације (географска, подземни и временски услови) • примена полиса из области грађевинарства, енергетике и заштите животне средине

Време	Трошкови (цена)	Социолошко-технолошки ресурси
<ul style="list-style-type: none"> • процена времена за писање пројекта и разраду пројектних идеја • процена времена проналаска адекватних учесника и партнера • процена времена остваривања пројекта 	<ul style="list-style-type: none"> • оптимална процена трошкова за писање пројекта • оптимална процена трошкова остваривања пројекта • минимизација трошкова субвенцијама 	<ul style="list-style-type: none"> • ангажовање учесника пројекта који имају одговарајуће знање • анализа одговарајућих вештина у управљању пројектима • коришћење постојећих ресурса • анализа технолошког развоја

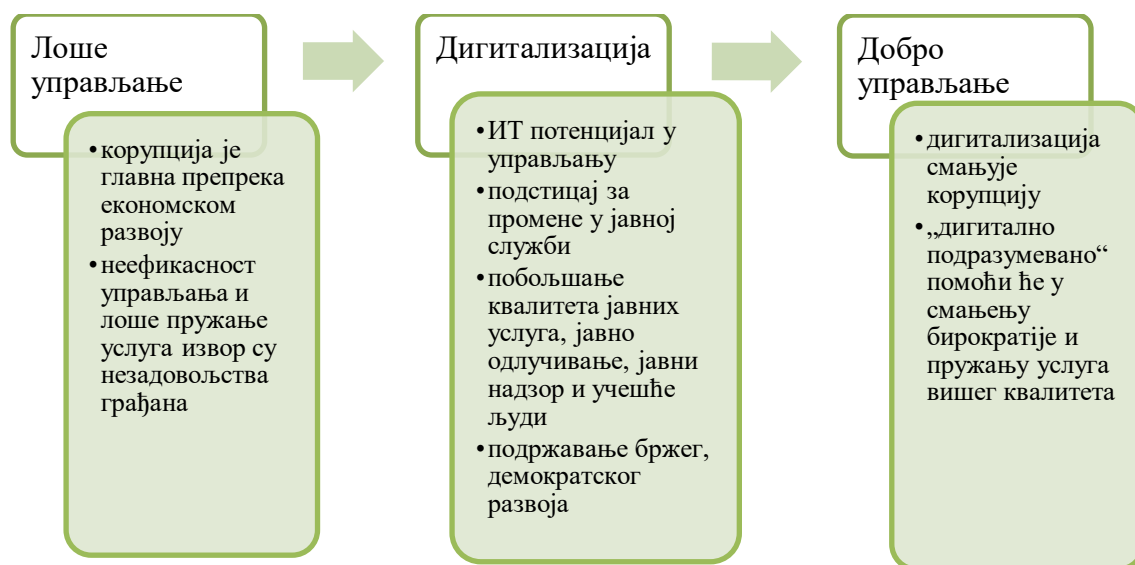
Слика 5.1 Теденција стварања услова за израду концепта ОИЕ пројекта

Интегрисање ОИЕ у систем би утицало на мању потрошњу електричне енергије и мању емисију угљеника. Примена мера енергетске ефикасности кључна је за достизање циљева у области ОИЕ, што је једна од смерница одрживог енергетског система.

5.2 Активности и мере усмерене ка концепту паметних градова са аспекта информационих технологија

Рангирање индикатора у овом делу користи методу АХП која указује на доминантну улогу у управљању учешћем, приступу услугама и е-управљању. Добро управљање повлачи за собом добро управљање јавним сектором (ефикасност, ефективност и економичност), одговорност, размену и слободан проток информација (транспарентност) и развој правног оквира (правда, поштовање људских права и слобода (World Bank)). Е-управа треба да олакша прелазак са традиционалног обављања овог управљања путем електронског медија како би се олакшао ефикасан, брз и транспарентан процес ширења

информација јавности и других агенција и обављање активности администрације управљања. Слика 5.2.1 даје преглед паметног управљања и дигиталне трансформације.



Слика 5.2.1 Тенденција усмерена ка дигиталној трансформацији

Још један доминантан фактор који указује на улогу ИКТ у концепту паметног града је паметна енергија. Новом енергетском друштву биће потребна нова технологија да би се уравнотежила понуда и потражња енергије. Град мора бити у стању да се заузме, управља и анализира податке и паметно их распоређује у јавном интересу. Потребан је и одрживи пословни модел испоруке паметних енергетских решења. Националне политике, прописи и тржишна правила требало би да омогуће деловање на нивоу целе државе. Потребно је укључити ангажовање и учешће јавности и пословања у нови флексибилан систем управљања.

Свакодневно се све више и више сензора електричне енергије (паметних бројила) поставља у приватна домаћинства, пружајући огромну количину података који се могу складиштити, анализирати и комбиновати са другим изворима информација као што су паметни телефони или уређаји који омогућавају приступ Интернету. Нове софтверске технологије могу се користити за програмирање паметних бројила за контролу и управљање свим компонентама у складу са захтевима оптерећења. Усвајање паметних бројила омогућиће купцима да читају потрошњу у датом тренутку. Слика 5.2.2 представља шему енергетских система у паметним градовима

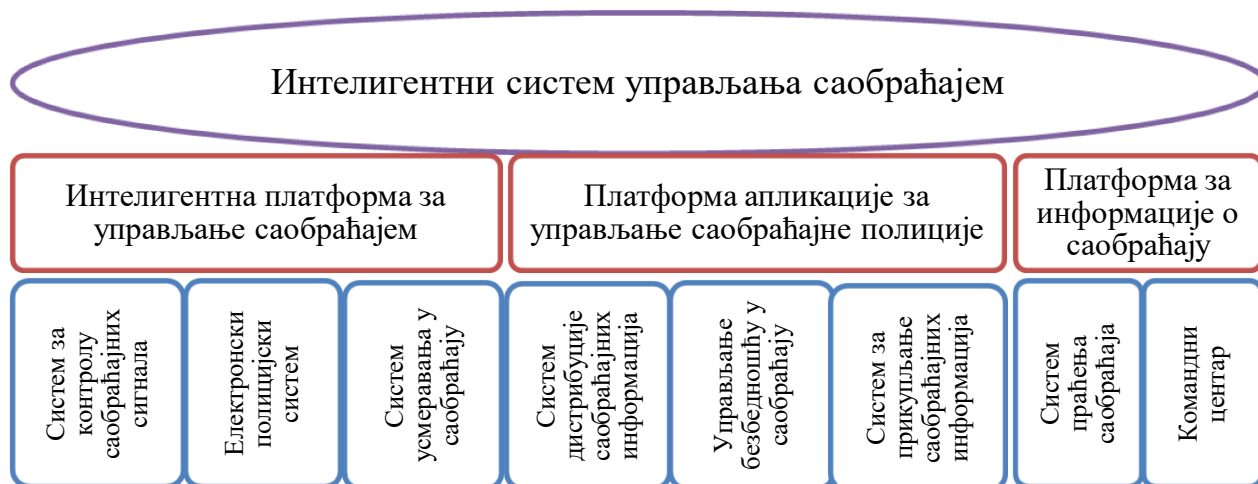


Слика 5.2.2 Енергетски системи у паметним градовима

Предлог активности и мера које би требало предузети, на основу сопствене индивидуалне визије, циљева, могућности и изазова, су следећи: интеграција ресурса, стратешко физичко и дигитално планирање. Ток активности и мера би одредио оптималну енергију и ефикасност ресурса целокупног системима. Интеграција треба да обухвати физичке, организационе и социјалне аспекте: приступ енергетским услугама, флексибилност система, ЕЕ, обновљиву енергију и ангажовање људи.

Следећи кључни индикатор су интелигентни системи управљања саобраћајем. Управљање саобраћајем је главни изазов због све већег броја возила и мултимодалног транспорта. Потражња за сигурношћу, оперативним перформансама и ефикасношћу транспорта покреће потражњу за тржиштем интелигентног транспортног система. Систем побољшава ефикасност превоза нудећи функције као што су предвиђање саобраћаја, информације о путницима, саветодавне услуге, аналитика и подршка одлучивању, регулисање наплате, сензори на путу, глобални системи за позиционирање и комуникацију. Овакав систем има много шири концепт од софтверског решења, те његово усвајање иде у правцу стратегије паметног транспорта. Његова база података, нпр. за произвођаче аутомобила, омогућава детаљни увид у перформансе возила у различитим окружењима. Не само везано за аутомобиле, систем пружа широку употребу података и у другим индустријама, као што су авио-компанија, малопродаја, здравствена заштита итд.

Слика 5.2.3 приказује структуру система и услуга интелигентног управљања саобраћајем. Тржиште и пружање услуга има растућу потребу за смањењем застоја у саобраћају, посебно у већим градовима. Поред тога, интелигентни транспортни системи нуде предности попут смањене потрошње горива, смањења кашњења и заштите животне средине.



Слика 5.2.3 Интелигентни системи и услуге управљања саобраћајем

5.3 Активности и мере усмерене ка концепту паметних градова са аспекта соларне енергије

Методом ФАХП је извршено рангирање, пет критеријума и 22 подкритеријума, које је потребно узети у обзир приликом развоја концепта инфраструктуре паметног града. На основу анализе индекса оптимизма, за $\lambda = 0$, G_4 има већи значај у односу на T_1 , а C_4 у односу на T_2 , и G_2 у односу на T_4 и T_2 . У том сценарију индикатори у групи критеријума T (соларна енергија) су мање значајни од индикатора G (инфраструктура електромреже). За даље активности идентификовали смо десет најбољих индикатора рангирања за $\lambda = 1$, који представљају оптимистичне ставове доносиоца одлука, јер је тенденција усмерена ка коришћењу соларне енергије.

Најдоминантанији индикатор, за индексе оптимизације $\lambda=1$, је праћење и управљање електричним оптерећењима у реалном времену, што повећава избор оптималних тарифа, а снабдевачима пружа могућност да прошире понуду. Паметна бројила морају бити усклађена са мрежним условима, тако да енергија може бити оптимално расподељена. Паметни мерач управља и контролише енергију из мреже, све јединице за заједничку производњу и кућне уређаје. Штедња енергије и заштита животне средине, увођењем алтернативне енергије, води смањењу емисије гасова стаклене баште и глобалног загревања, што представља полазне основе овог истраживања. Требао би постојати технички потенцијал за остварење ове мере, као што је смањење или пребацивање потражње за енергијом. Планирање и одржавање коришћеног земљишта смањује утицај на животну средину кроз пројектовање раскрсница и коридора са ултра-ниском емисијом. Соларна енергија је погодан вид алтернативне енергије за климатско подручје већине региона у југоисточној Србији, па би их требало тежити да она постане интегрални део одрживог урбаног развоја. Максимална потражња за хлађењем простора се поклапа са максималним соларним зрачењем, али то не умањује добру праксу соларне припреме потрошне топле воде и подршку систему грејања. Бежични широкопојасни приступ Интернету омогућава пренос података, приступ подацима уређаја, синхронизацију функција уређаја са паметним акцијама и дефинисање информација које се шаљу и примају као услуге контроле енергије. Постоји више решења која укључују ИКТ технологије за мрежну интеграцију ОИЕ.

Континуирано праћења енергије и повратне информација омогућавају побољшање перформанси енергетских мрежа. Евалуација управљања енергијом донеће широк спектар мера на нивоу приоритета. Комбиновање информација о предвиђању потрошње енергије може да омогући операторима мреже да планирају интеграцију обновљиве енергије у мрежу и да направе равнотежу између њих. Управљање енергијом мора дугорочно заузети своје место у јавним програмима у смислу подстицаја за субвенције. Методологија за подршку стратешким улагањима у обновљиве технологије у граду темељи се на процени потенцијала за нове енергетске услуге и тарифе. Потрошачи могу аутоматски прилагодити своју потрошњу енергије различитим ценама током дана пружајући информације о потрошњи у реалном времену.

Резултати праћења података о потрошњи енергије омогућавају враћање на почетак циклуса праћења и на тај начин потенцијално покрећу више анализа, имплементације и контроле. Праћење и анализа података о планирању мреже главни су део развоја електрификације града која квантификује однос између потрошње и независних параметара и дају повратне информације о мерама за очување енергије у односу на очекиване циљеве.

<p>Праћење и упављање електричним оптерећењима</p> <ul style="list-style-type: none"> • планирање и праћење потрошње енергије • имплементација мерних контролних уређаја • прикупљање података о потрошњи енергије • периодична анализа и интерпретација података према референтним вредностим • повратне информације о мерама за уштеду енергије • мере за континуално побољшање електрификације града 	<p>Заштита животне средине и уштеда енергије</p> <ul style="list-style-type: none"> • смањење употребе необовљивих извора енергије • стратешко планирање уштеде енергије кроз јавни превоз, бициклизам и пешачење • коришћење енергије на ефикаснији начин • улагање у ниско-емисиону инфраструктуру 	<p>Соларни системи загревања и хлађења</p> <ul style="list-style-type: none"> • примена нових технологија заснованих на соларним системима • планирање и интегрисање управљања земљиштем • реконструкција термичког омотача • унапређење постојећих техничких система за грејање, хлађење, осветљење и вентилацију 	<p>Широкопојасни бежични приступ Интернету</p> <ul style="list-style-type: none"> • даљински приступ функцијама управљања • употреба ИКТ-а за мрежну интеграцију ОИЕ • повећање транспарентности, оптимизација енергетске ефикасности • развијање и активација великог броја различитих енергетских апликација
--	---	---	---

Слика 5.3 Тенденција усмерена ка развоју инфраструктуре паметног града

Утврђивање исплативог развоја система заснива се на поређењу трошкова и вредности примарне енергије на свим нивоима. Да би се постигла економска искористивост потенцијала у односу на трошкове проширења дистрибутивне мреже, требало би тражити повољне локације за коришћење соларне енергије. Планирање енергетског система и интеграција система управљања животном средином од пресудног су значаја за инфраструктуру паметног града.

5.4 Активности и мере усмерене ка развоју паметних градова са аспекта енергетске ефикасности зграда

Побољшање ЕЕ и одрживи развој, код новопроекттованих и постојећих зграда, може довести до процеса топлотне модернизације и одрживе ревитализације. Примењен је АХП метод, а резултати рангирања показују доминантну улогу када је у питању разуђеност и облик објекта, као и врста стакла из групе критеријума пројектовање објекта. Затим је значајан индикатор терен који је у паду ка југу из групе критеријума избор локације. Осим тога учачава се да врста и дебљина термоизолације, као и димензије објекта имају значајан ранг који утичу на остваривање веће ЕЕ са значајним рангом. Предложен метод се може успешно примењивати у доношењу одлука у различитим сегментима архитектонског пројектовања и урбанистичког планирања. Резултати рангирања ФАХП методом показују доминантну улогу критеријуми: разуђеност и облик објекта, врсте и дебљине термичке изолације, као и врсте стакла, и потребно је управљати њима приликом планирања конструкције. Поред тога, предност треба дати нагибу терена према југу. Најповољнији облик парцеле је правоугаони чија је ужа страна оријентисана у правцу север-југ, а улица је у правцу исток – запад. Дневни боравак и трпезарија би требало да су оријентисани на југ, спаваће собе на исток, кухиња на северозапад, а санитарije и степениште на север. У случају када избор локације није могућ, препоручује се пресељење нове зграде у односу на постојећу, тако да њена јужна фасада није у сенци.

Како смо раније напоменули ФАХП толерише нејасноће или двосмислености док АХП у потпуности не одражава начин људског размишљања, јер се не доносе своје одлуке кроз појединачне бројчане вредности. Стога, фази АХП нам је у омогућио у случају овако великог броја индикатора и сложених проблема одлучивања да основа разматрања буде људска процена. Применом обе методе вишекритеријумског одлучивања кључни индикатори су унутар критеријума D – пројектовање објекта, а затим у S – избор локације. Експерти су својом проценом истакли да индикатори унутар критеријума R (R1 - употреба пасивних соларних система и R2 - употреба соларних панела) могу бити више рангирани само када је $\lambda = 0$, односно када је степен већег ризика. У сваком случају, за све три вредности индекса оптимизма издвајају се три приоритетна индикатора D11 (разуђеност и облик објекта), D21 (врста и дебљина термоизолације) и D31 (врста стакла).



Слика 5.4 Тенденција усмерена ка пројектовању нових зграда

Приликом пројектовања зграда важно је имати у виду утицај разуђености и облика зграда због топлотних губитака, који се може умањити оптималним односом између запремине објекта и површине његовог термичког омотача.

Поред тога, истраживање је фокусирано на квантификовање утицаја ОИЕ на ефикасност грађевинских фирми у зградарству и развој различитих процедура одлучивања. Иако су експерти оценили као приоритетне индикаторе оне који се тичу пројектовања објекта, не можемо занемарити индикаторе обновљивих извора енергије, јер у фази планирања пројекта могуће је пројектовати објекте са пасивним и активним соларним системима. То је савремени тренд у методологији пројектовања објеката јер утиче на потрошњу енергије и унапређује климатску одговорност.

У процесу побољшања енергетских перформанси већ изграђених зграда требало би да узмемо у обзир бројне критеријуме и изаберемо најоптималније алтернативе које ће за кратко време омогућити брз и профитабилан опоравак зграде у периоду њеног изграђивања енергетска ефикасност. Поред обезбеђења одређеног нивоа удобности становања, као једне од основних потреба савременог друштва, потребно је, у светлу глобалног тренда одрживог развоја, испунити те потребе на начин који ће у потпуности,

или барем неки у мери, чува енергетске ресурсе за будуће генерације. Мере и активности које би требало предузети код постојећих зграда, тичу се превасходно, стаклених површина, замена постојећих или заптивање истих, и термоизолације свих елемената зграде. У односу на нове зграде овде већи ранг има индикатор који се тиче ОИЕ, у овом случају постављање кровних фотонапонских панела. Студија случаја постављених фотонапонских панела и њихова искоришћеност је приказана у додатку ове дисертације.

Најмања вредност у побољшању енергетских перформанси препозната је у промени функционалног распореда просторија у односу на оријентацију, затим у примени жетвених остатака за грејање, изолацији цеви за увођење топле воде у систем грејања. и у обнови постојећег димњака. Да би се пронашло најбоље решење за побољшање енергетске ефикасности стамбених зграда, предложене су активности и мере за приоритетне индикаторе, добијене АХП методом. Такође у правцу ЕЕ, извршено је рангирање критеријума у избору напредних материјала и премаза. Рангирање напредних материјала указује на доминантност неорганских једињења РСМ-а као и на значај изолационих пена.

5.5 Активности и мере усмерене ка концепту увођења обновљивих извора енергије у образовни систем

Основне карактеристике наставног плана и програма су савремени садржаји из области обновљивих извора енергије и ЕЕ који се реализују кроз теоријску наставу, лабораторијске вежбе и вишеструко повећани број часова практичне наставе који се реализује у сарадњи са социјалним партнерима. На тај начин омогућено је развијање практичних знања и вештина директно у сарадњи са фирмама и компанијама које се баве обновљивим изворима енергије. Ученик у току практичне наставе има прилику да у радним организацијама директно примењује стечена теоријска знања и усавршава стечене практичне вештине, што му омогућава лакше сналажење на будућем послу, бољу продуктивност и напредовање у каријери. Од школске 2017/2018 године у Средњој техничкој школи „Михајло Пупин“ – Кула и Електротехничкој школи „Земун“ – Земун, почело је школовање ученика овог образовног профила у дуалном систему. У првом

циклусу од четири године потребно је пажљиво пратити имплементацију овог образовног циклуса кроз следеће мере:



Слика 5.5 Тенденција усмерена ка евалуацији образовног профила

Имплементацијом новог наставног плана и програма образовног профила Електротехничар обновљивих извора енергије по дуалном систему, ученици у оквиру свог средњошколског образовања биће увођени у послове којима се баве фирме у тој области. На крају овога образовног процеса послодавац ће добити радника са потребним знањем и вештинама без додатне обуке. Образовање на овом нивоу омогућава развијање свести код младих, са аспекта примене нових технологија и очувања животне средине, што јесте део основе развоја концепта паметног града.

6 ЗАКЉУЧАК

Истраживање у дисертацији је резултат методологије истраживања и примене вишекритеријумске анализе у разјашњавању главних карактеристика код компликованих одлука израде концепта:

1. ОИЕ пројеката
2. паметног града са аспекта ИКТ-а
3. паметног града са аспекта коришћења ОИЕ
4. постојећих и новопроектваних ЕЕ зграда и употребе савремених материјала
5. увођења ОИЕ у образовни систем

Развијен је полазни модел софтвера за вишекритеријмску оцену оправданости претходно наведених концепта у одрживом развоју региона у Србији. Општа хипотеза у дисертацији од које се кренуло у истраживање је: „Развој ОИЕ пројеката у Србији унапређује енергетску ефикасност и омогућује одрживи развој региона“ је потврђена.

Имплементација савремених технологија се може пратити из различитих праваца, што је врло корисно онима који доносе одлуке за имплементацију ОИЕ кроз пројекте. Студија случаја Нишавског округа у Србији, где потенцијали постоје када је климатско подручје у питању, је показала да постоји потреба за разматрањем приоритетних индикатора модела ОИЕ пројеката. Да бисмо повећали одрживост развоја југоисточне Србије и омогућили енергетску сигурност и већи просперитет у будућности, указујемо на потребу стварања флексибилног модела пројекта ОИЕ. Реализације ових пројеката и увођење ОИЕ, би требало да разматрају кроз однос економских, финансијских и институционалних фактора током времена и социјално-технолошких и инфраструктурних трошкова. Кроз ове приоритетне индикаторе, као основног циља, мора да се обезбеди и подршка концепту одрживости од стране управљачког врха, да се информишу сви заинтересовани учесници о намери да се развије и финансира концепт ОИЕ пројекта. Постоји закључак да су улагања из приватног сектора потребна како би се развили капацитети за производњу и коришћење ОИЕ, јер финансирање из јавних извора никада неће бити довољно за обезбеђивање извора у великој мери. Концепт ОИЕ пројеката је почетна и уједно главна тема ове дисертације, како би се даље истраживање наставило у правцу инфраструктуре паметних градова у Србији. Посебне хипотезе које су произашле из опште, да увођење савремених технологија

унапређује инфраструктуру града због потреба растуће популације становништва у њима су такође потврђене, јер су информационе технологије заједно са ОИЕ отвориле огромне могућности за бржу енергетску транзицију и препознате су као важни сегменти урбанизације.

Прелазак са конвенционалне електроенергетске мреже на паметну мрежу са високим степеном обновљивих извора енергије захтева значајна истраживања у производњи, дистрибуцији и потрошњи електричне енергије. Нарочито, са стране потрошача, ИКТ може имати важну улогу у повећању транспарентности, оптимизацији ЕЕ и искоришћавању могућности за откривање и активацију великог броја различитих енергетских апликација. Многи градови превазилазе своје ресурсе за инфраструктуру, а повећан проток становништва онемогућава ефикасну градску управу. Управљање градом може олакшати приступ администрацији јасним и компактним приступом е-пословању. Извесни кораци су предузети у Србији, мада примена ових корака сигурно касни у односу на развијене земље Европе. Успостављањем методологије која ће нам помоћи да пронађемо оптималан пут до одрживог и паметног града у Србији, наше је истраживање покушај моделирања концепта паметног града са становишта улоге ИКТ-а. Полазна тачка за паметне градове налази се у неколико кључних индикатора: управљање партиципацијом, приступ услугама и е-управа, паметна енергија, интелигентни системи управљања саобраћајем, дигитална јавна управа, транспарентност и отворени подаци. Поред развоја транспарентног управљања и употребе отворених података, потребно је промовисати целоживотно учење учење и е-учење. Кључни индикатор паметна енергија је предуслов развијања модела за планирање и рад нових интегрисаних енергетских система у комбинацији са ИКТ решењима. Кроз смањење губитака енергије, хуманији однос према животној средини, а посебно кроз интеграцију ИКТ-а, морамо омогућити сталну евалуацију свих система који морају бити интегрисани у јединствени глобални концепт паметног града. Развијање концепта будућности паметне енергије предуслов је за креирање жељене стратегије са Националним акционим планом. У том контексту управљање енергијом одговорно је за спровођење програма на локалном, регионалном и националном нивоу.

Развој производње и имплементација соларне енергије може да допринесе решавању многих краткорочних и дугорочних проблема у Србији. У постизању концепта инфраструктуре паметног града узети су у обзир критеријуми, као што су планирање мреже, изградња/надogradња зграда, соларна енергија, животна средина, вода и отпад. Рангирање нам указује на кључне индикаторе: праћење и управљање електричним оптерећењима, соларно напајање електричним енергијом, ЕЕ и одрживост градње и адаптације као и широкопојасни бежични приступ Интернету. Овај резултат је у складу са

употребом соларне енергије од појединих домаћинстава до читавог комплекса зграда и показује јасан правац за будући развој енергетске платформе у Србији. Опције примене соларне енергије треба да буду смислене, информативне и мерљиве, те да одражавају мишљење стручњака у складу са јасним циљем повећања квалитета живота, не само на нивоу градских инфраструктурних система, већ и на регионалном и националном нивоу. Да би се овај концепт реализовао, добијен на основу ранграних индикатора, потребно је обезбедити интегрисани приступ у испуњавању услова за постизање ЕЕ и одрживости зграда.

Индикатори успешности пројеката квантитативно и квалитативно приказују доприносе и резултате постигнуте у методологији истраживања за новопроектване и постојеће зграде. Резултати анализе кључних индикатора перформанси нам указују на могућност смањења потрошње енергије, пројектима нових ЕЕ зграда али и енергетским санацијама постојећих зграда. ЕЕ у зградарству подразумева ефикасно коришћење енергије уз примену оптималних мера чији је циљ: смањење потрошње енергије уз финансијску уштеду за крајњег корисника, угоднији и квалитетнији боравак у згради, смањење трошкова одржавања и продужење животног века зграда, допринос заштити околине и заустављању глобалних климатских промена. С обзиром да се, у Националним акционом плану, у центру пажње налазе мере ЕЕ у секторима производње и дистрибуције енергије са проценама смањења потрошње примарне енергије, ЕЕ је предмет и нашег истраживања. Спроведено истраживање фокусирано је на пројектовање и на адаптацију зграда. У овом делу су истраживани индикатори са којима се најчешће сусрећемо у пракси, а предложени модел се такође може успешно применити у одлучивању о изградњи и опоравку других врста објеката. Истраживање показује да замена стакла на прозорима и вратима, обезбеђивање њихове доброг заптивања и замена и надоградња термоизолације за топлотне омотаче зграде, играју доминантну улогу и уклањају узроке губитка топлоте у најкраћем року, побољшавајући топлотна и енергетска својства постојећих зграда. Поред тога, може се приметити да увођење стакленика, двоструких фасада, термоизолације у унутрашњим хладним деловима поткровља, подрума и степеништа, као и примена кровних фотонапонских соларних панела, такође, утичу на постизање веће ЕЕ. Истраживања показују да се предложена метода може успешно применити у процесу одлучивања о коришћењу обновљиве енергије у оквиру реконструкције постојећих архитектонских зграда као ина избор савремених материјала за ЕЕ зграде. Предложени методи се могу успешно примењивати у доношењу одлука у различитим сегментима.

У образовању, осим предвиђених знања и вештина који би млади требало да стекну, програми ће их оспособити и да енергију користе правилно и да у исто време позитивно делују у свом окружењу, усмеравајући и остале да следе њихов пример.

Коначно, да би се развила свест и одговарајуће здраво окружење, потребно је развити снажан политички оквир. Влада може одлучити да примењује полисе које омогућавају брзу примену (краткорочне активности), као што су постављање националних циљева, поједностављење законодавства и додељивање субвенција. Улагање у обновљиве изворе енергије најбоље је подстакнуто коришћењем добро дефинисаних пројеката који стварају инфраструктуре паметних градова, дају подстицаје за улагања и постављају дугорочне циљеве за производњу ОИЕ система. Стога би они требали бити смислени, информативни, мерљиви и засновани на мишљењу експерата са јасном циљем. Посебне хипотезе које произилазе из опште: „Увођење савремених технологија унапређење инфраструктуру града са аспекта уштеде енергије, заштите околине и развијање свести у образовном систему“ су потврђене.

Усмеравање ка коришћењу ОИЕ је постепено и у великој мери зависи од успостављања реалних и достижних циљева који су специфични и јасно изражени и садрже временски распоред остваривања, водеће организације одговорне за остваривање истих, које правилно и ефикасно примењују планиране активности, као и стално праћење оствареног напретка кроз интерно и екстерно извештавање о резултатима постигнутим у остваривању постављених циљева. То подразумева да се процеси управљања и мобилности, као и само живљење, одвијају са нижим економским трошковима и већим степеном социјалне и еколошке одрживости - већим стандардом становништва са смањеним загађењем и повећањем заштите околине. У том смислу, одговарајуће полисе, попут енергетске, економске, социјалне, полисе заштите животне средине, уз одрживу равнотежу природних ресурса и нижег нива загађења, требало би да омогуће одржив енергетски систем, путем закона, прописа и акционих планова о обновљивим изворима у правцу ефикасније економије и бољег друштвеног живота.

7 ЛИТЕРАТУРА

- [1] World Bank (2010) Cities and climate change: an urgent agenda (English). Urban development series knowledge papers; no. 10. Washington, DC: World Bank.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/194831468325262572/Cities-and-climate-change-an-urgent-agenda>
- [2] *Klimatske promene i izgrađeni prostor: politika i praksa u Škotskoj i Srbiji*; CLIMATE CHANGE AND THE BUILT ENVIRONMENT: POLICIES AND PRACTICE IN SCOTLAND AND SERBIA Monografija, Posebnaizdanja br. 70 2013, Beograd
- [3] Politis, S. et al. Energy Scenarios for SE Europe: A close look into the Western Balkans. Eds: Politis, S; Zucker, A.; Contributors: Stambolis, C. et al., Proceedings of the Enlargement and Integration Action Workshop, Vienna, 15th of December 2015.
- [4] Misak, S.; Prokop, L. Green Energy and Technology. In *Operation Characteristics of Renewable Energy Sources*; Chakraborty, S., Simoes, M.G., Kramer, W.E., Eds.; Springer International Publishing: Basel, Switzerland, 2017; ISBN 978-1-4471-5103-6.
- [5] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018) The World's Cities in 2018—Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/417)
- [6] Joss, S.; Sengers, F.; Schraven, D.; Caprotti, F.; Dayot, Y. (2019) The Smart City as Global Discourse: Storylines and Critical Junctures across 27 Cities, *Journal of Urban Technology* 26:3-34. <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1558387>
- [7] Lazaroiu, G.C.; Roscia, M.C. (2012) Definition methodology for the smart cities model. *Energy* 47:326-332. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.028>
- [8] Khazaei, M.; Razavian, M.T. (2013) Sustainable urban development (an innovative approach in the development of cities around the world). *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.* 4:1543–1547.
- [9] Albino, V.; Berardi, U.; Dangelico, R.M. (2015) Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology* 22:3-21.
<http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- [10] De Santis, R.; Fasano, A.; Mignolli, N.; Villa, A. (2014) Smart city: fact and fiction. *Paper No. 54536*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA).

- [11] Milošević, D.; Stanojević, A.; Milošević, M. AHP method in the function of logistic in development of smart cities model. Proceeding 6th International Conference: Transport and logistic Til, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia, May 2017; pp. 287-294.
- [12] Gheasi, M.; Nijkamp, P. A Brief Overview of International Migration Motives and Impacts, with Specific Reference to FDI. *Economies* 2017, 5, 31.
- [13] Đukić, A., Antonić, B. The concept of a smart city as response to climate changes, Monograph Spatial, ecological, energy and social aspects of cities development and climate changes, Belgrade, 2016., pp. 15-32. (In Serbian)
- [14] Randhawa, A.; Kumar, A. Exploring sustainability of smart development initiatives in India, *International Journal of Sustainable Built Environment* 2017, 6(2), 701-710.
- [15] Albino, V.; Umberto Berardi, U.; Dangelico, R. M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives, *Journal of Urban Technology*, 2015, 22:1, 3-21.
- [16] Lara, A.P.; Moreira, D.C.E.; Furlani, T.Z.; et al. Smartness that matters: towards a comprehensive and human-centred characterisation of smart cities, *J. open innov.*, 2016, 2:8. <https://doi.org/10.1186/s40852-016-0034-z>
- [17] https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Perspectives_for_the_Energy_Transition_2017.pdf
- [18] Vuković, M. Istraživanje metodologije upravljanja inovacionim projektima u oblasti energetske efikasnosti preduzeća, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije Beograd, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Beogradu, maj, 2014.
- [19] European Commission, “Smart Cities And Communities-European Innovation Partnership,” Brussels 2012
- [20] Pucar, M. Energy development aspects of settlements and climate change—Strategies and laws in Serbia. In *Climate Change and the Built Environment: Policies and practice in Scotland and Serbia*, Monograph, 2013, Special 70th ed.; Pucar, M., Dimitrijević, B., Marić, I., Eds.; Institute for Architecture and Urban Planning of Serbia (IAUS): Belgrade, Serbian, 2013; pp. 57–109, ISBN 978-86-80329-72-7. (In Serbian)
- [21] Golusin, M.; Tešić, Z.; Ostojić, A. The analysis of the renewable energy production sector in Serbia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2010, 14, 1477–1483, doi:10.1016/j.rser.2010.01.012.
- [22] Protić, M. Managing the Impact of Climate Changes in Serbia-case study, Editor- in-Chief: Academician Prof. Dr. Radović-Marković, M.; Publisher: Faculty of Business Economics and Entrepreneurship, Belgrade, Serbia, *International Review* 2013, No.1-2, pp.128-140. ISSN 2217-973

- [23] Leković, V. Institutional aspects of economic and social modernization: sustainable development strategies of the Republic of Serbia; In Economic and Social Aspects of Serbia Joining the EU; Jakšić, M., Stojanović Aleksić, V., Mimović, P., Eds.; Publisher: Faculty of Economics, University of Kragujevac: Kragujevac, Serbia, 2015; pp. 49–64, ISBN 978-86-6091-059-4. (In Serbian)
- [24] Vuletić, G. Specifičnosti upravljanja projektima u građevinarstvu, MONTENEGRIN JOURNAL OF ECONOMICS, 2010, 12, VI, 161-171.
- [25] Sector for Energy Efficiency and Renewable Energy Sources
<http://www.mre.gov.rs/latinica/energetska-efikasnost-obnovljivi-izvori.php> (Accessed on 08.11.2018)
- [26] Evans, A.; Strezov, V.; Evans, J.T. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2009, 13, 1082–1088.
- [27] Energy Sector Development Strategy of the Republic of Serbia for the Period by 2025 with Projections by 2030; Republic of Serbia, Ministry of Mining and Energy: Belgrade, Serbia, 2016, 7–58.
- [28] Ristanović, M.; Banjac, M. Case study of Serbia. In Proceedings of the 7th International Forum on Energy for Sustainable Development International Conference on Renewable Energy, Regional Seminar, Baku, Azerbaijan, 18–21 October 2016; Available online: https://www.unece.org/.../energy/se/pp/...invest/CS_Serbia.pdf (accessed on 28 November 2017)
- [29] Uvalić, M.; Cvijanović, V. Towards A Sustainable Economic Growth and Development in the Western Balkans; Published by Friedrich-Ebert-Stiftung, Regional Office for Croatia and Slovenia, 2018. <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kroatien/14688.pdf>
- [30] Directive (EU) 2018/844 of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union L 156:75–91. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>
- [31] Zibret, B.; Lewe, T. Time to develop an energy master plan for southeast Europe Eurostat, Energy Community; A.T. Kearney analysis.
<https://www.atkearney.com/energy/article/?a/time-to-develop-an-energy-master-plan-for-southeast-europe> (Accessed on 23.01.2019)
- [32] Brnabić, A.; Turković, M. Renewable Energy Policy Considerations: A Roadmap for Deploying Renewable Energy Sources In Serbia And The Regional Perspective; Ed.-in-Chief Jeremić, V.; Publisher: Center For International Relations And Sustainable Development (CIRSD), 2015. <https://www.cirsd.org/en/publications/studies>

- [33] Misak, S.; Prokop, L. Green Energy and Technology. In Operation Characteristics of Renewable Energy Sources; Chakraborty, S., Simoes, M.G., Kramer, W.E., Eds.; Springer International Publishing: Basel, Switzerland, 2017; ISBN 978-1-4471-5103-6.
- [34] Smart Cities: “Ranking of European medium-sized cities,” Centre of Regional Science, Vienna UT, October 2007.
- [35] Mihajlov, A. Fundamentals of Analytical Instruments in the Environmental Field. Ph.D. Thesis, Univerzitet Educons, Sremska Kamenica, Serbian, 2011. (In Serbian)
- [36] Chaichana, C.; Wongsapai, W.; Damrongsak, D.; Ishihara, N.K.; Luangchosiri, N. Promoting Community Renewable Energy as a tool for Sustainable Development in Rural Areas of Thailand. In Proceedings of the 4th International Conference on Power and Energy Systems Engineering, CPESE 2017, Berlin, Germany, 25–29 September 2017.
- [37] Vucicevic, B.; Jovanovic, M.; Afgan, N.; Turanjanin, V. Assessing the sustainability of the energy use of residential buildings in Belgrade through multi-criteria analysis. *Energy Build.* 2014, 69, 51–61.
- [38] Cvetković, V.; Prelević, D.; Schmid, S. Geology of South-Eastern Europe. In Mineral and Thermal Waters of Southeastern Europe; Papić, P., Ed.; Springer International Publishing: Zürich, Switzerland 2016; ISBN 978-3-319-25377-0.
- [39] Nikolić, M.; Ilic, B. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I NJIHOVA UPOTREBA U NIŠKOM REGIONU, 3 rd Conference with International Participation-SUSTAINABLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2018, Zlatibor, Srbija.
- [40] <http://www.vetrogeneratori.co.rs/pl.html> (accessed on 28 November 2019)
- [41] <https://www.energetskiportal.rs/ministarstvo/fid-in-tarife> (accessed on 18 May 2017)
- [42] Tsoutsos, T.; Drandaki, M.; Frantzeskaki, N.; Iosifidis, E.; Kiosses, I. Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy Policy* 2009, 37, 1587–1600.
- [43] Batty, M. Big data, smart cities and city planning, *Dialogues in Human Geography*, Vol. 3, No. 3, 2013, 247-279.
- [44] Hernández-Moreno S., De Hoyos-Martínez J. Indicators of urban sustainability in Mexico, *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, Vol.7, No.16, 2010, 46-60.
- [45] Glasmeier, A.; Christopherson, S. Thinking about smart cities, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Vol. 8, 2015., 3-12
- [46] Deakin, M. Smart cities: the state-of-the-art and governance challenge, *Triple Helix*, 2014,1-16.

- [47] Giffinger, R.; Fertner, C.; Kramar, H.; Kalasek, R.; Pichler-Milanovic, N.; Meijers, E. Smart cities - Ranking of European medium sized, Centre of Regional Science, Vienna, 2007.
- [48] Giovannella, C.; Dascalu, M.; Scaccia, F. Smart City Analytics: state of the art and future perspectives, *International Design and Architecture Journal*, Vol. 20, 2014, 72-87.
- [49] Golej, J. Smart growth and sustainable development New trends in land development, In *Proceedings of International Scientific Conference People, Buildings and Environment*, Kroměříž, Czech Republic, 2014, 164-176.
- [50] Monzon, A. Smart Cities Concept and Challenges: Bases for the Assessment of Smart City Projects, *Communications in Computer and Information Science*, Vol. 579, 2015, 17-31.
- [51] <http://vtaraenergygroup.com/index.php/portfolio/iot-smart-cities> (accessed on 12 May 2017)
- [52] Kabalci, E.; Gorgun, A.; Kabalci, Y. Design and implementation of a renewable energy monitoring system, 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, May 2013 Istanbul, Turkey, 13-17.
- [53] Lovehagen, N.; Bondesson, A. Evaluating sustainability of using ICT solutions in Smart cities-methodology requirements, ICT4S-ETH Zurich, February 2013,14-16.
- [54] Meeus, L.; Delarue, E.; Glachant, J.M. Smart Cities Initiative: “How to Foster a Quick Transition Towards Local Sustainable Energy Systems,” Final Report, January 2011. <http://think.eui.eu>
- [55] Uvođenje energetskeg menadžmenta u gradove i opštine u Srbiji, Rezultati istraživanja i predlog praktične politike, PALGO centar, Beograd, 2011.
- [56] Capehart, L.B.; Turner, W.C.; Kennedy, W.J. Guide to energy management, 7th edition, _ e Fairmont press, Inc.2012.
- [57] “A New EU Energy Technology Policy towards 2050: Which Way to Go?” Final report, European University Institute, 2013.
- [58] Energy 2020, “A Strategy for competitive, sustainable and secure energy,” European Commission, Directorate-general for Energy, European Union, 2011.
- [59] Sustainable Practices: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, Information Resources Management Association, Idea Group,U.S. (Verlag) 2014, 250-256. ISBN: 978-1-4666-4852-4
- [60] Vidadili, N.; Suleymanov, E.; Bulut, C.; Mahmudlu, C. Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2017**, *80*, 1153–1161, doi:10.1016/j.rser.2017.05.168.

- [61] De Santis, R.; Fasano, A.; Mignolli, N.; Villa, A. Smart city: fact and fiction. *Paper No. 54536*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA), 2014.
- [62] Giffinger, R.; Gudrun, H. Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities. *ACE: Architecture, City and Environment*, 2010, 4:7-26.
<http://hdl.handle.net/2099/8550>
- [63] Desouza, K.C.; Flanery, T.H. Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 2013, 35:89-99.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.003>
- [64] Platonova, I. Diffusion of Renewable Energy Technologies in Rural Communities: Exploratory Study of Development Partnerships in Cajamarca, Peru. In: *Sustainable Practices: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, Published in the United States of America by Information Science Reference, 2014, 1047-1072. ISBN: 978-1-4666-4852-4
- [65] Vuković, M. Research of the methodology of managing innovation projects in the field of energy efficiency of enterprises. Dissertation, University commercial academy of Novi Sad, Faculty of applied management, Belgrade, May 2014. (in Serbian)
- [66] Zeiler, W. Green Buildings and Renewable Energy Application Based on Life Cycle Performance Costing. In: Sayigh A (ed) *Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy: Selected Papers from the World Renewable Energy Networks's Med Green Forum*, Springer International Publishing Switzerland 2017, 73-89.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-30746-6_6
- [67] Golusin, M.; Tešić, Z.; Ostojić, A. The analysis of the renewable energy production sector in Serbia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2010, 14, 1477–1483,
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.01.012>
- [68] Vukadinović, A.; Radosavljević, J.; Protić, M.; Ristić, D. *Mere za poboljšanje energetske efikasnosti zgrada. Tehnika 3*, 2015, 409-414.
- [69] Abotah, R.; Daim, T.U. Towards building a multi perspective policy development framework for transition into renewable energy. *Sustain. Energy Technol. Assess.* 2017, 21, 67–88.
- [70] Kosorić, V. *EKOloška kuća, 2. izdanje, Beograd: Građevinska knjiga, 2012.*
- [71] Ignjatović, D.; Jovanović-Popović, M. Karakteristike građevinskog resursa u kontekstu energetske optimizacije, *Zbornik radova energetska efikasnost zgrada, Građevinski fakultet u Beogradu, Beograd, Srbija, 2005, 59-66.*
- [72] Iyer, K.C.; Jha, K.N. Factors affecting cost performance: Evidence from Indian construction projects. *Int. J. Project Manag.* 2005, 23, 283–285.

- [73] Love, P.E.D.; Tse, R.Y.C.; Edwards, D.J. Time-cost relationship in Australian building construction projects. *J. Constr. Eng. Manag.* 2005, *131*, 187–194
- [74] Navon, R. Automated Project Performance Control (APPC) of construction resources, *Autom. Constr.*, 2003, 78–81. <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2003-78>
- [75] Vuletić, G. The project management specifics in construction works. *Monten. J. Econ.* 2010, *6*, 161–172. (In Serbian)
- [76] Ignjatović, D.; Jovanović-Popović, M. Karakteristike građevinskog resursa u kontekstu energetske optimizacije, u *Energetska efikasnost zgrada*, D. Šumarac, Edit., Beograd: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2005, 59-66.
- [77] Đorđević, Đ.; Stajić, LJ.; Avramović, B.; Vešović, M. Povećanje energetske efikasnosti zgrada kroz razvoj inteligentnog merno- kontrolnog sistema za upravljanje potrošnjom električne energije, 5. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA Savremena dostignuća u građevinarstvu, 21. april 2017. Subotica, SRBIJA.
- [78] Stein, E.W. A comprehensive multi-criteria model to rank electric energy production technologies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2013, *22*:640–654. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.001>
- [79] Diakaki, C.; Grigoroudis, E.; Kabelis, N.; Kolokotsa, D.; Kalaitzakis, K.; Stavrakakis, G. A multi-objective decision model for the improvement of energy efficiency in buildings, *Energy*, 2010, vol. 35, 5483-5496.
- [80] Pucar, M. Energetska efikasnost u urbanističkom planiranju i projektovanju zgrada, *Energetska efikasnost zgrada*, Šumarac Dragoslav, Beograd: Građevinski fakultet, 2005, 81-101.
- [81] Vukadinović, A.; Radosavljević, J.; Protić, M.; Ristić, D. Mere za poboljšanje energetske efikasnosti zgrada, *Tehnika*, 2015, vol. 3, 409-414.
- [82] Cui, Y.; Xie, J.; Jiaping, L.; Pan, S. Review of Phase Change Materials Integrated in Building Walls. *Procedia Engineering*, 2015, *121*: 763 -70
- [83] Isai, F.; Fantucci, S.; Capozzoli, A.; Periono, M. Vacuum Insulation Panels: thermal bridging effects and energy performance in real building applications. *Energy Procedia*, 2015, *83*: 269-78
- [84] Lukić, P.; Tamburić, J.; Stojić, D. Energy efficiency of buildings with phase-change materials. *Facta Universitatis Architecture and Civil engineering*, 2012, Vol. 10, No. 3: 343-52
- [85] Adams, E. R.; Hogan, R. L.; Steinke, L. J. DACUM, The Coordinator's Guide to Occupational Analysis, Published by Edwin & Associates, LLC, Wilmington, DE, 2018, 24-38. ISBN:0999175300

- [86] Gerasimović, M.; Stanojević, Lj.; Veljović, A. ; Cvijović, N.; Jakovljević, J. Razvoj standarda zanimanja kao deo procesa razvoja programa obrazovanja za tehničara mehatronike tehnika i informatika u obrazovanju 3. Internacionalna Konferencija, Tehnički fakultet Čačak, 7–9. maj 2010.
- [87] Kovačić, B. Aspekti održive gradnje, Agencije za energetska efikasnost Republike Srbije, Održiva gradnja i Urbane Oaze, OCD Ekoist, 2012, 13-35.
- [88] Nastavni plan i program Elektrotehničar obnovljivih izvora energije, „Službenom glasniku RS – Prosvetni glasnik“ br. Br. 5. od 12. juna , Beograd, 2017.godine
- [89] Milošević, M.; Stanojević, A.; Milošević, A.; Milošević, D. Višekriterijumska analiza energetske efikasnosti AHP metodom u planiranju i arhitektonskom projektovanju. *Zbornik XII međunarodne naučno-stručne konferencije „STEP-GRAD 2016“: Savremena teorija i praksa u graditeljstvu*, 2016, 295-302.
- [90] Mihajlov, A. Osnove analitičkih instrumenata u oblasti životne sredine, Sremska Kamenica: Univerzitet Educons, 2011.
- [91] Jaramillo-Nieves L.; del Río, P. Contribution of Renewable Energy Sources to the Sustainable Development of Islands: An Overview of the Literature and a Research Agenda. *Sustainability* 2010, 2, 783–811. <https://doi.org/10.3390/su2030783>; ISSN 2071-1050
- [92] Mansfield, N.R.; Ugwu, O.O.; Doran, T. Causes of delay and cost overruns in Nigerian construction projects, *Int. J. Proj. Manag.*, 1994, 12 (4), 254.
- [93] Thomas, E.U.; Martin, L. Essentials of construction project management, first ed., University of New South Wales Press Ltd., Australia, 2004.
- [94] <https://www.mre.gov.rs/energetska-efikasnost-obnovljivi-izvori.php>
- [95] Engobo, E. Social responsibility in practice in the oil producing Niger Delta: assessing corporations and government's actions, *J. Sustain. Dev. Africa* 11 (2) (2009) 113–115.
- [96] Williams, W. Citizenship questions and environmental crisis in the Niger Delta: a critical reflection, *Nordic J. Afr. Stud.* 11 (3) (2002) 377–382.
- [97] Odeh, A.M.; Battaineh, H.T. Causes of construction delay: traditional contracts, *Int. J. Proj. Manag.* 20 (1) (2002 Jan) 67–73.
- [98] Obalola, T.F. Evaluation of the effects of project environment on project performance in Lagos and Abuja, Nigeria (dissertation), Federal University Technology, Akure, Nigeria, 2006.
- [99] Akinsola, A.O.; Potts, K.F.; Harris, F.C. Identification and evaluation of factors influencing variations on building project. *Int. J. Project Manag.* 1997, 15, 263–267, [doi:10.1016/S0263-786300081-6](https://doi.org/10.1016/S0263-786300081-6)

- [100] Youker, R. Managing the International Project Environment. *Int. J. Project Manag.* 1992, 10, 219–226, [doi:10.1016/0263-786390081-J](https://doi.org/10.1016/0263-786390081-J).
- [101] Leković, V. Institucionalni aspekti ekonomske i društvene modernizacije: strategija održivog razvoja Republike Srbije, zbornik radova 2015, EKONOMSKO-SOCIJALNI ASPEKTI PRIKLJUČIVANJA SRBIJE EVROPSKOJ UNIJI.
- [102] Iyer, K.C.; Jha, K.N. Factors affecting cost performance: evidence from Indian construction projects, *Int. J. Proj.Manag.*, 2005, 23 (4), 283–285.
- [103] Ling, F.Y.Y., Low, S.P., Wang, S.Q.; Lim, H.H. Key project management practices affecting Singaporean firms' project performance in China, *Int. J. Proj. Manag.*, 2007, 27 (1), 59–61.
- [104] Milošević, M.R.; Milošević, D.M.; Stević, D.M.; Stanojević, A.D. Smart City: Modeling Key Indicators in Serbia Using IT2FS. *Sustainability* 2019, 11, 3536.
- [105] Stanojević, M.; Spalević, P.; Dukić, M.; Milovanović, I.; Šaljić, V. The Security Threats in Wireless Sensor Network for Secure Applications, Slovenian Section IEEE 2017, 112-115.
- [106] Batagan, L. Indicators for economic and social development of future smart cities, *Journal of Applied Quantitative Methods* 2011, Vol. 6, No. 3, 27-34.
- [107] Okuda, T.; Hirasawa, S.; Matsukuma, N.; Fukumoto, T.; Shimura, A. Smart Mobility for Smart Cities, *Hitachi Review* 2012, Vol. 61, No. 3, 141-146.
- [108] Smart Cities: “Ranking of European medium-sized cities,” Centre of Regional Science, Vienna UT, October 2007.
- [109] Bringault, A.; et al. Cities heading towards 100% renewable energy. Report, Publisher CLER, Energy Cities, Réseau Action, Pan European 2016. ISBN 978-2-919083-09-1
- [110] Kahraman, C.; Kaya, İ. A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives. *Expert Systems with Applications* 2010, 37:6270–6281. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.02.095>
- [111] Aswin Raj, C.; Aravind, E.; Ramya Sundaram, B.; Shriram, K.V. Smart Meter Based on Real Time Pricing, *Procedia Technology*, vol. 21, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.10.018>
- [112] Spalević, Ž.; Ilić, M.; Spalević, P. Electronic Monitoring Devices and Data Processing, Book of Proceedings International Scientific Conference of IT and Business-Related Research, Apr. 2015, 242 - 247.
- [113] Zhang, S.; Tang, Y. Optimal schedule of grid-connected residential PV generation systems with battery storages under time-of-use and step tariffs, *Journal of Energy Storage* 2019, 23:175-182.

- [114] Kramers, A.; Höjer, M.; Lövehagen, N.; Wangel, J. Smart sustainable cities–Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities. *Environmental Modelling & Software*, 2014, 56:52-62. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.019>
- [115] Milošević, A.; Milošević, M.; Milošević, D.; Selimi, A. Ahp multi – criteria method for sustainable development in construction. *Proceeding 4th International Conference: Contemporary Achievements in Civil Engineering*, 2016, 929-938.
- [116] Gunasekaran, M.; Mohamed Ismail, H.; Chokkalingam, B.; Mihet-Popa, L.; Padmanaban, S. Energy Management Strategy for Rural Communities’ DC Micro-Grid Power System Structure with Maximum Penetration of Renewable Energy Sources. *Appl. Sci.* 2018, 8:585. <https://doi.org/10.3390/app8040585>
- [117] Milošević, M.; Milošević, A.; Milošević, D.; Stanojević, A.; Dimić, V. Multicriteria Analysis of Contemporary Materials for Energy-Efficient Buildings, II međunarodna naučno – stručna konferencija SFERA 2016: Oblikovanje i toplinska izolacija fasadnih zidova: Tradicionalni i savremeni pristup, Mostar, 3-4. novembar, 2016, 46-51.
- [118] Zeiler, W. Green Buildings and Renewable Energy Application Based on Life Cycle Performance Costing. In: Sayigh A (ed) *Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy: Selected Papers from the World Renewable Energy Networks’s Med Green Forum*, Springer International Publishing Switzerland 2017, 73-89. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30746-6_6
- [119] Hoye, T. Community Green: Sustainable Energy for Affordable Housing. College of Professional Studies Professional Projects, Paper 48, Marquette University, May 2013.
- [120] Maradin, D.; Cerović, L.; Mjeda, T. Economic Effects of Renewable Energy Technologies. *Our Economy* 2017, 63:49–59. <https://doi.org/10.1515/ngoe-2017-0012>
- [121] Ramirez Camargo, L.; Stoeglehner, G. Spatiotemporal modelling for integrated spatial and energy planning. *Energy, Sustainability and Society* 2018, 8:32. <https://doi.org/10.1186/s13705-018-0174-z>
- [122] Plić, B.; Mihajlović, D.; Omanović, A. Upravljanje prirodnim resursima i njihova održivost management on natural resources and their sustainability, Zbornik radova / 6. međunarodni simpozijum o upravljanju prirodnim resursima, Zajecar, Serbia June 25-26, 2016, 292-299. ISBN 978-86-7747-542-0
- [123] Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије републике србије (у складу са обрасцем предвиђеним Директивом 2009/28/ЕЗ – Одлука 2009/548/ЕЗ), Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине, 2013, Београд, РС

- [124] Šare, A.; Krajačić, G.; Pukšec, T.; Duić, N. The integration of renewable energy sources and electric vehicles into the power system of the Dubrovnik region, *Energy, Sustainability and Society* 2015, 5(27).
- [125] Petrollese, M.; Cocco, D. Analysis and optimization of solar-pumped hydro storage systems integrated in water supply networks, *Energy* 2019, 116-176.
- [126] Srdjevic, B.; Medeiros, Y.D.P. Fuzzy AHP assessment of water management plans, *Water Resources Manage* 2008, 22:877-894. <https://doi.org/10.1007/s11269-007-9197-5>
- [127] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, Sl.glasnik RS, broj 61/2011.
- [128] Miljić, A.V.S. Bioklimatski elementi planiranja u održivom urbanom razvoju, u Zborniku radova Održivi prostorni, urbani i ruralni razvoj Srbije, Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, 2004,37-42.
- [129] Pucar, M.; Pajević, M.; Jovanović-Popović, M. Bioklimatsko planiranje i projektovanje - urbanistički parametric, Beograd: IP Zavet, 1994.
- [130] Jovanović, N. Principi bioklimatske arhitekture i pasivnih solarnih sistema na primeru stambenog objekta na brdu Vinik, *Nauka i praksa* 2013, 29-34.
- [131] Antunović, B. Fizika zgrade, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 2014.
- [132] Pucar, M.; Nenković-Riznić, M. Primena obnovljivih izvora električne energije sa aspekta ekonomske, ekološke i socijalne održivosti, *Proceedings 4th International Conference on Renewable Electrical Power Sources, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije, Društvo za obnovljive izvore električne energije, Beograd, Srbija, 2016, 169-182.*
- [133] Lukić, P.; Tamburić, J.; Stojić, D. Energy efficiency of buildings with phase-change materials, *FACTA UNIVERSITATIS, Series: Architecture and Civil Engineering*, 2012, vol. 10, no. 3, 343-352.
- [134] Isai, F.; Fantucci, S.; Capozzoli, A.; Periono, M. Vacuum Insulation Panels: thermal bridging effects and energy performance in real building applications. *Energy Procedia* 2015, 83: 269-78.
- [135] Zubielewicz, M.; Kaminska-Tarnawska, E.; Slurczyk, A.; Langer, E. Prediction of heat build-up of solar reflecting coatings based on physico-chemical properties of complex inorganic colour pigments (CICPs). *Progress in Organic Coatings* 2011,72: 65-72.
- [136] Иванов, М.; Скоко, С.; Димић, В.; Ђурић, М.; Херцег Рокнић, А.; Савић, А.; Ђуришић, М. (2017) Dual Education in the Area of Renewable Energy Sources and Energy Efficiency in the Education System of the Republic of Serbia, 5. Међународна конференције о обновљивим изворима електричне енергије, МКОИЕЕ 2017 Београд, 12-13. октобар, 1-11.

- [137] Priručnik za razvoj programa stručne obuke, Razvoj sistema funkcionalnog osnovnog obrazovanja odraslih u Srbiji od 2011. do 2013.godine, izdav. Projekat „Druga šansa” *GOPA Consultants*, уред. Деспотовић, М.
- [138] Standard kvalifikacije Elektrotehničar obnovljivih izvora energije, Zavod za unapređenje obrazovanja i vaspitanja-centar za stručno obrazovanje i obrazovanje odraslih, Beograd, 2017.
- [139] Analiza profila elektrotehničar obnovljivih izvora energije-radionica DAKUM metod za opis posla – dužnosti i zadaci, Zavod za unapređenje obrazovanja i vaspitanja, Beograd, 2017.
- [140] Saaty, T.L. Analytic hierarchy process. In: Gass S.I., Harris C.M. (eds) *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. Springer, New York, NY, 2001.
https://doi.org/10.1007/1-4020-0611-X_31
- [141] Saaty, L. T. Decision making with the analytic hierarchy process, *Int. J. Services Sciences* 2008, vol. 1, no.1, 83-98.
- [142] Gass,S.I.; Rapcsák,T., ”Singular value decomposition in the AHP”, *European Journal of Operational Research*, 154, (2004), pp.573-584.
- [143] Matteo, U.D.; Pezzimenti, P.M.; Garcia, D.A. Methodological Proposal for Optimal Location of Emergency Operation Centers through Multi-Criteria Approach. *Sustainability* **2016**, 8, 50, <https://doi.org/10.3390/su8010050>.
- [144] Stojanovic, M. MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING FOR SELECTION OF RENEWABLE ENERGY SYSTEMS. *Safety Engineering* 2013, 3.
<https://doi.org/10.7562/SE2013.3.02.02>.
- [145] Tahir, Z.; Malek, J.A. Main criteria in the development of smart cities determined using analytical method, *Journal of the Malaysian Institute of Planners*, Vol. 14, 2016, 1-14.
- [146] Zadeh, L.A. Fuzzy sets. *Inf. Control* **1965**, 8, 338–353, [doi:10.1016/S0019-995890241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-995890241-X)
- [147] Buckley JJ (1985) Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets Syst.* 17:233–247.
[https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90090-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90090-9)
- [148] Rossi, R.; Gastaldi, M.; Gecchele, G. Comparison of fuzzy-based and AHP methods in sustainability evaluation: A case of traffic pollution-reducing policies. *Eur. Transp. Res. Rev.* 2013, 5, 11–26, doi:10.1007/s12544-012-0086-5.
- [149] Chang, D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *Eur. J. Oper. Res.* 1996, 95, 649–655, [doi:10.1016/0377-221700300-2](https://doi.org/10.1016/0377-221700300-2).
- [150] Mikhailov, L. A fuzzy approach to deriving priorities from interval pair wise comparison judgments. *European Journal of Operational Research* 2004, 159, 687–704.
- [151] Liou, T.S.; Wang, M.J. Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy Sets and Systems* 1992, 50:247–256. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(92\)90223-Q](https://doi.org/10.1016/0165-0114(92)90223-Q)

- [152] Kulak, O.; Durmusoglu, B.; Kahraman, C. Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom. *J. Mater. Process. Technol.* **2005**, *169*, 337–345.
- [153] Wang, Y.M.; Elhag T.M.S.; Hua, Z. A modified fuzzy logarithmic least squares method for fuzzy analytic hierarchy process. *Fuzzy Sets Syst.* 2006, *157*:3055–3071. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2006.08.010>
- [154] Mohagheghi, V.; Mousavi, M.S.; Vahdani, B. A new multi-objective optimization approach for sustainable project portfolio selection: A real-world application under interval-valued fuzzy environment. *Iran. J. Fuzzy Syst.* **2016**, *13*, 41–68.
- [155] Tanoumand, N.; Ozdemir, D. Y.; Kilic, K.; Ahmed, F. Selecting cloud computing service provider with fuzzy AHP, IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), Naples, 2017, 1-5. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015681>.
- [156] Jilcha, K.; Berhan, E.; Kitaw, D. *Occupational Safety and Health Improvement Factors Prioritization Using Fuzzy AHP for Manufacturing Industries*; Eds.: Geremew, S.; Krishnan S.R., et al. ICAST2017, Faculty of Mechanical and Industrial Engineering, Bahir Dar Institute of Technology, Bahir Dar University: Bahir Dar, Ethiopia, May 2017, 17–45.
- [157] Bai, L.; Li, Y.; Du, Q.; Xu, Y. A Fuzzy Comprehensive Evaluation Model for Sustainability Risk Evaluation of PPP Projects. *Sustainability* 2017, *9*, 1890, <https://doi.org/10.3390/su9101890>.
- [158] Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, D. Analysis of the influence factors on the performance of renewable energy projects, Proceedings 6th International scientific tourism conference „Sustainable tourism-way to success“, Etno centar GEGULA, Faculty of Business and Law Kraljevo, Vrnjačka Banja, Srbija, 2017, 170-178.
- [159] Milošević, M.; Dimić, V. Multi-Criteria Analysis in ICT Implementation for Smart Cities, Successful Implementation of Information Tehnology: IT, Marketing, Education and Business Working Together for Business Success, Conference EEE 2018, Belgrade, 18-20. october, 2018, 83- 105.
- [160] Dimić, V.; Stanojević, A.; Milošević, M. Perspektive izrade projekata OIE na jugu Srbije, Zbornik IV Međunarodne naučno - stručne konferencije SFERA 2017: Tehnologija i ugradnja otvora, Mostar, 25-26. Oktobar, 2017.
- [161] Dimić, V.; Milošević, M.; Milošević, D.; Stević, D. (2018) Adjustable Model of Renewable Energy Projects for Sustainable Development: A Case Study of the Nišava District in Serbia. *Sustainability* 10:775. <https://doi.org/10.3390/su10030775>
- [162] Milošević, M.; Milošević, D.; Dimić, V.; Stević, D.; Stanojević, A. The Analysis of Energy Efficiency Indicators and Renewable Energy Sources for Existing Buildings, 5th International Conference on Renewable Electrical Power Sources - ICREPS2017,

Belgrade, Serbia, 12-13 October, 2017, 205-212. ISBN:978-86-81505-84-7

<https://doi.org/10.24094/mkoiee.017.5.1.205>

- [163] Milošević, M.; Milošević, A.; Milošević, D.; Stanojević, A.; Dimić, V. Multicriteria Analysis of Contemporary Materials for Energy-Efficient Buildings, Paper presented at the Second International Scientific and Professional Conference: Design and Thermal Insulation of Facade Walls: Traditional and Contemporary Approach, Mostar, 3-4. November, 2016, 46-51.
- [164] Dimić, V.; Milošević, M.; Milićević, R.; Milošević, D. Višekriterijumska analiza indikatora za razvoj pametnih gradova sa aspekta primene OIE, ECOLOGICA 95, 2019.

8 ДОДАТАК

Додатак овој дисертацији у потпуности оправдава и добија на значају кроз приказ података о производњи електричне енергије и њеној исплативости у образовању.

Соларна електрана снаге 50kW може у просеку да оствари приход од 14.000 еура годишње по цени фид-ин тарифе од 23 €€/kWh

Нова цена снаге до 30kw је 22,66€€/kWh за период од 12 година.

Цена инвестирања по најповољној цени за најквалитетнији фотонапонски панел је од 2€/1W износи 100.000.00 еура.

Време отплате је 7.1 годину, а време рада фотонапонског система 25 година.

У периоду од 19. 05. 2011.год до 18. 11. 2012. год., укупно има 547 дана. У том периоду соларна електрана је радила 6.265 часова и произвела 10.323,1 kWh, што значи да је у просеку дневно радила 11,45h и произвела дневно просечно 18.87 kWh.

Надаље, је табеларно приказан преглед по годинама од 2011.-2018. године.

ПРЕГЛЕД ПРОИЗВОДЊЕ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ СТШ „МИХАЈЛО ПУПИН“ – КУЛА ОД ОКТОБАР - 2011.год. ДО ОКТОБАР - 2012.год.		
Период слање рачуна.	Произведена електрична енергија по месецима у kWh	Средства која су остварена без ПДВ – а
Октобар 04. 11.2011.год.	337	7.899,81 дин.
Новембар 05. 12. 2011.год.	216	5.139.25 дин.
Децембар 10. 01. 2012.год.	144	3.447.36 дин.
Јануар 02. 02. 2012.год.	244	5.909.09 дин.
Фебруар 01. 03. 2012. год.	223	5.671.85 дин.
Март 02. 04. 2012. год.	668	17.132.73. дин.
Април 07. 05. 2012. год.	611	15.716.63 дин.
Мај 04. 06. 2012. год.	714	19327.77 дин.
Јун 03. 07. 2012. год.	816	21632.98 дин.
Јули 02. 08. 2012. год.	815	22.172.97 дин.
Август 04. 09. 2012.год.	828	22.561.34 дин.
Септембар 03. 10. 2012.год.	590	15.605.53 дин,

	<u>6.206.0 kWh</u> <u>У просеку дневно 17.002 kWh</u> <u>или 1226,48 часова рада</u>	162.217.31 дин. <u>1445.91€ или 289.0 €/1W</u>
--	--	---

ПРЕГЛЕД ПРОИЗВОДЊЕ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ СТШ „МИХАЈЛО ПУПИН“ – КУЛА ОД ОКТОБАР - 2012. ДО ОКТОБАР - 2013.год.		
Период слање рачуна.	Произведена електрична енергија по месецима у kWh	Средства која су остварена без ПДВ – а
Октобар 01. 11. 2012. год.	455	11.875,23 дин.
Новембар 04. 12. 2012.год.	282	7.353,83 дин.
Децембар 10. 01. 2012. год.	194	4.993.30 дин.
Јануар 02. 02. 2013.год.	175	4484,45 дин.
Фебруар 01. 03. 2013. год	183	4756.17 дин.
Март 02. 04. 2013. год.	440	11435,6 дин.
Април 07. 05. 2013. год.	657	16.773.21 дин.
Мај 04. 06. 2013. год.	663	17.244,30 дин.
Јун 03. 07. 2013. год.	687	17.989.15 дин.
Јули 02. 08. 2013. год.	841	22.018.74 дин.
Август 04. 09. 2013.год.	738	19.415,71 дин.
Септембар 03. 10. 2013.год.	496	13.062,16 дин.
	<u>5.811.00 kWh</u> <u>У просеку дневно 15,90 kWh</u> <u>или 1148,41 часова рада</u>	<u>1.316,53€ или 263,30 €/1W</u>

ПРЕГЛЕД ПРОИЗВОДЊЕ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ СТШ „МИХАЈЛО ПУПИН“ – КУЛА ОД ОКТОБАР - 2013. ДО ОКТОБАР - 2014.год.		
Период слања рачуна	Произведена електрична енергија по месецима у kWh	Средства која су остварена без ПДВ – а
Октобар 05. 11. 013.	463	12.149.09
Новембар 02. 12. 013.	253	6638.89

Децембар 08. 01. 014.	217	5753.92
Јануар 03. 02. 014.	175	4666.58
Фебруар 03. 03. 2014	298	7948,58
Март 01.04. 2014.	568	15.090.47
Април 01. 05. 2014.	568	15.100.78
Мај 02. 06. 2014.	638	16.973,21
Јун 02. 07. 2014.	710	18.895,44
Јули 01.08. 2014.	764	20.539,03
Август 01. 09. 2014.	716	19.267,56
Септембар 01.10.2014.	468	12.855,81
	<u>5.838.00kWh</u> <u>У просеку дневно 15,99 00</u> <u>kWh</u> <u>или 1153,7 часова рада</u>	<u>1.343.38€ или 268,67 €/1W</u>

ПРЕГЛЕД ПРОИЗВОДЊЕ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ СТШ „МИХАЈЛО ПУПИН“ – КУЛА ОД ОКТОБАР - 2014. ДО ОКТОБАР - 2015.год.		
Период слања рачуна	Произведена електрична енергија по месецима у kWh	Средства која су остварена без ПДВ – а
Октобар 05. 11. 2014.	411	11.275,55
Новембар 01. 12. 2014.	251	7.273,98
Децембар 05. 01. 2015.	177	4.932,14
Јануар 03. 02. 2015.	196	5.532,66
Фебруар 05. 03. 2015.	294	8.173.26
Март 14. 04. 2015.	533	14.715,43
Април 06. 05. 2015.	657	18.230,75
Мај 09. 06. 2015.	722	20.038,36
Јун 09. 07.2015.	720	19.921,68
Јули 10. 08. 2015.	817	22.596,18
Август 02. 09. 2015.	702	19.422,99
Септембар 02.10. 2015	535	14.766,00
	<u>6.015.00 kWh</u> <u>У просеку дневно 16,47</u> <u>kWh</u>	<u>1390,658€ или 274,833 €/1W</u>

ПРЕГЛЕД ПРОИЗВОДЊЕ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ СТШ „МИХАЈЛО ПУПИН“ – КУЛА ОД ОКТОБАРА 2015. ДО ОКТОБАРА 2016.год.		
Период слања рачуна	Произведена електрична енергија по месецима у kWh	Средства која су остварена без ПДВ – а
Октобар 02.11.2015	376	10.464.08
Новембар 02.11.2015	318	8.191,6
Децембар 03.01.2016	85	2.401.24
Јануар 03.02.2016	183	5.156.19
Фебруар 04.03.2016	340	8.081.08
Март 04.04.2016	472	13.325.97
Април 10.05.2016	609	17.207.80
Мај 08.06.2016	673	13.099.54
Јун 13.07.2016	716	20.310.37
Јули 01.09.2016	768	21.753.18
Август 06.09.2016	734	20.807.71
Септембар 06.10.2016	564	15.976.22
	<u>kWh</u> <u>У просеку дневно</u> <u>5.835,00 kWh</u>	162.776.30 дин. <u>1323,38€ или 264,67€/1W</u>

ПРЕГЛЕД ПРОИЗВОДЊЕ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ СТШ „МИХАЈЛО ПУПИН“ – КУЛА ОД ОКТОБАРА 2016. ДО ОКТОБАРА 2017.год.		
Период слања рачуна	Произведена електрична енергија по месецима у kWh	Средства која су остварена без ПДВ – а
Октобар 07.11.2016	355	10.045.33
Новембар 05.12.2016	229	7.910,17
Децембар 05.01.2017	227	6.474.14
Јануар 01.02.2017	218	6.217,72
Фебруар 01.03.2017	304	8.670,08
Март 01.04.2017	555,57	15844,85
Април 01.05.2017	585,00	16.684,20
Мај 01. 06.2017	749,63	21.207,03

Јун	04.07.2017	763	21.148,48
Јули	04.08.2017.	851	23.43,25
Август	06.09.017	762	20.958,68
Септембар	02.10.2017	517	14.239,2
		<u>kWh</u> <u>У просеку дневно 6.116,2 kWh</u>	<u>172.856,13 € или</u> <u>1440,46€/1W</u>

ПРЕГЛЕД ПРОИЗВОДЊЕ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ СТШ „МИХАЈЛО ПУПИН“ – КУЛА ОД ОКТОБАРА 2017. ДО ОКТОБАРА 2018.год.		
Период слања рачуна	Произведена електрична енергија по месецима у kWh	Средства која су остварена без ПДВ – а
Октобар	465	7.899,81 дин.
Новембар	267	5.139.25 дин.
Децембар	235	3.447.36 дин.
Јануар	218	5.909.09 дин.
Фебруар	304	5.671.85 дин.
Март	555	17.132.73. дин.
Април	586	15.716.63 дин.
Мај	750	19327.77 дин.
Јун	763	21632.98 дин.
Јули	851	22.172.97 дин.
Август	762	22.561.34 дин.
Септембар	517	15.605.53 дин,
	<u>Укупно 6273kWh</u>	162.217.31 дин. <u>1445.91€ или 289.0 €/1W</u>

Биографија

Основни подаци о кандидату

Лични подаци и образовање

Кандидат Виолета Димић је рођена 17.06.1964. у Нишу и живи на адреси Тодора Миловановића 6/18 у Нишу. Основну „Учитељ Таса“ и средњу Гимназија „Светозар Марковић“ школу је завршила у Нишу. Академске, а затим магистарске студије је завршила на Електронском факултету, Универзитета у Нишу.

Радно искуство

- 2017. - данас, ЕТШ „Никиола Тесла“-Ниш, професор стурчних предмета
- 2014.-2017., ЕТШ „Никиола Тесла“-Ниш, професор стурчних предмета и организатор практичне наставе
- 2009.- 2014., ЕТШ „Никиола Тесла“-Ниш, заменик директора
- 2006 - 2009., ЕТШ „Никиола Тесла“-Ниш, професор стурчних предмета
- 2002 - 2007, Техничка школа „12. фебруар“-Ниш, професор стурчних предмета,
- 1997 - 2002, Електронски факултет-Ниш, асистент- катедра за Микроелектронику
- 1992 - 1997, Електронски факултет-Ниш, истраживач-сарадник,
- 1990- 1992, Оптиелектроник д.о.о, одељење за пројектовање и израду електронских плоча

Подаци о стручном усавршавању

Учешће у акредитацији и реализацији пројеката Министарства спољне и унутрашње трговине и телекомуникација:

- "Информационо комуникационе технологије у служби такмичења ученика основних школа из области рачунарства и информатике", 09.2013 - 06.2014.
- „Информационо комуникационе технологије у служби такмичења ученика (фаза 2)“, 06.2014 - 03.2015.

Учешће као аутор у акредитацији и реализацији стручних скупова и семинара ЗУОВ-а

- стручних скупова под називом: „Мудл и Андроид платформа у организацији и реализацији такмичења ученика“ (29.11.2014, 05.12.2014, 06.12.2014, 13.12.2014, С7382014, С7362014, С7372014, С7352014)
- акредитованих семинара: „Електромагнетно поље у радној и животној средини“(2011/12. и 2012/13.-2013/14.), „Грађанско васпитање у стварној и виртуелној учионици” (шк.2014/15. – 2015/16.год., 908), „Од хардвера до веб-сервиса“ (2016/17.-2017/18., 204) и „Од хардвера до Интернет сервиса“ (2018/19., 2019/20. и 2020/21.)

Учешће као члан радне групе ЗУОВ-а у припреми и изради

- наставних планова и програма огледног образовног профила Електротехничар информатичних технологија,
- нацрта правилника о ближим условима у погледу простора, опреме и наставних средстава за остваривање планова и програма образовања и васпитања за стручне предмете за образовне профиле трогодишњих и четворогодишњих стручних школа електротехничке струке.
- наставних планова и програма за нови образовни профил у стручним школама Електротехничар обновљивих извора енергије
- уџбеника Електроенергетика, рецензент

Учешће као ментор у изради практичних радова и учешћу на „*IEEEESTEC – Student project conference*“:

- Израда Ван Де Графов-ог генератор у лабораторијским условима, IEEEESTEC 6th, Л. Петровић, Ј. Крстић, М. Михајловић, Р. Митић, В. Димић (ИИИ награда у категорији “Рад са најбољом практичном реализацијом”)
- Ветрогенератор мале снаге, IEEEESTEC 7th, Л. Станковић, Р. Митић, В. Димић
- Реализација 3Д ефеката ЛЕД коцком, IEEEESTEC 8th, М. Шутановац, С. Стојиљковић, М. Николић, Н. Јевтовић, С. Петковић, Д. Митић, В. Димић (ИИИ награда у категорији “Рад са најбољом практичном реализацијом”)
- Реализација сензорске донаторске кутије, IEEEESTEC 8th, Ј. Манић, Ђ. Јовић, В. Вељковић, П. Алексов, А. Стојадиновић, Н. Маринковић, В. Димић
- Прорачун и израда Теслиног трансформатора, IEEEESTEC 9th, Б. Николић, П. Мирковић, П. Поповић, И. Милојковић, В. Димић
- Ефекти асиметричног кондензатора, IEEEESTEC 10th, Б. Николић, П. Мирковић, И. Петровић, В. Димић

Учешће у пројектима кроз обуке запослених у образовању

- RIMSO, Развој инструктивних материјала за стручно образовање, 2016.
- CISCO ACADEMY, IT Essentials, 2016.
- ORACLE ACADEMY, Java Fundamentals, 2015.
- Microsoft Innovative Educator program, Обука за употребу Microsoft алата OneNote, 2015.
- TEMPUS NeReLa, Обука за употребу даљинских извођења експеримената, 2015.
- RAZVIONICA- Дигитална ризница, Основе учења и наставе, 2015.
- TEMPUS ELFAK, Моделирање и симулација динамичких система, 2014.
- TEMPUS ELFAK, Рачунарске мреже и интернет технологије, 2014.
- DG EAC "Western Balkans Platform on Education and Training: Regional conference on Erasmus and cooperation opportunities for the Western Balkans", 2014
- ORACLE ACADEMY, Database and Programming with SQL, 2013.

Рад на стицању научних квалификација:

Виолета Димић, Неки аспекти примене принципа прогнозе својстава материјала код пројектовања и технологије материјала за пиезоелектричне претвараче, Магистарски рад, Електронски факултет Ниш, Ниш, 1995

Објављени радови:

Списак резултата М10

Милошевић, М.; **Димић, В.** (2018). Multi-Criteria Analysis in ICT Implementation for Smart Cities. In *Successful Implementation Of Information Technology*, Eds.: Никитовић, З.; Марковић, Д., D'Arconte, С. Publisher: Silver & Smith, London, England, 83-104. **М14**

Списак резултата М20

Димић, В.; Милошевић, М.; Милошевић, Д.; Стевић, Д. (2018). Adjustable model of the renewable energy project for sustainable development: A case study of the Nisava District in Serbia, *Sustainability*, 10(3), 775 **М22**

Списак резултата М50

Димић, В.; Милошевић, М.; Милићевић, Р.; Милошевић, Д. (2019) Вишекритеријумска анализа индикатора за развој паметних градова са аспекта примене ОИЕ, *ECOLOGICA* 95.

М51

Стевић, Д.; Милошевић, М.; **Димић, В.**; Милошевић, Д. (2018) Аутоматска класификација шумске вегетације на мултиспектралним Ландсат 7 снимцима, *ECOLOGICA* 90, 281-287.

М51

Списак резултата М30

Милошевић, М.; **Димић, В.** (2018) Multi-Criteria Analysis in ICT Implementation for Smart Cities. 7th International Scientific Conference Book of Abstracts: Employment, Education and Entrepreneurship (EEE2018) Belgrade, Serbia, 18–20 October, p.36 **М34**

Милошевић, Д.; Милошевић, М.; Станојевић, А.; **Димић, В.**; Милошевић, А. (2018) Примена FAHP методе у планирању изградње објеката са становишта енергетске ефикасности, 4th International Conference in XXI century, Машински факултет у Нишу, 19.-20. април, Ниш, 271-277. **М33**

Стевић, Д.; Милошевић, М.; **Димић, В.**; Милошевић, Д. (2018) Automatic classification of forest vegetation on multispectral landsat 7 records, Book of Abstracts of International Scientific Conference on Green Economy and Environment Protection, Београд, 23-25. април, р. 88 **М34**

Димић, В.; Станојевић, А.; Милошевић, М. (2017) Перспективе израде пројеката ОИЕ на југу Србије, IV Међународна научно – стручна конференција СФЕРА 2017: Технологија и уградња отвора, Мостар, 25-26. Октобар. **М33**

Милошевић, М.; Милошевић, Д.; **Димић, В.**; Стевић, Д.; Станојевић, А. (2017) The Analysis of Energy Efficiency Indicators and Renewable Energy Sources for Existing Buildings, 5. Међународна конференције о обновљивим изворима електричне енергије, МКОИЕЕ 2017 Београд, 12.-13. октобар, 205-212. **М33**

Иванов, М.; Скоко, С.; **Димић, В.**; Ђурић, М.; Херцег Рокнић, А.; Савић, А.; Ђуришић, М. (2017) Dual Education in the Area of Renewable Energy Sources and Energy Efficiency in the Education System of the Republic of Serbia, 5. Међународна конференције о обновљивим изворима електричне енергије, МКОИЕЕ 2017 Београд, 12-13. октобар, 1-11. **М33**

Димић, В.; Милошевић, М.; Милошевић, Д. (2017) Analysis of the Influence Factors on the Performance of Renewable Energy Projects, 6. Међународна научна конференција о туризму BIST-SUSTAINABLE TOUR-WAY TO SUCCESS, Врњачка Бања, 23-25. јун, 100-178. **М33**

Димић, В.; Милошевић, М.; Милошевић, А. (2017) Развијање свести о управљању е-отпадом у информационим технологијама, 4thInternational Scientific Conference Agribusiness MAK-2017 „EUROPEAN ROAD“ IPARD 2015-2020, Копаоник, 27-28. January, 321-329. **М33**

Милошевић, М.; Милошевић, А.; Милошевић, Д.; Станојевић, А.; **Димић, В.** (2016) Multicriteria Analysis of Contemporary Materials for Energy-Efficient Buildings, II међународна научно – стручна конференција СФЕРА 2016: Обликовање и топлинска изолација фасадних зидова: Традиционални и савремени приступ, Мостар, 3-4. новембар, 46-51. **М33**

Димић, В.; Selimi, А.; Милошевић, М. (2016) Preventive maintenance and problem solving skills training in the development. In *Universal Design in Information Technology*, International Congress On Barrier-Free Information Technology (BILTEVT16), Manisa/Turska, 21-23. септембар, 75-83. **М33**

Списак резултата М60

Димић, В.; Милошевић, М.; Милошевић, А.; Рађеновић, Ж. (2017) Стицање стручних знања и вештина за решавање проблема одржавања рачунарских система, „Менаџмент знања“, година XII, бр.3-4, 20-26. **М63**