



РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ „Св. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ - СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И
ИНФОРМАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ



Александар К. Дединец

РАЗВИВАЊЕ НА МЕТОДИ ЗА ПЛАНИРАЊЕ НА
ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ СИСТЕМИ
- ДОКТОРСКИ ТРУД -

Скопје, 2018 година

Ментор:

Проф. Д-р Рубин Талески

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии
Институт за преносни електроенергетски системи

Членови на комисијата:

Проф. Д-р Весна Борозан, претседател

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” – Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии

Проф. Д-р Рубин Талески

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” – Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии

Проф. Д-р Мирко Тодоровски

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” – Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии

Проф. Д-р Наташа Марковска

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” – Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии

Проф. Д-р Невен Дуиќ

Универзитет во Загреб
Факултет за машинско инженерство и бродоградба

Докторскиот труд е од областа на техничките науки

*На моите родители, Гина и Костадин Дединец
кои ми пружија голема и безусловно љубов и поддршка
и кои во текот на мојот живот веруваа во мене.*

*Тато те нема но твоето верување во
мене го направи ова патување возможно.*

*На мојата сопруга Александра Дединец
и синот Глигор
кои ми го исполнуваат животот со прекрасни моменти
и се моја инспирација и сила.*

Моето патување наречено докторат претставуваше редење на мозаик, камче по камче проследено со моменти на голема самодоверба дека јас тоа го можам, охрабрување, но понекогаш и фрустрации. Кога го стави и последното камче и успеав да го составам мозаикот доживеав чувство на исполнетост и среќа. Но, кога погледнав назад и се присетив како почнав да го склопувам мозаикот, од каде идејата, од каде камчиња сфатив дека голем број на луѓе и институции придонесоа за да го составам мозаикот и да го остварам сонот. Овој дел им го посветувам на нив.

Најпрво би сакал да му се заблагодарам на проф. д-р. Рубин Талески што прифати да ми биде ментор. Посебно би сакал да му се заблагодарам за неговата флексибилност и голема доверба во мене и што ми даде можност слободно да одлучам за обемот и фокусот на оваа теза. Тоа ми остави огромен простор за креативност, а неговото долгогодишно искуство и знаење ми претставуваат обврска, но и мотив плус за да направам и дадам од себе најдобро што можам и да не го изневерам.

На проф. д-р. Наташа Марковска и проф. д-р. Невен Дуик им се заблагодарувам за поддршката за време на изработката на докторскиот труд, коментарите и сугестиите, насоките, како и за големиот број на камчиња кои се дел од мозаикот. Му се заблагодарувам на проф. д-р. Мирко Тодоровски за соработката и несебичното споделување на знаење. На проф. д-р. Весна Борозан и се заблагодарувам за тоа што прифати да биде дел од комисијата за преглед и одбрана на докторската дисертација и за коментарите и сугестиите.

Мозаикот немаше да биде целосен доколку не беа луѓето од Министерството за економија секторот за енергетика, Министерството за животна средина и просторно планирање, UNDP, USAID и Енергетска заедница за чии проекти најголем дел од анализите во овој докторски труд се направени. Листата овде е многу долга и не би сакал никој да се почувствува заборавен, но посебно сакам да им се заблагодарам на Виолета Кецакаровска, Исмаил Љума, Маргарета Липковска, д-р. Теодора Обрадовиќ-Грнчаровска, Анита Коџоман, Павлина Здравева кои имаа доверба во мене.

Ова истражување беше невозможно да се направи доколку го немав MARKAL моделот. Посебно сакам да им се заблагодарам на моите „гуруа“ Gary Goldstein, Pat DeLaquil и Steve Pye, што прифатија да бидам дел од тимот кој работи на MARKAL моделот и што ми пренесоа огромно знаења за енергетското моделирање.

Би сакал да им се заблагодарам на акад. Глигор Каневче и проф. Љубица Каневче најпрво за нивната љубов, морална поддршка и разбирање. Дополнително, сакам да им заблагодарам за тоа што ме научија како треба да се селектираат и избршат камчињата пред да се стават во мозаикот и ми отворија нови видови кон науката.

Овој дел нема да биде целосен ако не и се заблагодарам на една посебна личност, мојата сопруга доц. д-р Александра Дединец за нејзината континуирана и несебична поддршка и разбирање. Мозаикот немаше да биде завршен ако не беше нејзината искрена ангажираност и посветеност.

На крај овој дел би сакал да го завршам со огромна благодарност на моите браќа Ѓерасим и Гоце и нивните сопруги Кристина и Наталија кои ме научија на многу животни лекции.

СОДРЖИНА

1	Вовед.....	1
1.1	Најнови достигнувања и трендови.....	4
1.1.1	Позитивни и негативни страни и научени лекции	5
1.2	Мотивација за истражувањето.....	5
1.3	Новина на истражувањето и очекувања.....	7
1.4	Хипотеза	7
1.5	Структура на докторскиот труд.....	8
2	Методологија.....	10
2.1	MARKAL	14
2.2	MARKAL-Македонија	17
2.2.1	Моделирање на потсекторот домаќинства	19
2.2.2	Моделирање на потсекторот транспорт	29
2.2.3	Моделирање на потсекторот производни индустрии и градежништво	30
2.3	MARKAL-Скопје	31
2.4	Крива на маргинални трошоци.....	32
2.5	GASMO	32
2.5.1	Прилагодување за моделирање на потсекторот транспорт	33
2.5.2	„Прилагодување за моделирање на секторот отпад.....	34
2.6	EnergyPLAN.....	35
2.7	Модел на електропреносна мрежа	36
2.8	IPCC методологија	38
2.9	Модел на „зелени“ работни места	39
3	Резултати и дискусија.....	42
3.1	Оптимално користење на биомасата за енергетски цели кон одржлив развој	42
3.1.1	Шуми во Република Македонија.....	44
3.1.2	Емисии на стакленички гасови од шумарство и други употреби на земјиштето во Република Македонија	46
3.1.3	Отпадна биомаса	46
3.1.1	Национална легислатива за Обновливите извори на енергија, повластени производители	47
3.1.2	Влезни податоци и претпоставки	47
3.1.3	Резултати	50
3.2	Синергија помеѓу секторите отпад и производство на електрична енергија	51

3.2.1	Референтно сценарио.....	53
3.2.2	Мерки за ублажување на климатските промени.....	54
3.2.3	Дефинирање на сценарија за ублажување на климатските промени.....	56
3.2.4	Резултати и дискусија.....	56
3.3	Патеки за одржлив развој на енергетскиот систем преку ублажување на климатските промени	59
3.3.1	Референтно сценарио (WOM).....	61
3.3.2	Оценка на политиките и мерките за ублажување	72
3.3.3	Социјални аспекти.....	73
3.3.4	Сценарија за ублажување.....	75
3.3.5	Споредбена анализа на сценаријата.....	82
3.4	Синергија помеѓу транспорт, ОИЕ и климатски промени	89
3.4.1	Состојба на потсекторот транспорт во Република Македонија.....	90
3.4.2	Потенцијал за ублажување на климатските промени во транспортот во Република Македонија	92
3.4.3	Крива на маргинални трошоци за ублажување.....	97
3.4.4	Анализа на осетливост.....	98
3.4.5	Дискусија	99
3.4.6	Анализа на политики и мерки во потсекторот транспорт.....	101
3.4.7	Оцена на ефекти	103
3.4.8	Издначување на акцизата на дизел горивото со акцизата на моторниот бензин	107
3.4.9	Намалување на акциза и ДДВ при увоз на возилата	108
3.4.10	Субвенции на електрични автомобили.....	110
3.4.11	Сценарио „Зелен, а паметен“.....	111
3.4.12	Намалување на емисиите на стакленички гасови	113
3.4.13	Дополнителни придобивки од електрификацијата на транспортот..	114
3.5	Анализа на топлинска енергија во потсекторот згради.....	117
3.5.1	Референтно сценарио – Скопје се гуши.....	118
3.5.2	Скопје дише.....	122
3.6	Креирање на политики на регионално ниво	126
3.6.1	Имплементирање на Директива за Енергетска ефикасност во договорните страни на Енергетската заедница	126
3.6.2	Регионален пазар на електрична енергија.....	131
3.7	Можности, предизвици и анализа на осетливост при долгорочното планирање на енергетските системи	137
3.7.1	Фактори кои влијаат врз развојот на енергетиката.....	137
3.7.2	Фактори кои влијаат врз точноста на прогнозирањето на идниот развој на енергетскиот систем	137

ниво	3.7.3 Несигурностите кои ги прават разликите во моделирањето на глобално	137
	3.7.4 Несигурностите кои ги прават разликите во моделирањето на	
	енергетскиот развој на Република Македонија.....	138
	3.7.5 Анализа на осетливост.....	138
	3.7.6 Резултати и дискусија.....	139
4	Заклучок	142
5	Литература	145

Кратенки

BEV	Електрични возила со батерија (анг. Battery Electric Vehicle)
ENS	промени во неиспорачаната енергија (анг. Energy Not Supplied);
IEA	Меѓународна агенција за енергетика
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MAC крива	Маргинална крива на трошоци (анг. Marginal Abatement Cost Curve)
MARKAL	(MARKet ALlocation)
NTC	промени во нето преносниот капацитет (анг. Net Transfer Capacity)
PHEV	приклучени хибридни електрични возила (анг. Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
PTDF	матрица на дистрибутивни фактори на тековите на моќности (анг. Power Transfer Distribution Factor)
RDF	Горива од отпад (анг. Refuse Derived Fuels)
SBUR	Втор двогодишен извештај за климатски промени
SDG	Глобалните целите за одржлив развој (анг. Sustainable Development Goals)
TE-TO	Термoeлектрана топлана
UNFCCC	Рамковна конвенција на обединетите нации за климатски промени (анг. United Nations Framework Convention on Climate Change)
WAM	Со дополнителни мерки (анг. With Additional Measures)
WEM	Со постојни мерки (анг. With Existing Measures)
WEO	World Energy Outlook
WOM	Без мерки (анг. Without Measures)
БДП	Бруто домашен производ
ДЗС	Државен завод за статистика
ЕУ	Европска Унија
КПГ	Компримиран природен гас
МБТ	Механички и биолошки третман
МЖСПП	Министерство за животна средина и просторно планирање
ОИЕ	Обновливи извори на енергија
ОН	Обединети нации
РУО	региони за управување со отпад (анг. Waste Management Region)
СТУГРЕС	Студија за греење на градот Скопје анализа на политики и мерки
ТЕ	Термoeлектрана
ТНГ	Течен нафтен гас

Хемиски симболи

CH ₄	Methane
CO	Carbon Monoxide
CO ₂	Carbon Dioxide

CO₂-eq Carbon Dioxide equivalents

N₂O Nitrous Oxide

NO_x Nitrogen Oxides

PM Particulate Matter

SO_x Sulfur Oxide

1 ВОВЕД

Најцитираната дефиниција за одржлив развој, дадена од Светската комисија за животна средина и развој во Извештајот на Брундланд, вели дека: „Одржливиот развој е развој кој ги задоволува потребите на сегашноста, без да се загрози можноста на идните генерации да ги задоволат своите потреби“ [1]. Концептот на одржлив развој може да се толкува на многу различни начини, но во суштина претставува пристап кон развојот кој се обидува да ги балансира различните и честопати конкурентните потреби за свеста за животната средина, социјалните и економските ограничувања со кои се соочуваме како општество. Во таа насока, еден од главните принципи за развојот на енергетските системи е нивната одржливост. Всушност, енергијата и одржливиот развој се во синергија, во случај кога има добро дизајнирани енергетски мерки и политики кои придонесуваат кон подобрување на трите столба на одржливиот развој (животна средина, социјала и економија). Со цел да се создадат мерки и политики кои ги вклучуваат принципите на одржливиот развој, потребно е тие да се засноваат на детална и прецизна анализа. Како резултат на тоа, моделирањето и анализата на енергетските системи од аспект на одржлив развој станува се поважна, во целиот свет. Транзицијата кон енергетски одржливи системи значи и обезбедување на сигурно снабдување со енергија, прифатлива и енергија со ниско ниво на јаглерод. За да се реализира овој предизвик потребно е да се имплементираат методи кои ја препознаваат комплексноста на енергетскиот сектор, кој што е составен од меѓусебно зависни компоненти, започнувајќи од примарна енергија, преку конверзија и пренос на енергија до снабдување со енергија на крајните корисници од различни потсектори: производни индустрии и градежништво, транспорт, домаќинства,

комерцијален и услужен и земјоделство. Според тоа анализите може да вклучуваат различни аспекти од енергетските системи.

Од аспект на примарната енергија, учеството на горивата кои се користи на светско ниво за производство на електрична и топлинска енергија е прилично изменето во последните децении. Јагленот продолжува да биде најшироко употребувано гориво за производство на електрична енергија, иако производството од нуклеарната енергија брзо се зголемува од 1970-тите до 1980-тите, а генерирањето на природен гас брзо растеше во 1980-тите, 1990-тите и првата декада од 21-век. Употребата на нафта за производство на електрична енергија се намали од крајот на 1970-тите, кога цените на нафтата значително се зголемија. Почнувајќи од раните 2000-ти, високите цени на фосилните горива во комбинација со загриженоста за последици врз животната средина од емисиите на стакленички гасови, резултираа со интерес за пронаоѓање на алтернативи за фосилните горива за производство на електрична енергија [2]. Овие иницијативи овозможиле забрзан раст на обновливите извори на енергија кои ја вклучуваат енергијата добиена од: сонцето, ветерот, водата, геотермалните извори, биомасата итн. Од овие обновливи извори на енергија, биомасата има најголема традиција и најмногу се користи. Од друга страна, како ресурс таа е најкритична од обновливите извори и ако не и се посвети посебно внимание може да доведе до нејзина прекумерна употреба, а со тоа и до губење на нејзината одржливост. Тоа значи дека наместо да имаме корист од биомасата, таа може да испушта дополнителни количини на CO_2 емисии. Дополнително, таа има големо влијание врз креирањето на политиката на една земја, бидејќи се смета за локален извор на енергија, па во однос на безбедноста во снабдувањето со енергија е многу важна. Препознавајќи ја улогата на биомасата, многу земји во развој планираат да го искористат својот потенцијал за постигнување на одржлив развој. Како резултат на тоа, постојат многу документи кои ја анализираат биомасата од различни аспекти и според [3] брзината на објавување на научни трудови од оваа област брзо се зголемил во периодот од 1998 до 2013 година. Бидејќи биомасата зависи од спецификите на секоја држава, многу трудови ја анализираат потенцијалот, одржливоста и достапноста на биомасата на ниво на држава. На пример, во [4] се анализира достапноста на биомасата во Сицилија. Одржливиот развој на литванскиот потсектор домаќинства, во согласност со политиката на ЕУ, е анализиран во [5] и се заклучува дека биомасата игра, а и во иднина ќе продолжи да игра водечка улога во производството на енергија од обновливи извори. Во [6], потенцијалот за користење на биомасата за производство на електрична и топлинска енергија и за користење кај возилата како биогориво е пресметан за Алберта. Преглед на потенцијалот на биомаса како и можноста за нејзино искористување во енергетски цели во Индија се анализирани во [7]. Во истиот труд се разгледуваат и политики за обезбедување субвенции за биомаса. Исто така, квантификација на употребата на биомасата за енергетски цели и анализа на нејзината одржливост за Тасманија е направена во [8], како земја што е богата со шумски ресурси, но нема детални податоци за биомасата. Детална анализа на биомаса во Црна Гора е направена во [9]. Во [10,11] е направен преглед на состојбата на обновливите извори на енергија во Република Македонија, вклучувајќи ја и биомасата.

Следниот аспект од енергетските системи е потрошувачката по сектори и потсектори. Моделите за планирање на потрошувачката на енергија може да се поделат според секторите по кои се поделени и крајните корисници: производни индустрии и градежништво, транспорт, домаќинства, комерцијален и услужен и земјоделство. На светско ниво, енергетски најинтензивен потсектор е енергетски индустрии и градежништво. Во Кина многу анализи се направени за овој потсектор или за некоја од неговите гранки. Индустријата за железо и челик во Кина е една од најкритичните во однос на одржливиот развој. Со цел да се пронајде односот помеѓу емисиите на стакленички гасови, инвестициите, трошоците за технологии, економскиот раст и политиките поврзани со индустријата за железо и челик, развиен е концептуален модел кој ги вклучува овие пет

фактори [12]. Потсекторот индустриски транспорт во Кина е анализиран во [13], каде што е развиен метод на ко-интеграција кој ги поврзува емисиите на стакленички гасови, бруто домашниот производ (БДП), стапката на урбанизација и енергетскиот интензитет. Анализи за потсекторот производни индустрии и градежништво се направени и за САД, третиот најголем производител на железо и челик во светот. Математичкиот модел, кој овозможува анализи за тоа како технологијата, производството, трговската структура, подобрување на ефикасноста и инструментите на политиката колективно ќе влијаат врз одржливиот развој на секторот, е развиен во [14]. Во 2008 година ЕУ учествувала со 15% во вкупното производство на железо и челик и анализи за одржливоста на овој сектор се направени во [15].

Потсекторот транспорт е втор по големина енергетски интензивен потсектор со учество од 20% во вкупната потрошувачка на енергија на светско ниво, по потсектор индустрија со 51% [16]. Детални анализи за транспортниот сектор и неговата одржливост односно односот меѓу емисиите на стакленички гасови, економскиот раст и потрошувачката на енергија за 27 земји од Организацијата за економска соработка и развој (ОЕСР) се направени во [17]. Во истиот труд е покажано дека потрошувачката на енергија во транспортниот сектор има значително влијание врз економскиот раст и емисиите на стакленички гасови на долг рок. Pan_Europe TIMES модел се користи во [18] со цел да генерира множество на сценарија до 2050 година и да се покаже кога и како електричните возила ќе станат рентабилна технологија и дали тие се соодветна технологија за постигнување на одржлив развој во овој потсектор. Со примена на методологија „оддолу нагоре“ е покажано дека промовирањето на јавниот транспорт и намалувањето на употребата на автомобилите, може да придонесе кон одржлив развој на урбаниот транспорт до 2030 година во Кина [19]. Користејќи ги историските податоци за Тајланд, од 1990 до 2007 година, се открива односот меѓу потрошувачката во транспортниот сектор и цените на нафтата, порастот на населението и БДП и врз основа на тоа направено е предвидување на потрошувачката и емисиите на CO₂ во овој сектор до 2030 година [20]. Во [21] е покажано дека подобрувањето на енергетската ефикасност на автомобилите во ЕУ до 2050 година може значајно да ја намали потрошувачката на енергија во овој сектор, а со тоа да ги намали и емисиите на стакленички гасови.

Потсекторот домаќинства е исто така многу важен од аспект на одржлив развој на енергетските системи затоа што е одговорен за 17% од вкупните емисии на CO₂ во светот. Прогнозата за потрошувачката на енергија во овој сектор значително влијае врз неговиот развој. Прегледот на состојбата во овој сектор во десетте CO₂ најинтензивни држави е направен во [22] и е покажано дека нивната потрошувачката на енергија пораснала за 14% во периодот 2000-2011 година. Во однос на емисијата на CO₂, ситуацијата е алармантна во Кина, Индија и Иран, бидејќи овие земји имаат двоцифрен пораст. Анализа на потсекторот домаќинства во Шведска е направена во [23] каде што е добиено дека емисии на CO₂ во овој сектор може да се намалат за 63% ако се имплементираат мерки за заштеда на енергија.

Друг важен аспект од енергетските системи којшто исто така се анализира од истражувачите во литературата е преносот на енергија. Тоа вклучува моделирање на мрежите за пренос на електричната енергија, топлинска енергија како и мрежите за пренос на примарните горива како нафтата и природниот гас. Најкомплексна од овие мрежи е мрежата за пренос на електрична енергија и притоа се прават различни анализи со помош на модели за пренос. Од една страна, може да се направи планирање на развојот и проширувањето на мрежата, како што тоа е направено во [24] за преносните мрежи во Египет и во [25] за интегрираните преносни мрежи во регионот на Југоисточна Азија. Од друга страна, влијанието на различните стратегии на страните за производство и потрошувачка на електрична енергија врз преносната мрежа е исто така важен аспект кој е истражуван од научниците. Така, во [26] главниот фокус е ставен на анализата на влијанието на зголеменото производство на електрична енергија од ветерни и сончеви електрани во

Централна Европа. Во [27], пак, во самата оптимизација за планирање на развојот на преносната мрежа во предвид е земено и зголемувањето на учеството на обновливите извори. Во [28] направена е анализа за влијанието од зголемувањето на капацитетот на мрежата врз производството на електрична енергија, вклучувајќи го и производството од обновливите извори на енергија. Стабилноста и ранливоста на преносните електроенергетски мрежи е аспект којшто исто така треба да биде вклучен во анализите. Посебно внимание на овој аспект е посветено во [29–31] каде се анализирани последователните падови во преносниот систем.

Сепак, и покрај ваквата поделба на анализите на енергетските системи од различни аспекти и потсектори, многу земји креираат стратегии за одржлив развој кои ги опфаќаат сите потсектори, односно го опфаќаат енергетски систем во целина. Во [32] се креирани долгорочни сценарија за анализа на одржливиот развој на Индија во контекст на глобалната акција кон целта од зголемување на температурата за 2°C. Со цел да се соочи со прашањата на одржливиот развој, Европската комисија има воспоставено цел од 20% намалување на стакленичките гасови, 20% учество на обновливи извори на енергија и 20% енергетска ефикасност до 2020 година во споредба со нивото од 1990 година [33]. Со оглед на тоа што климатските промени се една од најжешките теми, ЕУ утврди цел за намалување од 80% - 95% во 2050 година во споредба со нивото од 1990 година [34].

1.1 Најнови достигнувања и трендови

Исполнувањето на принципите на одржлив развој кај енергетските системи бара развивање на енергетски модели со чија помош ќе може да се анализираат различните аспекти и нивоа на одржливост. Во литературата можат да се сретнат голем број на модели кои имаат различна примена. Во неколку научни трудови се прави детален преглед, од различна перспектива, на моделите кои постојат за планирање на енергетските системи. Преглед на енергетските модели кои се користат за прогнозирање на потрошувачката на енергија е направен во [35], каде што моделите се класифицирани во 12 групи и тоа: модели на временски серии, модели на регресија економетриски модели, модели на распаѓање, модели на коинтеграција, модели на ARIMA, вештачки системи - модели, сиви модели (анг. gray models) за предвидување, модели за влез-излез, модели на фази-логика/генетски алгоритми, интегрирани модели - авторегресивни, регресија со вектори за поддршка, модели за оптимизација, „оддолу-нагоре“ модели. Во [36] направен е преглед на моделите кои се користат за интегрирање на обновливите извори на енергија во различни енергетски системи и со тоа моделите се класифицираат како симулациски, сценариски, рамнотежни, „одгоре-надолу“, „оддолу-нагоре“, оптимизациски и оптимизациски. Според авторите на тој труд, најголем број корисници имаат бесплатни модели како RetSceen, HOMER, LEAP, BCHP Screening Tool и комерцијалниот модел energyPRO. Во групата со голем број корисници се моделите како EnergyPLAN, MARKAL/TIMES и MESSAGE. Преглед на моделите за оптимизација што се користат за обновливи извори е направен во [37]. Сеопфатен преглед на моделите за планирање на енергетските системи е направен во [38], каде што е наведено дека моделите, во зависност од нивната методологија и карактеристики, се категоризираат во три групи (економски, оптимизациски и симулациски) и секоја група е поделена на две подгрупи. Економските се поделени на статички и динамички, оптимизационите на оптимизирање на снабдувањето и побарувачката и оптимизација на работењето на енергетскиот систем, а последната група, симулациски модели, е поделена на анализа на когнитивните системи и анализа на системи на одлуки. Исто така, се прави преглед на сите енергетски модели и во [39] и во [40] каде што моделите се категоризирани во модели базирани на оптимизација „оддолу-нагоре“ и сметководствени модели, од „одгоре-надолу“, економетриски модели, хибридни модели и модели на електроенергетскиот сектор.

Моделот MARKAL/TIMES е најсеопфатен и најкомплексен модел за долгорочно планирање на енергетските системи. Овој модел се применува за различни видови анализи речиси во целиот свет, на пример во САД за анализа на снабдувањето со гас од шкрилци и климатски политики за енергетска безбедност [41], во САД, Бангладеш и Пакистан за политики за обновливи извори на енергија [42–44], во ЕУ28 и посебно за Велика Британија за анализи во потсекторот транспорт и примена на водородот [45,46], во Португалија за целосна декарбонизација на секторот за производство на електрична енергија до 2050 година [47], во Шведска и Франција за регионална употреба на биомаса и биогорива [48], во Куба за анализа на енергетскиот сектор [49] итн. Студии каде што се користи LEAP моделот се следните: за електроенергетскиот сектор на Панама во [50], за цел на биогорива во Индонезија во [51], за снабдување и побарувачка на електрична енергија во Пакистан [52] и за биоенергија во Гана [53]. За моделот EnergyPLAN, детални анализи, каде се користи овој модел се направени во [54] и според овој труд до мај 2015 година овој модел се користи во 95 различни рецензирани списанија.

1.1.1 Позитивни и негативни страни и научени лекции

Од аспект на комплексност, моделите како што е MARKAL моделот бараат голем број на детални влезни податоци, што во одредени случаи може да претставува проблем, но доколку постојат такви детални податоци и се развие начин за нивно моделирање, тогаш комплексноста на овие модели може да се претвори во предност. Од друга страна поедноставните модели како што се EnergyPLAN и GACMO, овозможуваат анализа на генерални насоки без притоа да се навлегува детално во проблемот.

Од аспект на сложеност при моделирањето, моделите како MARKAL и LEAP се на некој начин како програмски јазици, односно се прилично отворени и овозможуваат корисникот да ја избере сложеноста и деталноста при моделирањето. За разлика од нив моделите како што е EnergyPLAN имаат точно определени полиња во коишто треба да се внесат бараните влезни податоци за да се добијат дефинираните резултати.

При користење на оптимизациските модели, како што е MARKAL треба многу да се внимава на поставените ограничувања, затоа што ако од една страна премногу се ограничи, моделот или може да не најде решение или да не исполни некои од ограничувањата. Од друга страна, доколку нема ограничувања добиените резултати може да бидат во погрешна насока. Од тој аспект симулациските модели се поедноставни затоа што не е потребно дефинирање на ограничувања, меѓутоа во тој случај не се врши оптимизација по одредена функција на цел, како на пример трошоци, емисии итн. При користење на било кој од моделите потребно е добро познавање на приликите и спецификите на системот кој што се моделира.

1.2 Мотивација за истражувањето

Енергетските системи од своето појавување па се до денес претставуваат неисцрпен извор на мотивација за научниците за нови и нови истражувања, нешто што впрочем е покажано и во претходниот дел од ова поглавје преку огромниот број на научни трудови кои секојдневно се објавуваат во оваа област. Комплексност на енергетските системи, зависноста на луѓето од енергија, од една страна и одговорност на енергетските системи за глобалното и локалното загадување од друга страна, ги прават уште поатрактивни за истражување. Токму од овде произлезе и мотивацијата за овој докторски труд. Целта на овој труд е примената на постојни, развој на нови и интеграција на методите за планирање на одржлив развој на енергетските системи од различни аспекти. Истражувањето е спроведено во неколку фази.

Во првиот дел од истражувањето акцент е ставен на планирање на ресурсите кои се користат во енергетските системи гледано низ призмата на одржливиот развој. Од тој аспект, посебно внимание е посветено на обновливите извори на енергија. Биомасата е најшироко употребуван обновлив извор на енергија, нешто што е констатирано и во првиот дел од ова поглавје. Сепак, со цел таа да остане обновлив извор, мора да се користи рационално и со план, што бара и детална анализа на тековната состојба. Поради тоа, предмет на истражување во овој докторски труд е и развој на методи за анализа на оптималното користење на биомасата за енергетски цели, земајќи го во предвид одржливиот развој на една држава. Креирани се различни сценарија со цел да се пресмета оптималното учество на биомасата во вкупната потрошувачка на енергија. Исто така, развиени се и методи за анализа на останатите обновливи извори на енергија, како што се енергијата од сонце, ветер, хидропотенцијалот, како и енергијата којашто може да се добие од отпадот.

Во докторската дисертација особено внимание им се посветува на потсекторите домаќинства и транспорт. Мотивацијата овие два потсектори да бидат дел од овој труд произлегува од тоа што потсекторот транспорт е најбрзо растечки особено во земјите во развој и сектор каде најтешко може да се применат мерки за намалување на емисиите на стакленички гасови. Од друга страна, во потсекторот домаќинства постои широка лепеза на мерки кои можат до доведат до намалување на потрошувачката на енергија и намалување на емисиите на стакленички гасови како и на локалното загадување, но потребно е нивно оценување и селекција.

И покрај тоа што има голем дел на трудови кои го обработуваат транспортниот сектор, мал е бројот на оние кои што го обработуваат проблемот на увоз на половни возила и нивното влијание врз транспортниот сектор. Од друга страна, на овој сектор се гледа како на сектор со голем потенцијал со којшто може да се овозможи интеграција на производството на електрична енергија од обновливи извори, пред се со помош на електрични возила. Токму ова преставуваше дополнителен мотив за моделирање и анализирање на транспортниот сектор. За таа цел, во овој докторски труд се истражуваат методи за анализа на синергијата помеѓу секторот транспорт, обновливи извори на енергија и климатски промени.

Комплексноста на потсекторот домаќинства, каде што енергијата се користи за најразлични потреби како на пример, греење, ладење, готвење, загревање на топла вода итн. и големиот број на регулативи и директиви кои се пропишуваат од Европската унија, бара внимателно моделирање на овој сектор, што претставуваше мотив плус за негово вклучување во овој докторски труд. Дополнително за да се дефинираат потребите за греење, каде се троши најголем дел од енергијата во домаќинствата, потребно е да се обработи преносот на топлина. Поради тоа, во овој докторски труд е развиен и модел за пренос на топлина којшто како резултат треба да ја пресмета потребата на енергија за затоплување на типичен објект. Овој модел инкорпорира и модел на метеоролошките состојби за анализираната локација, а во предвид ги зема и термофизичките карактеристики на објектите.

Покрај поединечните анализи на ниво на сектор или потсектор, за креирање на политики за одржливиот развој на една земја или регион од особена важност е интегрираното моделирање на енергетскиот систем. Од тој аспект, главен акцент во овој докторски труд е ставен на развивање и користење на методи за долгорочното планирање на енергетските системи, каде одржливоста при оптимални трошоци на енергетскиот систем е во прв план. Кога се работи со комплексни модели за долгорочно планирање (како што е MARKAL моделот) вообичаено се земаат во предвид неколку карактеристични периоди за електрична и топлинска енергија. Затоа што одржливоста вклучува пред се производство на електрична енергија од обновливи извори, од особена важност е анализата

на балансирањето на системот на часовно ниво. Изнаоѓањето на решение во ваквиот случај беше мотивација да во овој докторски труд се истражува и можноста за интегрирање на моделите за долгорочно планирање со карактеристични периоди со моделите кои вршат балансирање на часовно ниво. Дополнително на ова, предмет на истражување се и развојот на методи и модели за краткорочно и долгорочно предвидување на податоците коишто се влез во моделите за долгорочно планирање.

Несигурноста во поглед на влезните податоци која што постои при долгорочните планирања, предизвика во овој докторски труд да се направи и анализа на осетливост при долгорочното планирање на енергетските системи, како и креирање на индикатори со чија помош може да се следи одржливиот развој на државата и да се направи споредба со други држави, за да се види дали планирањата кои се направени се реално остварливи.

Исто така, комплексните модели за долгорочно планирање користат поедноставна претстава за електроенергетската мрежа. Поради тоа, предмет на истражување во овој докторски труд е и развојот на детални модели за преносната електроенергетска мрежа, со чија помош може да се анализира влијанието на различните политики на страните на производство и потрошувачка на електрична енергија врз мрежата. Дополнително, моделот треба да овозможи креирање на политики за долгорочен развој и на самата преносна мрежа.

1.3 Новина на истражувањето и очекувања

Целта на овој докторски труд е да се развијат методологии за долгорочно планирање на енергетските системи, имајќи ги во предвид постулатите на одржливиот развој на системите. Во таа насока се издвојуваат следните поединечни цели:

- ▶ развој на методологии за анализа на одрлив развој на ресурсите кои се користат во енергетските системи,
- ▶ развој на методологии за долгорочно планирање на производството и потрошувачката на енергија и
- ▶ развој на методологии за долгорочно планирање на електроенергетската преносна мрежа.

Истражувањата и резултатите што ќе произлезат од докторската дисертација се очекува да ги надградат и надминат недостатоците на постојните модели и пристапи кои се користат за планирање на одрлив развој на енергетските системи. Од една страна изборот и прилагодувањето на постојните модели во областа на енергетските системи и предлагањето на нови пристапи се очекува да ги надмине ограничувањата кои ги имаат традиционалните модели.

Од друга страна се очекува развиените методи да овозможат дополнителни анализи на енергетските системи земајќи ја во предвид нивната динамичка еволуција, но и земајќи го во предвид нивниот одрлив развој, односно балансот помеѓу економскиот и социјалниот аспект, како и аспектот на животната средина.

1.4 Хипотеза

Во докторската дисертација главна хипотеза е дека користењето и развојот на методологиите за планирање на енергетските системи значително ќе допринесе кон подобрувањето на вкупниот одрлив развој на системите.

Во овој контекст, се дефинираат две посебни хипотези. Првата е дека со помош на методологиите развиени и применети во овој докторски труд ќе се одредат насоките во кои треба да се развиваат енергетските системи имајќи ги во предвид постулатите на одржливиот развој од аспект на животна средина, економија и социјала.

Втората посебна хипотеза е дека планирањето на енергетските системи ќе допринесе кон зајакнување на економијата, намалување на локалното и глобалното загадување, како и подобрување на социјалниот аспект.

1.5 Структура на докторскиот труд

Во првото поглавје е даден краток вовед во темата за одржлив развој на енергетските системи, како и во прапањата кои оваа докторска дисертација има за цел да ги одговори. Дополнително, во воведот е даден и преглед на најновите достигнувања и трендови во поглед на методите кои се користат за планирање на одржливиот развој на енергетските системи, како и мотивацијата за темата на докторската дисертација.

Во второто поглавје е претставена методологијата која што е предложена во овој труд, а која се користи за планирање на одржливиот развој на енергетските системи. Оваа методологија вклучува повеќе различни модели и во ова поглавје покрај краткиот опис на секој од нив, презентираниа е и улогата на секој модел во планирањето на одржливиот развој. Поврзаноста на различните модели е детално објаснета, вклучувајќи и објаснување како секој од трите главни аспекти на одржливиот развој (економија, животна средина и социјала) е опфатен со предложената методологија. Бидејќи MARKAL моделот има централна улога во методологијата, како најсеопфатен и најдетален модел, особено внимание е посветено на неговиот опис и е прикажана структурата на двата различни модели кои се развиени во рамките на овој труд со помош на MARKAL: MARKAL-Македонија, вклучувајќи го и моделирањето на различните потсектори (домаќинствата, транспорт и производствени индустрии и градежништво) и MARKAL-Скопје. Дополнително, во ова поглавје даден е и опис на останатите модели кои се користат: GASMO, EnergyPLAN, модел на преносната мрежа, IPCC методологијата, како и моделот за пресметување на „зелените“ работни места.

Третото поглавје е посветено на претставувањето на добиените резултати со помош на примената на предложената методологија за планирање на одржлив развој на енергетските системи и соодветна дискусија. Најпрво, презентираниа е анализата за оптималното користење на биомасата за енергетски цели кон одржлив развој, како еден од основните примарни ресурси во Република Македонија. Во таа насока, даден е опис на моменталната состојба, во поглед на шумските ресурси, емисии на стакленички гасови и националната легислатива, како и процената за можниот потенцијал за искористување на биомасата, имајќи го во предвид одржливиот развој.

Во продолжение на третото поглавје е прикажана анализата од синергијата на секторите отпад и производство на електрична енергија, притоа дефинирајќи референтно сценарио, мерки и сценарија за ублажување на климатските промени во секторот отпад. Понатаму се пресметани и прикажани резултатите кои се добиваат и со чија помош може да се процени влијанието на секторот отпад врз производството на електрична енергија.

Дефинирањето на патеките за одржлив развој на вкупниот енергетски систем со ублажување на климатските промени е предмет на анализа во понатамошниот дел од третото поглавје. За таа цел, даден е опис на референтното сценарио, пресметана е оценката на политиките и мерките за ублажување, креирани се различни сценарија за ублажување и на крај е презентираниа и нивна споредбена анализа.

Детална анализа на синергијата помеѓу потсекторот транспорт, обновливите извори на енергија и климатските промени е презентираниа во продолжение на третото поглавје. Тука, најпрвин е даден приказ на моменталната состојба на транспортот во Република Македонија. Понатаму е презентираниа генералниот потенцијал кој овој потсектор го има за ублажување на климатските промени, преку приказ на кривата на маргинални трошоци за ублажување, анализата на осетливост и соодветна дискусија. Во таа насока, во

понатамошниот дел од текстот е дадена анализата на влијанието на три конкретни политики и мерки во однос на нивниот потенцијал за намалување на емисиите на стакленички гасови. На крајот на овој дел прикажани се и пресметките за дополнителните добивки од примената на мерките во потсекторот транспорт во поглед на производството на електрична енергија од обновливи извори на енергија, со што дополнително се придонесува кон намалување на емисиите на стакленички гасови.

Дел од резултатите од третото поглавје е и анализата на енергијата која се користи за затоплување во потсекторот домаќинство, која има значајна улога во поглед на одржливиот развој на енергетските системи. Скопје, како главен град на Република Македонија има најголем удел во потрошувачката на енергија за затоплување, па затоа тој е и предмет на истражување во овој дел. Со користење на MARKAL-Скопје моделот најпрво е креирано референтно сценарио, наречено „Скопје се гуши“. Понатаму, со помош на предложени политики и мерки, креирано е сценарио за ублажување „Скопје дише“, со чија помош може да се пресмета потенцијалот за намалување на локалните и глобалните емисиите кои се емитуваат од енергијата потребна за загревање на домаќинствата.

Креирањето на политики на регионално ниво е исто така од огромно значење за одржливиот развој на енергетскиот систем на една држава како дел од тој регион. Токму поради тоа, во понатамошниот дел од овој труд е претставена анализата на имплементирањето на Директивата за енергетска ефикасност во договорните страни на Енергетската заедница, како и добиените резултати и соодветна дискусија. Понатаму е презентирана анализата направена за регионалниот пазар на електрична енергија.

На крај на третото поглавје се извлечени и презентирани можностите, предизвиците и анализите на осетливост при долгорочно планирање на енергетските системи. Тука е вклучено дефинирањето на различните фактори кои влијаат врз развојот на енергетиката, како и фактори кои влијаат врз точноста на прогнозирањето на идниот развој на енергетскиот сектор. Понатаму е презентирана направената анализа на осетливост, како и добиените резултати и соодветната дискусија.

Во последното, односно четвртото поглавје се извлечени главните заклучоци од овој труд.

2 МЕТОДОЛОГИЈА

Градењето на одржливи енергетски системи е врвен приоритет на научниците и политичките елити во целиот свет. Од друга страна, планирањето на потребите од енергијата и нејзино обезбедување е од витално значење за институциите на власта во поглед на креирање на паметни и издржани политики кои ќе бидат во насока на одржлив развој на една држава. Одржливоста пак сама по себе е мулти-критериумски концепт и затоа и е потребен и таков пристап. За да се овозможи одржлив развој на енергетските системи потребно е да се имплементираат методи кои ја препознаваат нивната комплексност составена од меѓусебно зависни компоненти, започнувајќи од примарна енергија, преку конверзија и пренос на енергија до снабдување на крајните корисници од различни потсектори.

Реализацијата на главната цел на овој докторски труд е направена со синтеза на најновите методи кои ја препознаваат комплексноста на енергетските системи, а истовремено ги опфаќаат трите аспекти на одржливиот развој (слика 2.1). Со моделите MARKAL, EnergyPLAN и GASMO е покриен економскиот дел. Исто така, со имплементирање на IPCC методологијата во овие модели е овозможено истите да го покријат и делот за животна средина. Дополнително, со MARKAL моделот е опфатен и социјалниот дел преку локалното загадување. Со помош на моделот за пресметување на „зелени“ работни места се покриени социјалниот и економскиот дел.

Централна улога во методологијата која што е развиена во овој докторски труд ја има MARKAL. Со помош на MARKAL, креирани се два различни модели MARKAL-Македонија и MARKAL-Скопје. Првиот од двата развиени модели (MARKAL-Македонија) се користи за планирање на долгорочен одржлив развој на енергетскиот систем на

национално ниво, додека MARKAL-Скопје покрај долгорочниот развој на градот, вклучува и можност за пресметување на локалното загадување кое настанува како резултат на користењето на енергијата за загревање на домовите.



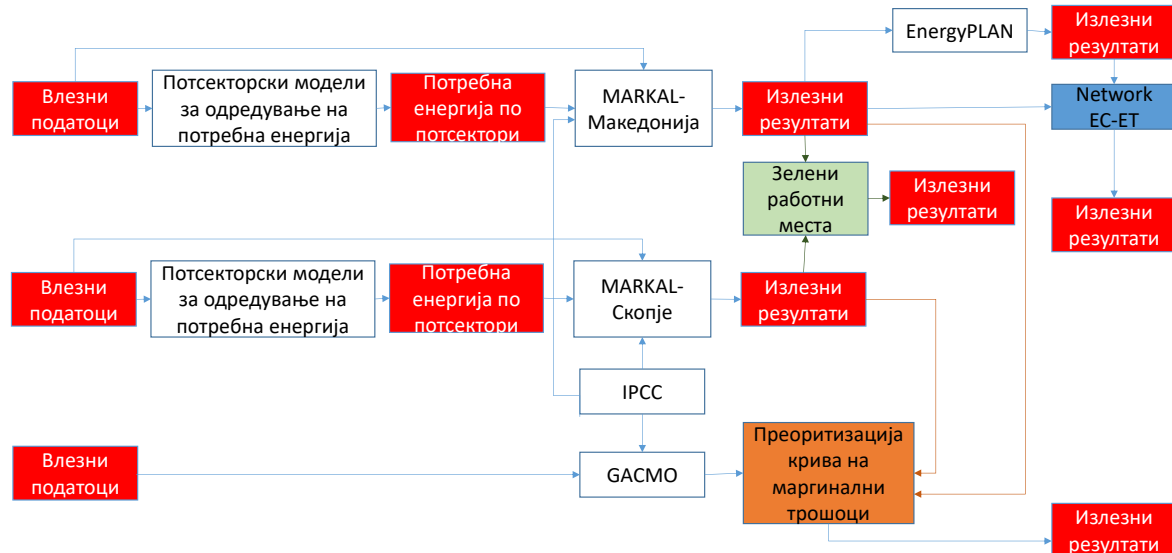
Слика 2.1. Модели со кои се покрива одржливиот развој

Со цел сите аспекти од одржливиот развој да бидат опфатени, развиените MARKAL модели се поврзани со другите модели (слика 2.2). Влез во MARKAL моделите е потребната енергија по потсектори пресметана со користење на одделни потсекторски модели, како и некои други влезни податоци. Добиените резултати од MARKAL-Македонија моделот се влезни податоци во EnergyPLAN со чија помош детално, на часовно ниво, се анализира работењето на енергетскиот систем. Исто така, добиените резултати од MARKAL-Македонија и MARKAL-Скопје моделите се влез во моделот за пресметување на „зелени“ работни места. Од друга страна, IPCC методологијата е имплементирана во MARKAL и EnergyPLAN моделите со што се овозможува двата модели како излезен резултат да ги прикажуваат и емисиите на глобалното загадување, а MARKAL-Скопје дополнително и емисиите на локално загадување. Важно е да се напоми дека MARKAL-Македонија и EnergyPLAN моделите вклучуваат моделирање на страната на производството и на страната на потрошувачката со поедноставна претстава на електроенергетската мрежа. Дополнително, за детално да се опфати долгорочното планирањето на електропреносната мрежа која што е задолжена да ги следи промените на страната на производството и потрошувачката, во рамките на овој докторски труд, креиран е посебен модел наречен ЕС-ЕТ. Овој модел покрај Република Македонија ги опфаќа и договорните страни на Енергетската заедница како и нивните соседи. За разлика од MARKAL моделот кој што е доста комплексен по однос на својата структура во овој докторски труд се користи и поедноставен модел GACMO, со чија помош на поедноставен начин може да се моделираат конкретни мерки во даден сектор.

За да се направи приоритизација на анализираните политики и мерки кои се во насока на одржлив развој на енергетските системи, се користи методот на креирање на крива на маргинални трошоци. Со помош на овој метод се овозможува рангирање на мерките и политиките врз основа на придобивките врз животната средина и економијата кои произлегуваат од нив.

За да се дојде до методологијата за одржлив развој, која што е развиена во овој докторски труд поминато е низ неколку фази, а речиси секоја од фазите е објавена во научни трудови во списанија со фактор на влијание. На самиот почеток, со помош на MARKAL-Македонија моделот направена е анализа за намалување на CO₂ емисиите од енергетскиот сектор од перспектива на земја кандидат за членство во ЕУ. За таа цел,

креирани се алтернативни сценарија за периодот 2006-2030 година, вклучувајќи различни комбинации на цели за намалување на емисиите на CO₂. Понатаму, анализирајќи два вида на цели (годишни и кумулативни) е докажано дека времето на преземање на одредена акција значително влијае на намалување на CO₂ емисиите. Од особена важност е тоа што оваа анализа вклучува и квантификација на влијанието на политичките инструментите врз маргинаалните и вкупните трошоци на енергетскиот систем.



Слика 2.2. Поврзување на моделите

Како надополнување на анализите направените во [55], во научен труд [56], во MARKAL-Македонија моделот развиени се различни сценарија за намалување на CO₂ емисиите во Република Македонија за периодот до 2050 година, каде покрај од перспектива на земја со статус кандидат за членство во ЕУ (што бара усогласување со Климатска политика на ЕУ) посебно внимание е посветено и на меѓународниот контекст (универзален климатски договор со обврски применливи и за земјите во развој). За таа цел три различни типа на цели се разгледувани и тоа:

1. ЕУ (со различно ниво на амбиции за намалување на CO₂ емисиите почнувајќи од 20% па се до 40% (20%-40%) во 2030 година, 30%-60% во 2040 година и 40%-80% во 2050 година споредено со нивото од 1990 година),
2. QELRC - Квантифицирани обврски за ограничување или намалување на емисиите (широк спектар од кумулативни цели кои за периодот од 2021-28, се движат од -20% до +20% во однос на нивото од 1990 година и за секој последователен 8-годишен период, целите се намалени за 10 процентни поени) и
3. отстапување од референтното сценарио (отстапување во однос на ниво на CO₂ емисии од -10% до -20% за 2020 година, -15% до -30% за 2028 година и -30% до -60% за 2050 година споредено со емисиите во референтното сценарио).

Дополнително, во [56] направена е компаративна анализа на сценаријата за ублажување и тоа во однос на нивните кумулативни вкупни трошоци на енергетскиот систем, кумулативни емисии и поединечни специфични трошоци за намалување на CO₂ емисиите. Врз основа на оваа анализа е одреден индикативниот опсег за националниот придонес за ублажување на климатските промени.

Од методолошки аспект, во овие два труда искористен е пристапот „одгоре-надолу“, односно целта за намалување на CO₂ емисиите е внесена како ограничување во моделот за максимална количина на емисии на стакленички гасови. Моделот како резултат го дава оптималното множество на мерки со кои би се постигнала целта. Недостатокот на овој пристап е што не може да се види која мерка колку придонесува кон намалување на

емисиите на стакленички гасови, а со самото тоа не може да се направи ниту компаративна анализа помеѓу поединечните мерки.

Во следната фаза од развивањето на методологијата за одржлив развој е решено прашањето на приоритизација на мерките во секторот енергетика. Имено, за прв пат е направено моделирање на политики и мерки со користење на методологијата „Оддолу-нагоре“, односно секоја мерка посебно се моделира во MARKAL-Македонија моделот (проект „Прв двогодишен извештај за климатски промени“) [57]. Дополнително, во оваа фаза направена е уште една надградба на методологијата за одржлив развој со тоа што резултатите од MARKAL-Македонија моделот се користат како влез во нов модел со чија помош се прави пресметка на „зелени“ работни места. Вака развиената методологија е искористена за пресметување на целите за намалување на CO₂ емисиите на национално ниво и за изработка на стратешки документ кој Република Македонија, како Страна на Конвенцијата на Обединетите нации за климатски промени (UNFCCC), го предложи на глобален договор на Конференцијата на страните во Париз во декември 2015 [58]. За да се потенцира и научното значење на овој документ, напишан е и труд кој што е презентиран на меѓународна конференција [59].

Во последната фаза од развојот на методологијата за одржлив развој на енергетските системи направени се следните надградби:

- ▶ извршено е усогласување на секторите и потсекторите според поделбата во IPCC методологијата, па така инвентарот на стакленички гасови и делот за ублажување на климатски промени имаат иста поделба со што се овозможува прогнозите за емисиите на стакленички гасови да се надоврзат на трендовите на емисии од инвентарот;
- ▶ покрај калибрација на моделот (MARKAL-Македонија) за основната година, пристап кој што се користеше во претходните чекори на развој на методологијата, направена е валидација и верификација на моделот за период од три години;
- ▶ направено е моделирање на повластени тарифи со премија;
- ▶ направена е ревизија и ажурирање на цените на горивата според најновите податоци од Регулаторната комисија за енергетика и World Energy Outlook 2015 и World Energy Outlook 2016;
- ▶ моделирани се податоците од резултатите од анкетата „Потрошувачка на енергенти во домаќинствата, 2014“ спроведена од Државниот завод за статистика (ДЗС) и од анкетата „Студија за анализа на начинот на загревање на домаќинства во Скопската котлина“ подржана од UNDP, што овозможи попрецизно дефинирање на реалната состојба во Република Македонија;
- ▶ подобро е моделирањето во делот на пресметување на проекциите на енергија потребна за греење и ладење со тоа што се воведени индикатори: степен денови за греење и степен денови за ладење;
- ▶ направено е потполно усогласување со IPCC методологијата во делот на пресметување на емисиите на стакленички гасови со тоа што е овозможено покрај CO₂ емисиите да се пресметуваат и емисиите од CH₄ и N₂O;
- ▶ овозможено е пресметување на емисиите на стакленички гасови од увезената електрична енергија и дефинирани се емисиони фактори за CO₂, CH₄ и N₂O;

- ▶ направено е подобрување на моделирањето во делот на предвидување на растот и развојот на индустријата, врз основа на податоците за додадената вредност и индексот на индустриско производство на соодветната индустрија и БДП;
- ▶ за прв пат имплементирани се и проценети мерки за ублажување на климатските промени во потсекторот производни индустрии и градежништво;
- ▶ моделиран е даночниот систем во транспортот;
- ▶ овозможено е пресметување на локалното загадување во Град Скопје предизвикано од енергијата која се користи за загревање на домаќинствата.

Сите овие подобрување на методологијата се направени како дел од проектот Втор двогодишен извештај за климатски промени.

Подетално за моделирањето и моделите кои се користат во методологијата за одржлив развој на енергетските системи е дадено во продолжение.

2.1 MARKAL

MARKAL е оптимизациски модел кој се користи за долгорочно планирање на енергетскиот развој на град, држава или регион и чија што функција на цел е да се минимизираат вкупните трошоци на системот, во текот на целиот период на планирање. Во овие трошоци се вклучени следните елементи:

- ▶ инвестиции во технологии сведени на годишни трошоци;
- ▶ фиксни и променливи годишни трошоци за работа и одржување на технологии;
- ▶ цена на увезена енергија и материјал и производство од домашни ресурси;
- ▶ приходи од извоз на енергија и материјал;
- ▶ трошоци за испорака на гориво и материјал;
- ▶ такси и субвенции поврзани со извори на енергија, технологии и емисии.

Во секој период, инвестициските трошоци за технологиите најпрво се сведуваат на годишни трошоци, потоа се додаваат на останатите годишни трошоци за на крај да се добие вкупниот годишниот трошок на енергетскиот систем. Потоа, MARKAL ја одредува вкупната нето сегашна вредност од сите годишни трошоци, дисконтирани на референтна година кој е дефинирана од страна на корисникот. Добиената вредност е всушност оптималното решение.

Во продолжение е прикажана функцијата на цел која што е збирот на сите нето сегашни вредности од сите региони.

$$NPV = \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^{t=NP\text{ER}} (1+d)^{NYRS \times (1-t)} \times ANNCOST(r,t) \times \left(1 + (1+d)^{-1} + (1+d)^{-2} + \dots + (1+d)^{1-NYRS} \right) \quad (1)$$

каде:

NPV - нето сегашната вредност на вкупните трошоци на сите региони,

$ANNCOST(r,t)$ - вкупен годишниот трошок во регионот r за периодот t ,

d е дисконтна стапка,

$NP\text{ER}$ - број на периоди во периодот на планирање,

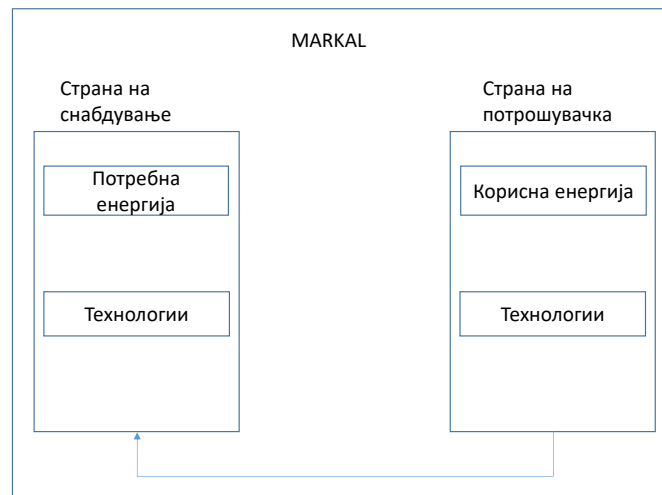
$NYRS$ - број на години во секој период t ,

R - број на региони,

Вкупниот годишен трошок се пресметува како збир од годишните инвестиции и годишните оперативните трошоци на кој се додаваат даноците од емисии и трошокот за загуби на енергија минус приходот од извезената енергија и сето тоа за сите технологии k , сегменти на страната на потрошувачката d , загадувачи p , како и сите горива f .

$$\begin{aligned}
ANNCOST(r,t) = & \sum_k \{ Annualized_Invcost(r,t,k) \cdot INV(r,t,k) + \\
& + Fixom(r,t,k) \cdot CAP(r,t,k) + \\
& + Varom(r,t,k) \cdot \sum_{s,s} ACT(r,t,k,s) + \\
& + \sum_c [Delivcost(r,t,k,c) \cdot Input(r,t,k,c) \cdot \sum_s ACT(r,t,k,s)] \} + \quad (2) \\
& + \sum_{c,s} \{ Miningcost(r,t,c,l) \cdot Mining(r,t,c,t) + \\
& + Tradecost(r,t,c) \cdot TRADE(r,t,c,s,i/e) + \\
& + Importprice(r,t,c,l) \cdot Import(r,t,c,l) - \\
& - Exportprice(r,t,c,l) \cdot Export(r,t,c,l) \} \\
& + \sum_c \{ Tax(r,t,p) \cdot ENV(r,t,p) \} + \\
& + \sum_d \{ DemandLoss(r,t,d) \}
\end{aligned}$$

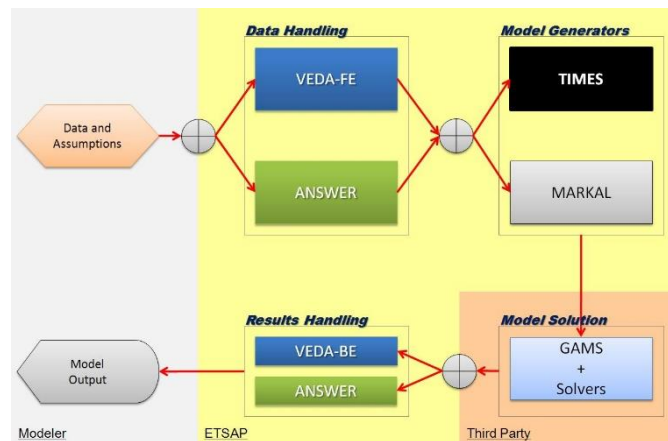
Наједноставната структура на MARKAL моделот е прикажана на следната слика (слика 2.3). Како влез во MARKAL моделот потребно е да се дефинираат потребите од енергија на страната на потрошувачката, односно да се дефинира корисната енергија за секој потсектор кој е креиран од страна на корисникот. Дополнително, на страната на потрошувачката потребно е да се дефинираат и потенцијални технологии со кои може да се задоволат потребите од корисна енергија. Врз основа на овие податоци во процесот на оптимизација, моделот ги одредува потребите од финална енергија, за чие пак задоволување е задолжена страната на снабдување. Кога се зборува за страната на снабдување, потребно е да се каже дека овде како влез во моделот се дефинираат ресурсите со кои располага државата како и можностите за увоз на одредени количини на енергија. Како и на страната на потрошувачката така и на страната на снабдување се дефинираат технологии со чија помош се прави конверзија од еден вид на енергија во друг како на пример од јаглен во електрична енергија преку термоелектрани (TE) или од гас во електрична и топлинска енергија преку термоелектрани-топлани (TE-TO).



Слика 2.3. Едноставно прикажување на структурата на MARKAL

И покрај тоа што за MARKAL се вели дека е модел за енергетско планирање, сепак, на него треба да се гледа како на еден програмски јазик во кој програмерот (моделерот) го опишува енергетскиот систем по некои однапред определени правила. Овие пропишани правила се за полесно снаоѓање, но не значи дека моделерот е ограничен, напротив тоа е и една од добрите страни на MARKAL што овозможува ширина во моделирањето. Со користење на MARKAL може да се опишат повеќе системи не само енергетски, туку и системи како што се земјоделство, шумарство, отпад итн.

Во склоп на програмирањето, односно дефинирањето на енергетскиот систем во MARKAL моделот, постојат и дополнителни алатки кои се користат за ефикасно управување со големи податочни множества и кои помагаат во подготвувањето на податоците што треба да бидат влез во генераторот на моделот (MARKAL/TIMES), а тоа се VEDA и ANSWER (слика 2.4). По внесувањето на податоците, генераторот на моделот овозможува детална и веродостојна репрезентација на системот. Моделот којшто се генерира од страна на MARKAL е напишан во програмскиот јазик GAMS и со помош на соодветен софтверски пакет - “solver” (интегриран во GAMS) се решава математичкиот проблем на програмирање. Решението, односно добиениот излез повторно се вчитува во ANSWER/VEDA, со чија помош може да се направи визуелизација и интерпретација на добиените резултати и соодветно да се извлечат заклучоци.



Слика 2.4. Методологија за користење на MARKAL моделот [60]

Во однос на генераторите на моделот, и MARKAL и TIMES ја имаат истата основна парадигма за моделирање. Во двата случаи решението се добива преку максимизирање на вкупната добивка на потрошувачите и производителите преку линеарно програмирање. Сепак, TIMES претставува наследник на MARKAL и има одредени дополнителни карактеристики кои ги нема во MARKAL, како што се дефинирање на временски периоди со променлива должина, развојување на податоците, флексибилни процеси итн.

Во суштина, ANSWER е Windows интерфејс кој е лесен за употреба и е специјално развиен за работа со MARKAL/TIMES моделите. Тој му обезбедува на моделерот можности за внесување, уредување, преглед на податоци, извршување на програмата во GAMS и за управување со резултатите. Податоците се чуваат во Microsoft Access база на податоци, кои може да бидат внесени или рачно со користење на ANSWER интерфејсот, или со помош на „паметни“ Excel табели. ANSWER интерфејсот, исто така овозможува и преглед на основната структура на дефинираниот енергетски систем.

Системот VEDA е составен од два главни потсистеми - VEDA Front-End (VEDA_FE) и VEDA Back-End (VEDA_BE). VEDA_FE се користи за внесување на податоците и претпоставките кои се влез исклучиво во TIMES моделот. Исто како и кај ANSWER така и VEDA_FE прифаќа влез од „паметни“ Excel табели. Излезот од MARKAL/TIMES моделот може да биде прочитан од VEDA_BE која произведува нумерички и графички излез за корисникот, а дополнително може да се направи и поврзување со excel.

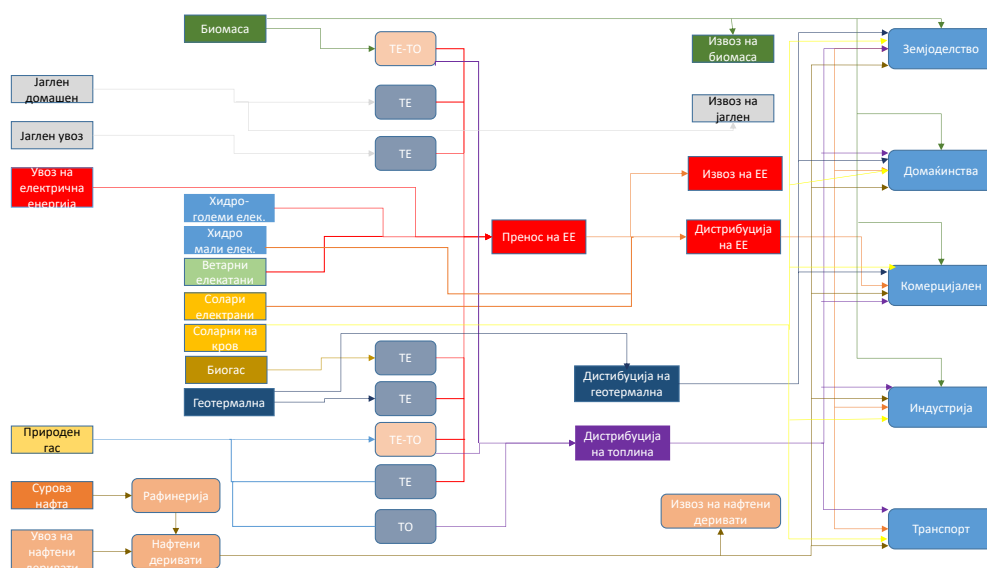
Во овој докторски труд, покрај MARKAL моделот, за внесување на податоци се користи алатката ANSWER, а за преглед на резултатите се користи VEDA-BE, како и специјално дизајнирани excel датотеки кои служат за визуелно претставување на резултатите и нивна понатамошна обработка.

2.2 MARKAL-Македонија

Креирањето на методологија за одржлив развој на енергетските системи мора да започне со дефинирање на енергетскиот систем на градот, државата или регионот. Од особен важност е на самиот почеток добро да се осмисли изгледот на енергетскиот систем за полесно да може потоа истиот да се имплементира односно моделира во MARKAL. Во овој докторски труд е моделиран енергетскиот систем на Република Македонија на начин како што е прикажано на сликата 2.5. На страната на снабдување се дефинирани неколку вида на енергенти и тоа: биомаса, јаглени, природен гас, сурова нафта и нафтени продукти, притоа под јаглените влегуваат четири различни типови на јаглен, а исто така опфатени се и сите нафтените продукти (бензин, дизел, течен нафтен гас (ТНГ), керозин, мазут и нафтен петролејски кокс). Моделот е направен на тој начин што се овозможува биомасата и јаглените да бидат добиени од домашни ресурси или од увоз, а останатите енергенти се набавуваат исклучиво од увоз. Покрај биомасата како обновливи извори на енергија моделирана е и хидроенергија преку големи и мали хидроелектрани, ветерната енергија преку ветерни електрани, соларна енергија преку фотонапонски електрани и термални колектори, биогаз преку електрани на биогаз и геотермална енергија.

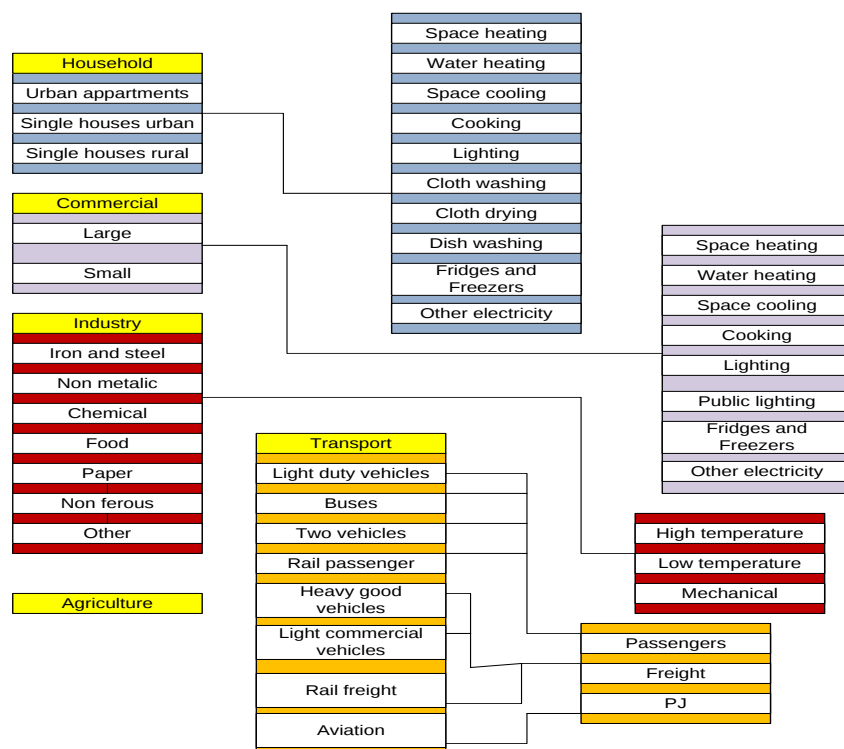
Со помош на јагленот од домашни извори и од увоз се овозможува производство на електрична енергија во термоелектрани, но дали тие ќе влезат во енергетскиот систем одлучува моделот врз база на вкупните трошоци и ограничувањата. Дополнително, овозможено е производство на електрична енергија и од биомаса преку ТЕ-ТО, како и геотермална енергија преку термоелектрана, но и од природен гас преку ТЕ-ТО и ТЕ. За да се пренесе произведената електрична енергија до крајните потрошувачи дефинирана е и преносна и дистрибутивна мрежа со определени загуби. Малите хидроелектрани и фотонапонските електрани се приклучени на дистрибутивната мрежа, но има фотонапонски електрани кои се директно приклучени кај крајните потрошувачки во секој од потсекторите (фотонапонски електрани на кров). Топлинска енергија може да се произведе од ТЕ-ТО или топлани и тоа од природен гас и од биомаса и преку систем за дистрибуција се доставува до крајните потрошувачи. Суровата нафта може да се преработи во рафинерија и заедно со увезените нафтени продукти се достапни до сите потсектори.

Страната на потрошувачка во MARKAL-Македонија моделот е поделена на пет потсектори и тоа: домаќинства, комерцијален, производни индустрии и градежништво, транспорт и земјоделство.



Слика 2.5. Структура на MARKAL-Македонија моделот

Кога се зборува за енергетско моделирање во MARKAL, потребно е да се напомене дека бројот на потсектори кој ги опфаќа моделот, поделеноста на секој од потсекторите, технологиите, ограничувањата, цените и многу други работи се оставени да ги дефинира оној кој што го прави моделирањето. Структурата на секој потсектор поединечно во MARKAL-Македонија моделот е прикажана на следната слика (слика 2.6).

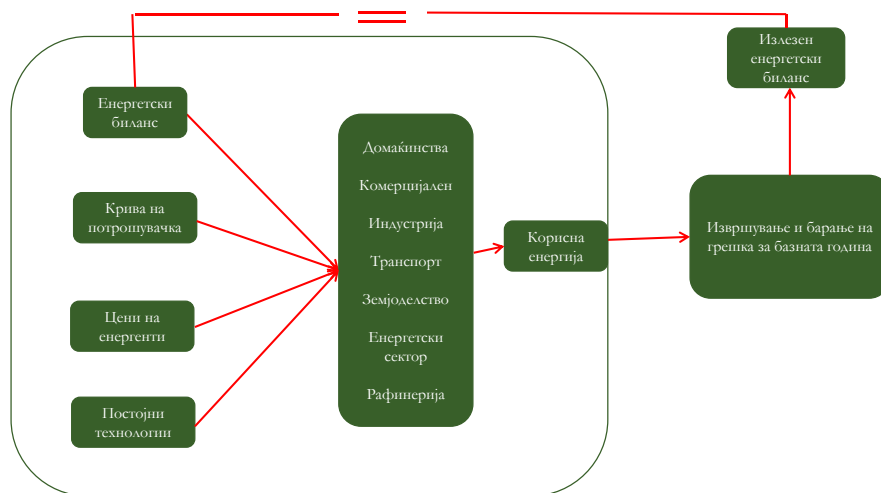


Слика 2.6. Структура на секторите во MARKAL-Македонија моделот

Потребите од електрична енергија се распределени по карактеристични периоди. Во MARKAL-Македонија моделот, врз основа на часовната крива на потрошувачка, дефинирани се девет карактеристични периоди и тоа, ден, ноќ и максимална потрошувачка за лето, зима и меѓусезона. Може да се дефинираат и повеќе периоди, но зголемувањето на бројот на периоди го зголемува драстично бројот на влезни параметри и со самото тоа го забавува процесот на оптимизација и го зголемува времето на извршување на програмата. MARKAL моделот врши балансирање на вкупното производство и потрошувачка на електрична енергија и тоа во текот на денот и во текот на годината.

Важен сегмент во креирањето на моделот на еден град, држава или регион е калибрирањето (слика 2.7). Калибрирањето на MARKAL-Македонија моделот се врши на тој начин што најпрво се внесува енергетскиот биланс на Република Македонија за базната година (реализиран енергетски биланс којшто го изработува ДЗС). Потоа, енергентите кои по билансот се трошат во одреден потсектор се распределуваат во соодветниот потсектор во MARKAL-Македонија. Дополнително, во секој потсектор се дефинираат технологиите кои се користеле во базната година. За секоја технологија се дефинираат ефикасноста, колку корисници ја користат таа технологија и колку време во текот на годината се користи. Врз основа на овие податоци се добива колку била корисната енергија во базната година (корисната енергија е влез во MARKAL-Македонија моделот). Исто така, за базната година се внесуваат и сите цени на енергентите кои се користеле (од увоз или домашни), како и кои биле цените за испорака на соодветниот енергент. На страната на снабдување се внесуваат сите технологии кои се користеле за конверзија од еден во друг вид на енергија и цените за одржување на овие технологии. Кога ќе се изврши моделот за базната година треба излезниот енергетски биланс од моделот да се поклопи со реалниот енергетскиот биланс.

Дополнително, потребно е производната цена добиена од моделот на пример за електрична енергија да се поклопи со реалната производна цена или цената која се добива од моделот за домаќинствата да биде реалната цена која што ја плаќаат домаќинствата. Само во случај на целосно поклопување на енергетскиот биланс и на економските параметри може да се каже дека енергетскиот систем на државата за базната година е целосно пресликан. Калибрацијата на базната година значи дека се има добра основа за да се продолжи со развојот на моделот за долгорочно планирање. Од моделерски аспект доста важно е во процесот на моделирање на базната година да се дефинираат и некои „измислени технологии“, кои овозможуваат во случај на грешка при калибрацијата, моделот да најде оптимално решение, но самото активирање на овие технологии значи дека во процесот на калибрација постои некоја грешка. Како резултат на тоа во кој потсектор се активирани овие „измислени технологии“ може да се пронајде што е погрешно.



Слика 2.7. Процес на калибрање на MARKAL моделот

Со цел да се направат долгорочни прогнози за потребите од корисна енергија, која што е влез во MARKAL-Македонија моделот, потребно е да се развијат поединечни модели за секој потсектор.

2.2.1 Моделирање на потсекторот домаќинства

За да се добие најпрецизна слика за распределбата на енергија по крајна потрошувачка (енергија за греење, ладење, готвење, топла вода итн.) потребно е да се направи детален „оддолу-нагоре“ модел. Тоа подразбира да се тргне од секој поединечен тип на уред кој се користи во домаќинството за да добие неговата годишна потрошувачка на енергија. Во овој докторски труд е направен детален „оддолу-нагоре“ модел (искористен во рамките на проект за Енергетската заедница - Technical Assistance to Modelling Energy Consumption in Households) за пресметување на потрошувачката на енергија во домаќинствата врз основа на податоците добиени од анкетата за потрошувачка на енергенти во домаќинствата спроведена од ДЗС [61]. Во овој модел е инкорпорирана и Директивата за означување на уреди [62], за секој тип на уред.

За да се провери точноста на моделот, а воедно и резултатите добиено од него, направени се повеќе процедури. Вкупната енергија која се добива по тип е споредена со енергетскиот биланс. Исто така, остварената просечна месечна потрошувачка како и цена на електрична енергија по домаќинство е споредена со податоците од енергетскиот биланс и Регулаторна комисија за енергетика. Дополнително, направена е споредба на резултатите со државите од регионот. Бидејќи најголем дел од енергијата се користи за греење и

загревање на топла вода, развиени се и дополнителни методологии за проверка за побарувачката за енергија во овие крајни сектори.

Во продолжени е објаснета методологија која што се користи за пресметување на потрошувачката на енергија во домаќинствата, како и процедурите за проверка за секој краен сектор.

2.2.1.1 Греење

Финалната годишна потрошувачка на енергија за греење на секој тип на уред, во GWh, во моделот се пресметува според следната равенка:

$$AE_C = \frac{IP \times ATU_y \times ATU_d \times 30 \times \text{број на уреди}}{1.000.000.000} \quad (3)$$

каде:

IP - просечна инсталирана моќност за соодветниот тип на уред во W ,

ATU_y - просечно време на користење во текот на година [месеци],

ATU_d - просечно време на користење во текот на денот [h],

30 - денови во месецот.

Процедура за проверка – греење

Резултатите кои се добиваат со помош на равенка (3) не значат многу доколку не се направи нивна проверка. Еден од најпрецизните начини тие да се проверат е да се познава ефикасноста на уредите и термичките карактеристики на објектот каде што се користи технологијата за греење. За таа цел во овој докторски труд врз основа на ефикасноста на уредите е пресметана корисната енергија (потребите од енергија) по m^2 според следната равенка:

$$AE_{c,m^2} = \frac{\sum_i (EF_i \times AE_{c,i})}{HA \times N_{\text{домаќинства}} \times 1.000.000} \quad (4)$$

каде:

EF_i - просечно енергетска ефикасност на уредите за греење од тип i

$AE_{c,i}$ - годишна потрошувачка на енергија на уредите за греење од тип i [GWh],

HA - просечна површина која се грее по домаќинство [m^2],

$N_{\text{домаќинства}}$ - вкупен број на домаќинства.

Добиената просечната годишна корисна енергија по m^2 може да се спореди со вредностите од другите земји во регионот [63]. Покрај тоа, просечната годишна корисна енергија по m^2 може да се спореди и со резултатите добиени со користење на дополнителната процедура за проверка на греењето опишана во следниот дел.

Дополнителна процедура за проверка - греење

Покрај основната процедура за проверка, развиена е и дополнителна методологија за проверка, која во предвид ги зема термофизичките карактеристики на зградите, вклучувајќи ја и дебелината и видот на изолацијата, годината на градба, типот на прозорците итн. Како резултат, моделот дава информации за просечната годишна корисна енергија по m^2 за едно типично домаќинство [64].

Овој модел е составен од неколку делови. Прво се пресметуваат просечните карактеристики на ѕидовите, покривот и прозорците. Потоа, се утврдуваат вкупните загуби на топлина, како и вкупните внатрешни топлински добивки. Конечно, се пресметува

вкупната годишна корисна енергија за загревање на типично домаќинство, од каде се добива вредноста за просечната годишна корисна енергија по m^2 за типично домаќинство.

За да се утврдат загубите на топлина, се пресметуваат коефициенти за пренос на топлина за надворешните ѕидови, подот, таванот и покривот за следните шест временски периоди: до 1991, 1992-2001, 2002-2006, 2007-2009, 2010- 2012, по 2012 година, користејќи ја следната равенка:

$$U_{j,t} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{j,1}} + \frac{1}{\alpha_{j,2}} + \sum_i \frac{\delta_{j,t,i}}{\lambda_{j,t,i}}} \quad (5)$$

каде:

$\alpha_{j,1}$ - коефициент за пренос на топлина на внатрешната површина за тип на површина j

$\alpha_{j,2}$ - коефициент за пренос на топлина на надворешна површина за тип на површина j

$\delta_{j,t,i}$ - дебелина на материјалот i , за тип на површина j , во временски период t

$\lambda_{j,t,i}$ - топлотна спроводливост на материјалот i , за тип на површина j

Просечниот коефициент на пренос на топлина $[W/Km^2]$ за секој тип на површина се пресметува според следната равенка (6):

$$AU_j = \frac{\sum_t (U_{j,t} \times \text{број на домаќинства}_{j,t})}{\sum_t \text{број на домаќинства}_{j,t}} \quad (6)$$

Карактеристиките на прозорците се пресметуваат за секој тип на прозорец, во зависност од типот на рамка - дрвена, ПВЦ или метална, од бројот на рамки - една или две рамки и од типот на застаклување - еднослојно, двослојно и трослојно. За секоја од овие категории, коефициентот на пренос на топлина $[W/Km^2]$ се пресметува со следнава равенка:

$$CU_{f,g} = U_{f,g} \times CEF \quad (7)$$

каде:

$U_{f,g}$ - коефициент за пренос на топлина за секој тип на рамка и застаклување

CEF - фактор на ефект на завеса

Како резултат на тоа, просечниот коефициент на пренос на топлина за прозорците се пресметува со користење на:

$$AU_w = \frac{\sum_{f,g} (CU_{f,g} \times \text{број на прозорци}_{f,g})}{\sum_{f,g} \text{број на прозорци}} \quad (8)$$

Просечниот соларен фактор за прозорците се пресметува со следната равенка:

$$ASF = \frac{\sum_{f,g} (SF_{f,g} \times \text{број на прозорци}_{f,g})}{\sum_{f,g} \text{број на прозорци}} \quad (9)$$

каде:

$SF_{f,g}$ - е соларен фактор за секој тип на рамка и застаклување

Вкупните загуби на топлина во kWh за секој тип на површина (со исклучок на прозорците) се пресметуваат според равенката:

$$AUE_j = \frac{AU_j \times A_j \times HDD \times TH}{1.000} \quad (10)$$

каде:

A_j - просечна површина на тип на површина j [m²]

HDD - степен денови за греење [K]

TH - просечно време на греење во текот на денот [h]

Секоја од овие пресметки е направена за изолирани и за неизолирани домаќинства. На крај е пресметана вкупната просечна корисна енергија по тип на површина и тоа како тежинска просечна вредност врз основа на бројот на домаќинства кои имаат, односно немаат изолирано соодветниот тип на површина.

Соодветно, загубите на топлина во kWh низ прозорците се пресметуваат со помош на равенката:

$$AUE_w = \frac{AU_w \times A_w \times HDD \times TH}{1.000} \quad (11)$$

каде A_w е просечна површина на прозорци [m²]

Покрај топлинските загуби преку надворешните ѕидови, подот, таванот, покривот и прозорците, исто така има и дополнителни загуби, но и топлински добивки. Тие вклучуваат: добивка од сончевото зрачење од прозорци, метаболична добивка, добивка од готвење, испарување и осветлување.

Добивката на топлина во kWh од сончевото зрачење низ прозорците се пресметува како:

$$AUE_{w,gain} = SR \times ASF \times A_w \times \frac{TH}{24} \quad (12)$$

каде SR е соларна радијација во [W/m²].

Метаболичната добивка се пресметува како:

$$AUE_{t,добивка} = 55 \times N_{особи} \quad (13)$$

каде $N_{особи}$ е просечен број на луѓе присутни во домаќинството.

Топлинските добивки од готвење се пресметуваат како:

$$AUE_{c,добивка} = 7 \times N_{особи} + 35 \quad (14)$$

Топлинските добивки од испарување се пресметуваат како:

$$AUE_{e,добивка} = -40 \times N_{особи} \quad (15)$$

Топлинските добивки од осветлување се пресметуваат со помош на равенката:

$$AUE_{l,добивка} = AE_{c,осветлување} \times HG_l \quad (16)$$

каде $AE_{c,осветлување}$ е просечна финална потрошувачка за осветлување по домаќинство во kWh и HG_l е топлинска добивка (во %) која е процентот на енергија што се емитира како топлина.

Просечната вкупна годишна корисна енергија за греење на домаќинствата се пресметува како збир од загубите на топлина минус топлинските добивки:

$$AUE = \sum_j AUE_j + AUE_w - AUE_{w,добивка} - AUE_{т,добивка} - AUE_{e,добивка} - AUE_{e,добивка} - AUE_{l,добивка} \quad (17)$$

Просечната годишна корисна енергија по m^2 што се користи за загревање на типично домаќинство се определува со користење на равенката:

$$AE_{e,m^2} = \frac{AUE}{HA} \quad (18)$$

2.2.1.2 Ладење

Финалната годишна потрошувачка на енергија за ладење на секој тип на уред, во GWh, во моделот се пресметува според следната равенка:

$$AE_e = \frac{IP \times ATU_y \times ATU_d \times 30 \times \text{број на уреди}}{1.000.000.000} \quad (19)$$

каде:

IP - просечна инсталирана моќност за соодветниот тип на уред во W ,

ATU_y - просечно време на користење во текот на година [месеци],

ATU_d - просечно време на користење во текот на денот [h],

30 - денови во месецот

2.2.1.3 Загревање на вода

Годишната финална потрошувачка на енергија за загревање на водата на секој тип на уред, во GWh, во моделот се пресметува според следната равенка:

$$AE_e = \frac{IP \times ATU_y \times ATU_d \times 30 \times \text{број на уреди}}{1.000.000.000} \quad (20)$$

каде:

IP - просечна инсталирана моќност за соодветниот тип на уред во W ,

ATU_y - просечно време на користење во текот на година [месеци],

ATU_d - просечно време на користење во текот на денот [h],

30 - денови во месецот.

Процедура за проверка

Бидејќи греењето на водата е меѓу трите најинтензивни крајни сектори во поглед на потрошувачка на енергија во Република Македонија, во моделот е направена посебна методологија за проверка на потрошувачката на енергија која се користи за греење на водата. Оваа постапка се базира на македонскиот правилник за енергетски ефикасни згради, при што се пресметува побарувачката за енергија за топла вода врз основа на годишната побарувачка за топла вода и температурите на испорачаната и влезната вода. Во основа, побарувачката на енергија за топла вода на едно домаќинство се пресметува со користење на следнава равенка:

$$Q_w = 4,18 \times V_{w,A} \times (\theta_{w,del} - \theta_{w,0}) \times a \quad (21)$$

каде:

Q_w - потреба од енергија за загревање на вода [kWh],

$V_{w,A}$ - годишна потреба од топла вода [l],

$\theta_{w,del}$ - посакувана температура на загревање на водата [$^{\circ}\text{C}$],

$\theta_{w,0}$ - температура на влезна вода [$^{\circ}\text{C}$],

a - фактор на конверзија, $0,278 \times 10^{-3}$ [kWh/kJ],

4,18 - топлински капацитет [kJ/kgK].

Годишната потрошувачка на топла вода се пресметува со користење на следнава равенка:

$$V_{w,A} = \text{просечен број на особи} \times W_{\text{туширање}} + W_{\text{друго}} \quad (22)$$

каде:

$W_{\text{туширање}}$ - просечна дневна потрошувачка на топла вода за туширање [l/ден/особа],

$W_{\text{друго}}$ - просечна дневна потрошувачка на топла вода за други намени [l/ден].

2.2.1.4 Готвење

Годишна финална потрошувачка на енергија за готвење на секој тип на уред за готвење и за секој тип на гориво што уредот го користи во GWh во моделот се пресметува според следната равенка:

$$AE_c = \frac{IP \times ATU_{d,лето} \times ATU_{d,зима} \times FS \times 365 \times \text{број на уреди}}{1.000.000.000} \quad (23)$$

каде:

IP - просечна инсталирана моќност за соодветниот тип на уред во W ,

$ATU_{d,лето}$ - просечно време на готвење во текот на летото [h],

$ATU_{d,зима}$ - просечно време на готвење во текот на зимата [h],

FS - удел на тип на гориво по тип на уред за готвење [%],

365 - денови во годината.

2.2.1.5 Осветление

Годишната финална потрошувачка на енергија на секој тип на сијалица, во GWh, во моделот се пресметува според следната равенка:

$$AE_c = \frac{IP \times ATU \times \text{број на сијалици}}{1.000.000.000} \quad (24)$$

каде:

IP - просечна инсталирана моќност за соодветниот тип на уред во W ,

ATU - просечно годишно време на користење [h].

2.2.1.6 Машини за перење

Годишната финална потрошувачка на енергија во kWh на една машина за перење во домаќинствата во моделот се пресметува според следната равенка:

$$AE_c = \frac{EEI \times SAE_c}{100} \times \frac{SWC_w \times 52}{220} \quad (25)$$

каде:

EEI - индекс на енергетска ефикасност,

SAE_c - стандардна годишна потрошувачка на енергија на машините за перење во домаќинствата [kWh],

SWC_w - просечни број на стандардни циклуси во текот на неделата,

52 - број на недели во годината,

220 - број на стандардни циклуси за перење во текот на годината.

Првиот дел од равенката (25) е изведен од равенката дадена во Регулативата 1061/2010 [65] за пресметка на индексот на енергетска ефикасност:

$$EEI = \frac{AE_c}{SAE_c} \times 100 \quad (26)$$

каде што стандардната годишна потрошувачка на енергија SAE_c се пресметува во kWh/годишно, според следната равенка и заокружено на две децимали:

$$SAE_c = 47,0 \times c \times 51,7 \quad (27)$$

каде:

c = номинален капацитет на машината за перење во домаќинствата за стандардна памучна програма од 60 ° C при целосна оптовареност или стандардна програма за памук од 40° C при целосна оптовареност, во зависност од тоа кој е помал.

Со вториот дел од равенката (25) се врши нормализација на добиениот број на стандардни циклуси за перење со 220, што претставува стандарден број на циклуси на перење годишно што се користи за пресметување на индексот на енергетска ефикасност.

Со примена на равенката (25) на секоја класа на енергетска ефикасност ($AE_{c, \text{класа}}$), вкупната годишна потрошувачка на енергија во GWh од сите машини за перење во дадена класа се пресметува со користење на равенката:

$$AE_{c, \text{вкупно класа}} = \frac{\text{број на уреди класа} \times AE_{c, \text{класа}}}{1.000.000} \quad (28)$$

2.2.1.7 Машини за сушење на алишта

Годишната финална потрошувачка на енергија во kWh на една машина за сушење во домаќинствата се пресметува според следната равенка:

$$AE_c = \frac{EEI \times SAE_c}{100} \times \frac{SDC_w \times 52}{160} \quad (29)$$

каде:

EEI - индекс на енергетска ефикасност,

SAE_c - стандардна годишна потрошувачка на енергија на машините за сушење во домаќинствата [kWh],

SDC_w - просечни број на стандардни циклуси во текот на неделата,

52 - број на недели во годината,

160 - број на стандардни циклуси за сушење во текот на годината.

Првиот дел од равенката (29) е изведен од равенката дадена во Регулативата 392/2012 [66] за пресметка на индексот на енергетска ефикасност:

$$EEI = \frac{AE_c}{SAE_c} \times 100 \quad (30)$$

каде што стандардната годишна потрошувачка на енергија SAC_c се пресметува во kWh/годишно според следната равенка и заокружено на две децимали:

$$SAE_c = 140 \times c^{0.8} \quad (31)$$

каде:

c - номинален капацитет на машината за сушење за домаќинство за стандардна памучна програма.

Со вториот дел од равенката се врши нормализација на добиениот број на стандардни циклуси за сушење со 160, што претставува стандарден број на циклуси на перење годишно што се користи за пресметување на индексот на енергетска ефикасност.

Со примена на равенката (29) на секоја од класите за енергетска ефикасност ($AE_{c, \text{класа}}$) вкупната годишна потрошувачка на енергија во GWh од сите машини за сушење во дадена класа се пресметува со помош на равенката:

$$AE_{c, \text{вкупно, класа}} = \frac{\text{број на уреди}_{\text{класа}} \times AE_{c, \text{класа}}}{1.000.000} \quad (32)$$

2.2.1.8 Машини за перење и сушење на алишта

Годишната финална потрошувачка на енергија во kWh на една машина за перење и сушење во домаќинствата во моделот се пресметува во согласност со Директивата 96/60/EC [67], користејќи ја следнава равенка:

$$AE_c = C \times SOC_w \times 52 \quad (33)$$

каде:

C - енергетска потрошувачка во kWh,

SOC_w - просечни стандардни циклуси неделно (перење, центрифугирање и сушење),

52 - број на недели во годината.

Со примена на равенката (33) на секоја класа на енергетска ефикасност ($AE_{c, \text{класа}}$), вкупната годишна потрошувачка на енергија во GWh од сите комбинирани машини за перење и сушење во дадена класа се пресметува со помош на равенката:

$$AE_{C, \text{вкупно, класа}} = \frac{\text{број на уреди}_{\text{класа}} \times AE_{c, \text{класа}}}{1.000.000} \quad (34)$$

2.2.1.9 Машини за миење на садови

Со цел да се пресмета годишната потрошувачка на енергија од машините за миење садови, тие се поделени во две групи според нивниот номинален капацитет т.е. бројот на места за поставување - ps (што е во согласност со Регулацијата 1059/2010 [68]). Годишната потрошувачка на енергија во kWh од една машина за миење садови е:

а) за машина за миење садови со номинален капацитет $ps \geq 10$ и ширина > 50 cm

$$AE_{c, ps \geq 10} = \frac{EEI \times SAE_{c, ps \geq 10}}{100} \times \frac{SWC_{w, ps \geq 10} \times 52}{280} \quad (35)$$

б) за машина за миење садови со номинален капацитет $ps \leq 9$ и машини со номинален капацитет $9 < ps \leq 11$ и ширина ≤ 50 cm

$$AE_{e,ps \leq 9} = \frac{EEI \times SAE_{e,ps \leq 9}}{100} \times \frac{SWC_{w,ps \leq 9} \times 52}{280} \quad (36)$$

каде:

EEI - индекс на енергетска ефикасност,

SAE_e - стандардна годишна потрошувачка на енергија на машините за миење на садови во домаќинствата [kWh],

SWC_w - просечни број на стандардни циклуси во текот на неделата,

52 - број на недели во годината,

280 - број на стандардни циклуси за сушење во текот на годината.

Првите делови од равенките (35) и (36) се изведени од равенката дадена во Регулацијата 1059/2010 за пресметка на индексот на енергетска ефикасност:

$$EEI = \frac{AE_e}{SAE_e} \times 100 \quad (37)$$

Стандардната годишна потрошувачка на енергија SAE_e се пресметува во kWh/годишно, според следната равенка и заокружено на две децимали:

1. за машина за миење садови со номинален капацитет $ps \geq 10$ и ширина > 50 cm

$$SAE_{e,ps \geq 10} = 7,0 \times ps \times 378 \quad (38)$$

2. а машина за миење садови со номинален капацитет $ps \leq 9$ и машини со номинален капацитет $9 < ps \leq 11$ и ширина ≤ 50 cm:

$$SAE_{e,ps \leq 9} = 25,1 \times ps \times 126 \quad (39)$$

Вториот дел од равенките (35) и (36) е нормализација на бројот на стандардни циклуси на миење со 280, што претставува стандарден број на циклуси на миење годишно што се користи за пресметување на индексот на енергетска ефикасност.

Со примена на равенките (35) и (36) на секоја од класите за енергетска ефикасност ($AE_{e, \text{класа}, ps \geq 10}$ и $AE_{e, \text{класа}, ps \leq 9}$), потрошувачката на енергија во GWh на сите машини за миење садови во дадена класа се пресметува со помош на равенката:

$$AE_{e, \text{вкупно}} = \frac{\text{број на уреди}_{\text{класа}, ps \geq 10} \times AE_{e, \text{класа}, ps \geq 10} + \text{број на уреди}_{\text{класа}, ps \leq 9} \times AE_{e, \text{класа}, ps \leq 9}}{1.000.000} \quad (40)$$

2.2.1.10 Ладилници

Според Регулацијата 1060/2010 [69], постојат десет категории на ладилници. Со цел да се поедностават пресметките за годишната потрошувачка на ладилниците во Република Македонија и да се усогласат со последната анкета на ДЗС за потрошувачката на енергенти во домаќинствата од 2014 година (веројатно и со идните анкети, бидејќи анкетата нема да даде релевантни резултати ако има комплексни прашања кои нудат многу опции), бројот на категории е сведен на три: Фрижидер со преграда со една ѕвезда, Фрижидер со преграда со три ѕвездички и хоризонтален замрзнувач. Овие категории одговараат на трите понудени опции од последната анкета: фрижидер (1 врата), комбиниран фрижидер (2 врати) и длабоко замрзнување.

Следствено, вкупната годишна потрошувачка на ладилниците во GWh се пресметува со користење на следнава равенка:

$$AE_{c, \text{вкупно}} = \frac{EEI \times \left(\begin{aligned} &SAE_{c, \text{една ѕвезда}} \times \text{број на уреди}_{\text{една ѕвезда}} \\ &+ SAE_{c, \text{три ѕвезди}} \times \text{број на уреди}_{\text{три ѕвезди}} \\ &+ SAE_{c, \text{замрзнувач}} \times \text{број на уреди}_{\text{замрзнувач}} \end{aligned} \right)}{100 * 1.000.000} \quad (41)$$

каде:

EEI - индекс на енергетска ефикасност,

$SAE_{c, \text{една ѕвезда}}$ - стандардна годишна потрошувачка на фрижидер со преграда со една ѕвезда [kWh],

$SAE_{c, \text{три ѕвезди}}$ - стандардна годишна потрошувачка на фрижидер со преграда со три ѕвезди [kWh],

$SAE_{c, \text{замрзнувач}}$ - стандардна годишна потрошувачка на хоризонтален замрзнувач во [kWh].

Равенките според кои стандардната годишна потрошувачка на енергија се пресметува за трите категории се:

$$SAE_{c, \text{една ѕвезда}} = V_{eq, \text{една ѕвезда}} \times M_{\text{една ѕвезда}} + N_{\text{една ѕвезда}} \quad (42)$$

$$SAE_{c, \text{три ѕвезди}} = V_{eq, \text{три ѕвезди}} \times M_{\text{три ѕвезди}} + N_{\text{три ѕвезди}} \quad (43)$$

$$SAE_{c, \text{замрзнувач}} = V_{eq, \text{замрзнувач}} \times M_{\text{замрзнувач}} + N_{\text{замрзнувач}} \quad (44)$$

каде:

V_{eq} - еквивалентен волумен на ладилникот за домаќинството за секоја од трите категории [во литри],

Вредностите за M и N се дадени во Регулативата 1060/2010 за секоја категорија на ладилник за домаќинства.

Равенката (41) е изведена од равенката дадена во Регулативата 1060/2010 за пресметка на индексот на енергетска ефикасност:

$$EEI = \frac{AE_c}{SAE_c} \times 100 \quad (45)$$

каде:

AE_c - годишна потрошувачка на енергија на ладилниците за домаќинства,

SAE_c - стандардна годишна потрошувачка на енергија на ладилниците за домаќинства [kWh],

SWC_w - просечни број на стандардни циклуси во текот на неделата.

Стандардната годишна потрошувачка на енергија SAE_c се пресметува во kWh/годишно, според следната равенка и заокружена на две децимали:

$$SAE_c = V_{eq} \times M + N + CH \quad (46)$$

каде:

V_{eq} - еквивалентен волумен на ладилникот за домаќинството,

CH - еднаков на 50 kWh/годишно за ладилници во домаќинствата со зафатнина од најмалку 15 литри.

2.2.1.11 Останати уреди

Други уреди во домаќинството што трошат енергија вклучуваат: правосмукалка, освежувач на воздух, телевизор, десктоп компјутер, лаптоп, печатач и други електронски уреди. Годишната потрошувачка на енергија на секој уред, во kWh, во моделот се пресметува според следната равенка:

$$AE_c = \frac{IP \times ATU \times 365 \times \text{број на уреди}}{1.000.000.000} \quad (47)$$

каде:

IP - просечна инсталирана моќност за соодветниот тип на уред во W ,

ATU - просечно време на користење во текот на денот на соодветниот тип на уред [h].

2.2.1.12 Проекции во домаќинствата

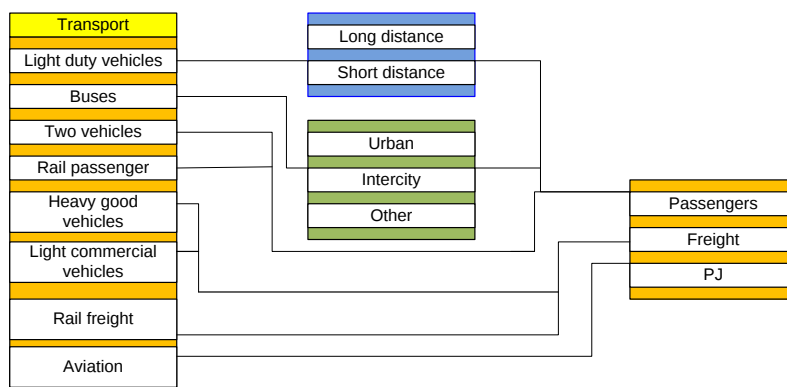
За да може да се дефинираат потребите од корисна енергија на најсоодветен начин и да се моделираат регулативи и цели од климатскиот и енергетскиот пакет на ЕУ, како на пример модернизација на постојните објекти (со определена годишна стапка), пасивни куќи и други мерки во областа на енергетска ефикасност на згради, во овој докторски труд, направена е модификација на MARKAL-Македонија моделот во потсекторот домаќинства. Проблемот со претходниот метод на моделирање (во првите фази од развојот на MARKAL-Македонија моделот) беше неможноста да се спроведат горенаведените мерки на лесен и јасен начин. Со цел да се пресмета корисна енергија за затоплување во претходниот модел, најпрво, моделот беше калибриран на базната година и врз основа на БДП, бројот на лица по домаќинство и бројот на зградите, се правеше проекција за корисната енергија, без да се знае колкав дел од живеалиштето се загрева и специфичната потрошувачка по m^2 . Без конкретна потрошувачка на енергија по m^2 беше многу тешко да се спроведат мерки како што е реновирање на згради кои треба да исполнат одредени критериуми за да влезат во некоја од класите на ефикасност. Како резултат на тоа, направени се подобрувања во моделирањето. Прво, базната година, како што е опишано и во делот „Греење“ е калибрирана врз основа на делот од живеалиштето што се загрева и специфичната потрошувачка на топлинска енергија (kWh/m^2). Главните двигатели се исти како во претходниот модел (БДП, население и бројот на лица по домаќинство), но сега се пресметува површината на зградата изразена во m^2 и врз основа на тоа и специфичната потрошувачка на греење по m^2 се дефинира потребата од корисна енергија. Направено е разделување на типовите на зградите во потсекторот домаќинства. Формирани се две групи, згради за реновирање и нови згради. Потоа новите згради се поделени во нови и пасивни. Пасивните згради се дефинираат како процент од новите згради. Ова овозможува лесно спроведување на мерките како трансформација од класа Д во класа Б на зградите.

2.2.2 Моделирање на потсекторот транспорт

MARKAL-Македонија моделот, како што е напишано погоре, е оптимизациски модел и како таков бара добро дефинирање на влезните параметри со цел да се овозможи продирање на одредени технологии. Проблемот којшто беше забележан во MARKAL-Македонија моделот, во првите фази на развивање на овој сектор, беше тоа што побарувачката од патничките автомобили беше моделирана со користење на влезниот податок за просечен број km годишно, што во околности на земја како што е Република Македонија е околу 10.000 km/годишно. Овој начин на моделирање е во ред кога станува збор за продор на нови конвенционални возила со мотори со внатрешно согорување. Меѓутоа, кога во базата на податоци за технологии, покрај автомобилите со мотори со внатрешно согорување, постојат хибридни возила (HEV), приклучени хибридни

електрични возила (PHEV) и електрични возила, моделот секогаш ја избира најекономичната опција, која во овој случај со 10.000 просечни km годишно, се автомобилите со мотори со внатрешно согорување. Автомобилите како HEV, PHEV се економски исплатливи само во услови кога бројот на поминати km е поголем од 15.000, додека за електричните возила бројот на km е уште поголем. За да се овозможи HEV и PHEV автомобили да влезат во системот, неопходно беше да се воведат ограничувања во моделот, притоа посочувајќи колку проценти од возилата треба да бидат HEV и PHEV. Целиот овој концепт премногу го ограничува моделот и не му дава слобода на избор, со што го претвора од оптимизациски модел во симулациски. За да се избегне ова, од една страна, а од друга страна да се искористат можностите на MARKAL моделот за оптимизација во потсектор транспорт, во рамките на овој докторски труд направено е методолошко подобрување, креирајќи два вида патнички автомобили и тоа автомобили за кратки и автомобили за долги растојанија (слика 2.8). Се претпоставува дека одреден процент од возилата се користат само за кратки растојанија, а остатокот се користи за подолги растојанија. Ова му овозможува на моделот да има независност при изборот и да може да избере и HEV и PHEV автомобили без потреба од ограничување. Истиот проблем беше забележан и кај автобускиот превоз, па како резултат на тоа автобусите се поделени на: автобуси кои се користат за јавен превоз или градски автобуси, автобуси кои се користат за превоз на долги растојанија или меѓуградски автобуси и други автобуси, како што се автобуси кои ги користат компаниите да ги пренесуваат своите работници и други.

Република Македонија е земја со голем број увезени стари автомобили, чија продажба според последните податоци од ДЗС достигнува неколку илјади. Во извештајот за транспорт и други услуги од ДЗС за 2014 година [70], во периодот од 2012 до 2014 година бројот на автомобили е зголемен за околу 70.000, додека бројот на автомобили со година на производство од 2010 до 2014 година изнесува 20.400, што е само 5,5% од вкупниот број на автомобили. Со цел да се моделира оваа ситуација во MARKAL и да се види дали увозот на користени автомобили е исплатлива опција, и ако е, за која категорија е исплатлива, во моделот е создадена нова база на податоци со користени автомобили не постари од осум години. Истото е направено и за автобусите.

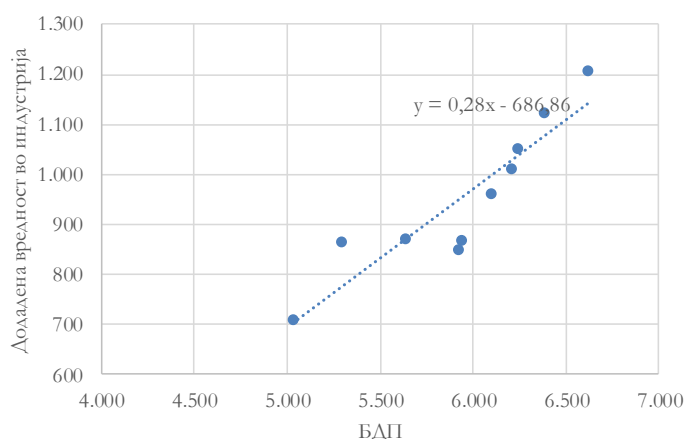


Слика 2.8. Организација на потсекторот транспорт

2.2.3 Моделирање на потсекторот производни индустрии и градежништво

Предвидувањето на потребите од енергија во потсекторот производни индустрии и градежништво во MARKAL-Македонија моделот е поврзано со индексот на производство и додадената вредност на секоја гранка од потсекторот. Во услови кога државата нема долгорочно прогнози за растот на индустријата и растот на БДП, еден од начините кои се користат за одредување на потрошувачката на енергија во потсекторот производни индустрии и градежништво е да се претпостави дека овој потсектор ќе расте со исти проценти како и прогнозите направени за БДП. Ваквиот начин на моделирање во некоја

почетна фаза на креирање енергетски модел за одредена држава не е лош, но сепак не ја дава реалната слика. Имено, може да се случи во реалноста БДП да расте со стапка од 3%, а растот на индустриското производство да биде 5% и обратно. За таа цел во овој докторски труд предвидувањето на потребите од корисна енергија во потсекторот производни индустрии и градежништво е направена користејќи корелација помеѓу додадената вредност во секоја гранка од овој потсектор и БДП во Република Македонија. Добиено е дека постои висока корелација помеѓу овие два параметри (со помош на Пирсонов коефициент) и равенката за нивната линеарна зависност е пресметана и прикажана на сликата 2.9. Врз основа на проекции на БДП (прикажани во делот за макроекономски двигатели) и врз основа на добиената равенка направено е предвидување на додадената вредност и индексот на индустриско производство во потсекторот производни индустрии и градежништво. Понатаму, врз основа на просечното процентуално учество на секоја од индустриските гранки направена е распределба на додадената вредност за секоја од индустриските гранки.



Слика 2.9. Зависност помеѓу додадената вредност во потсекторот производни индустрии и градежништво и БДП

2.3 MARKAL-Скопје

Методологијата која што е развиена во овој докторски труд во поглед на моделирање на енергетскиот сектор со помош на MARKAL-Македонија моделот, искористена е и за креирање на енергетски модел за градот Скопје (MARKAL-Скопје). Идејата за развивањето на овој модел е да се овозможи креирање на одржлив енергетски развој на ниво на град. Овој модел е искористен во Стратегијата за ублажување на климатските промени „Отпорно Скопје“ [71].

Исто како и кај MARKAL-Македонија моделот и во MARKAL-Скопје моделот направена е поделба по потсектори и тоа на:

- производни индустрии и градежништво,
- транспорт,
- домаќинства,
- комерцијален и услужен сектор.

Главни двигатели кои се користени за да се дефинираат потребите од енергија се истите како и кај MARKAL-Македонија а тоа се: растот на БДП на ниво на Град Скопје и промената на населението односно неговиот раст. За да се одреди растот на БДП се користат податоци од Државниот завод за статистика и тоа распределба на БДП по региони и вкупниот БДП на ниво на држава. Од направената анализа е констатирано дека БДП на градот Скопје расте приближно исто со БДП на ниво на Република Македонија, па претпоставено е дека овој тренд ќе продолжи и понатаму.

Потсекторот домаќинства е моделиран на начин што како влезни податоци се користат резултатите од анкетата за начинот на загревање на домаќинствата во Скопската котлина спроведена во рамки на Вториот двогодишен извештај за климатски промени. Од анкетираниите 5.044 домаќинства во Скопската котлина, моделирањето е направено врз основа на податоци од 4.469 анкети спроведени во општините на Град Скопје: Аеродром, Бутел, Гази Баба, Ѓорче Петров, Сарај, Карпош, Кисела Вода, Центар, Чаир и Шуто Оризари.

Најголемата разлика во однос на MARKAL-Македонија моделот е тоа што во MARKAL-Скопје моделот на секоја технологија која што е внесена во моделот во потсекторот домаќинства во делот за греење и е доделен соодветен емисионен фактор, односно имплементирана е методологијата на Европската агенција за животна средина. Со ова е овозможено пресметување на локалното загадување во градот Скопје кое произлегува од енергијата кој се користи за загревање на домаќинствата.

2.4 Крива на маргинални трошоци

Влијанијата на политиките и мерките за ублажување на климатските промени врз животната средина и економијата се анализирани преку следните два параметри:

- економска ефективност или специфичен трошок – покажува колкави се потребните вложувања за да се намали 1 t CO₂-eq со конкретната политика/мерка и се изразува во EUR/t CO₂-eq и
- ефективност врз животната средина или потенцијал за ублажување – покажува колкави се остварените намалувања на емисиите доколку се примени конкретната политика/мерка и се изразува во t CO₂-eq.

Комбинираното претставување на овие два параметри резултира во таканаречена Крива на маргинални трошоци за ублажување (Marginal Abatement Cost Curve - MAC крива) која служи како алатка за приоритизација на мерките/политиките, односно покажува по кој редослед треба тие да се реализираат.

2.5 GACMO

GACMO моделот [72] се користи за да се оцени ефективноста врз животната средина и економијата на потенцијалните мерки за ублажување. GACMO се заснова на принципот на пресметување на маргинални трошоци, кога индивидуалните мерки за намалување на CO₂ емисиите ги заменуваат технологии со повисоки емисии на CO₂ под иста компаративна основа (48). Тој ги собира и ги рангира просечните трошоци за секоја опција за намалување на емисиите. GACMO може да се искористи за рангирање на економичноста на различните стратегии за намалување на стакленички гасови на транспарентен начин, дури и кога нема достапни детални податоци.

$$CO_2 \text{ специфичен трошок} = \frac{SC_{mit} - SC_{ref}}{CO_{2ref} - CO_{2mit}}, \quad (48)$$

каде:

$$SC_{mit} = O \& M_{mit} + FC_{mit} + LI_{mit} \quad (49)$$

$$SC_{ref} = O \& M_{ref} + FC_{ref} + LI_{ref} \quad (50)$$

$$LI_{mit} = I_{mit} * \frac{(1+r)^{l_{mit}} * r}{(1+r)^{l_{mit}} - 1} \quad (51)$$

$$LI_{ref} = I_{ref} * \frac{(1+r)^{l_{ref}} * r}{(1+r)^{l_{ref}} - 1} \quad (52)$$

$$CO_{2ref} = FU_{ref.g} * EQ_g \quad (53)$$

$$CO_{2mit} = FU_{mit.g} * EQ_g \quad (54)$$

SC_{mit} - вкупен годишен трошок на опцијата за ублажување,

SC_{ref} - вкупен годишен трошок во референтната опција,

$O \& M_{ref}$ - годишни оперативни и трошоци за одржување на референтната опција,

$O \& M_{mit}$ - годишни оперативни и трошоци за одржување на опцијата за ублажување,

FC_{mit} - годишен трошок за гориво на опцијата за ублажување,

FC_{ref} - годишен трошок за гориво на референтната опција,

LI_{mit} - годишни (levelized) инвестиции на опцијата за ублажување,

LI_{ref} - годишни (levelized) инвестиции на референтната опција,

I_{ref} - инвестиција во референтната опција,

I_{mit} - инвестиција во опцијата за ублажување,

l_{ref} - животен век на референтната опција,

l_{mit} - животен век на опцијата за ублажување,

r - дисконтна стапка,

CO_{2mit} - годишни емисии во опцијата за ублажување,

CO_{2ref} - годишни емисии во референтната опција,

EQ_g - емисионен коефициент на типот на гориво g ,

$FU_{ref,g}$ - потрошувачка на гориво од тип g во референтната опција,

$FU_{mit,g}$ - потрошувачка на гориво од тип g во опцијата за ублажување.

Оваа методологија е искористена во трудот [73], за пресметување на потенцијалот за намалување на емисиите на стакленички гасови во Република Македонија од обновливи извори на енергија.

2.5.1 Прилагодување за моделирање на потсекторот транспорт

Во рамки на истражувањата направени како дел од овој докторски труд, GASMO методологијата е прилагодена за рангирање на различни политики и мерки во потсекторот транспорт [74]. Со цел да се анализира влијанието на политиките/мерките во транспортот и да се оцени колкав е нивниот потенцијал за ублажување на климатските промени, на почетокот потребно е да се дефинира референтно сценарио. Референтното сценарио ги вклучува базната година и „целната“ година. Прогнозата за потрошувачката на енергија во патниот сообраќај, како главна детерминанта на емисиите, се прави користејќи го математичкиот модел опишан со равенките (55) и (56).

$$Q_{g,i} = \sum_v Q_{v,g,i} \quad (55)$$

$$Q_{v,g,i} = \frac{S_i * N_i}{10^6} * p_{g,i} * p_{v,i} * G_{g,v,i} * K_{g,v,i} * \rho, \quad (56)$$

каде:

$v \in \{\text{патнички автомобили, товарни возила, моторцикли}\}$

$g \in \{\text{моторен бензин, дизел, моторен бензин – ТНГ}\}$

i - година

$Q_{g,i}$ - вкупна годишна потрошувачка од гориво од тип g во годината i

$Q_{v,g,i}$ - енергетска потрошувачка по возила од тип v кои користат гориво од тип g во годината i

S_i - степен на моторизација во годината i (број на возила по 1000 жители)

N_i - број на жители во годината i

$p_{g,i}$ - удел на возила што користат гориво од тип g во годината i

$p_{v,i}$ - удел на возилата од тип v во годината i

$G_{g,v,i}$ - ефикасност на возилата од тип v , кои користат гориво од тип g во годината i

$K_{g,v,i}$ - просечни годишни поминати km за возилото од тип v , кое користи гориво од тип g во годината i

ρ - фактор за конверзија, гориво од тони во ktone.

2.5.2 „Прилагодување за моделирање на секторот отпад

Во овој докторски труд, исто така направена е проширување на GACMO моделот со тоа што ефективност врз животната средина и економијата на мерките/политиките не се пресметува само за одредена „целна“ година туку се пресметува кумулативно за цел еден временски период на планирање. Оваа надградување на методологијата е искористено за рангирање на политики и мерки во секторот отпад со крајна цел да се види дали е исплатливо изградба на електрани кои би работеле на отпад [75].

$$CO_2 \text{ специфичен трошок} = \frac{SC_{mit} - SC_{ref}}{\sum_t CO_2 - eq_{ref} - \sum_t CO_2 - eq_{mit}}, \quad (57)$$

каде:

$$SC_{mit} = \sum_t O \& M_{mit} + \sum_t LI_{mit} - \sum_t R \quad (58)$$

$$SC_{ref} = \sum_t O \& M_{ref} + \sum_t LI_{ref} - \sum_t R \quad (59)$$

$$LI_{mit} = I_{mit} * \frac{(1+r)^{l_{mit}} * r}{(1+r)^{l_{mit}} - 1} \quad (60)$$

$$LI_{ref} = I_{ref} * \frac{(1+r)^{l_{ref}} * r}{(1+r)^{l_{ref}} - 1} \quad (61)$$

каде:

SC_{mit} - вкупни системски трошоци на опцијата за ублажување

SC_{ref} - вкупни системски трошоци на референтната опција

$O \& M_{ref}$ - годишни оперативни и трошоци за одржување на референтната опција дисконтирани на 2012 USD

$O \& M_{mit}$ - годишни оперативни и трошоци за одржување на опцијата за ублажување дисконтирани на 2012 USD

LI_{mit} - годишни инвестиции во опцијата за ублажување дисконтирани на 2012 USD

LI_{ref} - годишни инвестиции во референтната опција дисконтирани на 2012 USD

I_{ref} - инвестиција во референтната опција

I_{mit} - инвестиција во опцијата за ублажување

l_{ref} - животен век на референтната опција

l_{mit} - животен век на опцијата за ублажување

r - дисконтна стапка

$CO_2 - eq_{mit}$ - годишни емисии во опцијата за ублажување

$CO_2 - eq_{ref}$ - годишни емисии во референтната опција

R - приход од производство на електрична енергија, компостирање и отпадни горива (анг. Refuse Derived Fuels - RDF) дисконтирани на 2012 USD

t - година (2013-2030)

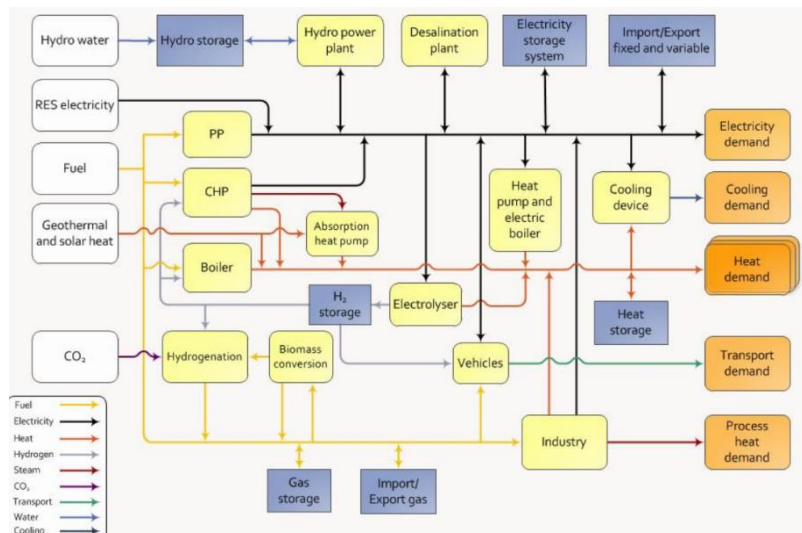
2.6 EnergyPLAN

Главната цел зошто е креиран EnergyPLAN моделот е за да помогне во креирањето на национални стратегии за развој на енергетскиот сектор и тоа врз основа на технички и економски анализи [76]. Една од најголемите предности на овој модел е тоа што симулира функционирање на енергетскиот систем на часовно ниво и тоа за електрична енергија, греење и ладење и транспорт кога се разгледуваат електрични возила. Овој модел има однапред дефинирана структура во однос на тоа кои податоци и каде треба да се внесат и со него може да се моделира само еден временски период (една година). Општите влезни податоци кои се внесуваат во овој модел вклучуваат: потрошувачка на енергија, обновливи извори на енергија, капацитетите на енергетските постројки, трошоците и голем број на опционални стратегии за различни симулации нагласувајќи го увозот/извозот и вишокот производство на електрична енергија. Излез од моделот се енергетскиот биланс и вкупните трошоци, како и соодветното производство, потрошувачка на гориво, увоз/извоз на часовно ниво, вклучувајќи ги и приходите од размената на електрична енергија. Структурата на моделот е прикажана на сликата 2.10.

Моделот може да се искористи за различни видови на анализа на енергетските системи и тоа:

- **Техничка анализа** - Дизајн и анализа на големи и комплексни енергетски системи на национално ниво и тоа користејќи различни стратегии за техничка симулација како балансирање на побарувачката за топлина, балансирање на побарувачката за електрична енергија и топлина истовремено итн. Во ваквиот тип на анализа, влез е потрошувачката на енергија, производствените капацитет и нивната ефикасност и изворите на енергија. Излезот се состои од годишниот енергетски биланс, потрошувачката на гориво и CO_2 емисиите.
- **Анализа на размена на пазари** - Тргување и размена на меѓународните пазари на електрична енергија. Во овој случај, моделот има потреба од дополнителни влезни податоци со цел да се идентификува цената на пазарот и да се одреди како

промените на цената ќе влијаат врз промените врз увозот и извозот. Исто така, за да се определат маргиналните производствени цени на поединечните производствени капацитети потребни се дополнителни влезни податоци кои се однесуваат на инвестициски цени за изградба на една електрана, трошоци за одржување како и цени за горивата кои се користат. Моделирањето се заснова на фундаменталната претпоставка дека секоја електрана се оптимизира според бизнис-економскиот профит, вклучувајќи и даноци и цени за CO₂ емисии.



Слика 2.10. EnergyPLAN модел за анализа на енергетскиот систем

Симулација на пазарот се базира на краткорочен модел на пазар на маргинални цени, сличен на дизајнот на NordPOOL пазарот, што значи фокусирање исклучиво на понудите на пазарот на електрична енергија притоа, минимизирајќи ги краткорочните трошоци на потрошувачите на електрична и топлинска енергија. Како резултат на тоа, при оваа симулација на пазарот се користат само варијабилните трошоци и не се врши оптимизација врз основа на долгорочните трошоци за различните технологии за снабдување со енергија. Освен тоа, при ваков тип на симулација се прави оптимизација само на страната на производство на енергетскиот систем, а не и страната на потрошувачката (иако корисникот може рачно да ја промени потрошувачката и да го анализира резултатот од економската симулација на пазарот). Во овој докторски труд, резултатите од долгорочното планирање на енергетскиот систем добиени со помош на MARKAL моделот се влез во EnergyPLAN моделот. Дополнително, во EnergyPLAN моделот како влезен податок неопходно е да се вклучи и производството на електрична енергија од хидроелектрани на часовно ниво, за што се користени податоците од дневните информации објавени од страна на MEPCO. Кривата на распределба со часовна резолуција за ветерот креирана со користење на часовните вредности за брзина на ветер, обезбедена од програмата METEONORM [77] и реализираните часовните вредности од ветерниот парк Богданци. Кривата на распределба со часовна резолуција за сончева енергија е создадена со помош на Collares-Pereira и Rabl модел [78] и дневните податоци за сончево зрачење од базата со податоци на NASA [79].

2.7 Модел на електропреносна мрежа

Со цел да се овозможи одржлив развој на енергетските системи, оптималниот развој на електропреносната мрежа е исто така од огромно значење, бидејќи таа од една страна треба да го следи развојот на технологиите на страната на производството и планираниот

раст на потрошувачката. Од друга страна соодветниот развој на мрежата може да овозможи поголема интеграција на метеоролошки варијабилни извори на енергија, кои имаат клучна улога во одржливиот развој. Како резултат на тоа, развиени се AC и DC модели кои ги симулираат тековите на моќности во електропреносната мрежа во договорните страни на Енергетска заедница (Албанија, Босна и Херцеговина, Бугарија, Хрватска, Грција, Косово, Македонија, Молдавија, Црна Гора, Романија, Србија, Словенија и Турција), со исклучок на Украина, како и нивните соседни земји. Овој модел е развиен во рамките на проектот за проценка на приоритетните проекти на Енергетската заедница, кои се во согласност со општите и специфичните критериуми дефинирани во адаптираната регулатива 347/2013 [80]. Главната цел на проектот беше да се направи приоритизација на проектите предложени од страна на операторите на електропреносните системи до Енергетска заедница, кои во главно вклучуваат изградба на прекугранични преносни линии.

Иако е развиен покомплексниот AC модел, сепак дополнително е развиен и DC моделот поради големиот број на предности кој тој ги нуди, како што е неитеративната постапка, добивање на единствени и сигурни решенија, прифатливата точност и едноставните процедури за оптимизација. Исто така, DC моделот е искористен за развивање на релација која директно ги поврзува тековите на моќности во гранката со излезите на моќноста на генераторите, со помош на познатата матрица на дистрибутивни фактори на тековите на моќности (анг. Power Transfer Distribution Factor - PTDF). Предноста од користењето на оваа матрица е тоа што нејзината големина може да се намали што овозможува забрзано решавање на проблемите од оптимизација.

Користејќи ги овие два модели како основа, пресметани се три индикатори:

- промени во загубите во преносот;
- промени во неиспорачаната енергија (анг. Energy Not Supplied - ENS);
- промени во нето преносниот капацитет (анг. Net Transfer Capacity - NTC).

Промените во загубите во преносот се директно пресметани користејќи го AC моделот. Притоа, за да се пресметаат годишните загуби на моќност се врши часовна распределба на побарувачката на електрична енергија по јазол, како и на производството на електрична енергија по јазол која ја задоволува побарувачката, имајќи ги во предвид минималниот и максималниот капацитет на секој производствен јазол во мрежата.

Промените во неиспорачаната енергија се пресметани со помош на симулација со користење на методот Монте Карло, кој се состои од следните чекори:

1. се дефинира состојбата на секој елемент во мрежата, имајќи ја во предвид неговата специфична крива на веројатност на испад и со користење на генератор на случајни броеви,
2. се решава проблемот на текови на моќности со помош на DC моделот и се проверува дали има преоптоварени гранки,
3. доколку настанат проблеми во претходниот чекор, односно се откријат преоптоварени гранки се решава проблем на линеарно програмирање каде се наоѓа максималното производство коешто може да се постигне во тие услови и
4. се пресметува разликата помеѓу побарувачката и производството и таа вредност всушност ја претставува неиспорачаната енергија во таа итерација.

Оваа постапка се повторува голем број на пати, каде очекуваната вредност за ENS едноставно е просечната вредност од сите вредности за ENS пресметани со симулацијата на Монте Карло методот.

За да се пресмета нето преносниот капацитет од една во друга област, се користи следната постапка: моќноста на генераторите во првата област се зголемува за одредена вредност, а во исто време моќноста на генераторите во другата област се намалува за истата

количина. Оваа постапка треба да се повторува сè додека не се јават проблеми во мрежата (преоптоварени гранки) или моќноста на генераторите во првата област не го достигне својот максимум. Врз основа на тоа, проблемот за пресметување на промените во нето преносниот капацитет е дефиниран како проблем од областа на линеарното програмирање, каде што функција на цел е максимизирање на производството во една земја. Притоа, овој проблем е предмет на следните ограничувања:

- вкупното производство од почетното сценарио да е еднакво на вкупното, производство и по намалувањето/зголемувањето на производството во двете земји
- мрежни ограничувања,
- ограничување на капацитетот на производствените единици.

Во пресметките на NTC во предвид се зема и N-1 критериумот.

Анализите беа направени со користење на две методологии, „стави еден по еден“ (анг. Put IN one at a Time - PINT) и „извади еден по еден“ (анг. Take Out One at a Time - TOOT), за годините 2020, 2025 и 2030.

Резултатите добиени од овој проект заедно со деталниот опис на моделот се дел од докторскиот труд [81], а се презентирани и на меѓународната конференција EPMES 2016 [82].

2.8 IPCC методологија

За пресметување на глобалните емисии се користи IPCC методологијата [83], што подразбира нејзино имплементирање во MARKAL-Македонија и MARKAL-Скопје моделите, како и EnergyPLAN моделот вклучувајќи ги равенките што ја опишуваат методологијата и стандардните вредности за емисионите фактори исклучувајќи ги факторите за домашен јаглен, природен гас и мазут кои се пресметани на национално ниво. Дополнително, за пресметка на емисиите на метан од секторот отпад во земјите во развој се користат две методологии: Метод на рамнотежа на масата (Ниво 1) и Метод на распаѓање од прв ред (Ниво 2) [84]. Со помош на методот од ниво 1 се пресметуваат емисии на метан што количината на отпад создадена во одредена година ќе ги создаде во текот на целиот нејзин период на распаѓање и овие емисии се препишуваат на година во која е создаден отпадот. Вториот метод го зема во предвид периодот на полураспаѓање на отпадот создаден во одредена година и го распределува по години. Така на пример во 2017 година се пресметуваат емисиите кои ги создава количината на отпад фрлена на одредена депонија од нејзиното отворање па се до 2016 година. Во овој докторски труд се искористени двата методи. Вториот метод за да може да се пресмета колку емисии на метан уште ќе создава количината на отпад фрлена на одредена депонија почнувајќи од базната година па се до целната година и првиот метод за тоа колку емисии ќе создаде отпадот кој ќе се создава во иднина. Двата метода ги користат следниве влезни податоци: потенцијал за производство на метан и фракција на цврст комунален отпад депониран за една година. Методот

Потенцијал за производство на метан, $L_0(x)$ се пресметува со помош на следната равенка:

$$L_0(x) = [MCF(x) * DOC(x) * DOC_F * F * 16 / 12] \quad (62)$$

каде:

MCF - фактор за корекција на метан (за управувани депонии 1, за неуправувани 0,6),
 F - фракција на метан во депонискиот гас (стандардна вредност 50% според IPCC),
 DOC_F - фракција на разградив органски јаглерод (стандардна вредност од IPCC: 0,77),

DOC - разградив органски јаглерод, пресметан со помош на следната равенка:

$$DOC = (0.4 * A) + (0.17 * B) + (0.15 * C) + (0.3 * D) \quad (63)$$

каде A , B , C и D се фракциите на хартија и текстил, градинарски отпад, храна и дрво во комуналниот отпад, соодветно.

Фракцијата на комуналниот цврст отпад кој се депонира за една година x (MSW_F) е дадена со:

$$MSW_F = P * W \quad (64)$$

каде P е број на население во одредена година и W е годишен износ на создаден отпад по глава на жител.

Користејќи го методот од ниво 1, износот на метан кој се генерира во одредена година се пресметува со користење на равенката:

$$\text{Годишно создавањен на } CH_4 = L_0(x) * MSW_F \quad (65)$$

За методологијата од ниво 2 дополнително е потребна константа на стапката на генерирање метан (k), што зависи од времето (t) потребно за разградивниот органски јаглерод (DOC) во отпадот да се распаѓа на половина од неговата почетна маса, на следниов начин:

$$k = \frac{\ln 2}{t^{1/2}} \quad (66)$$

Со цел да се пресмета метанот генериран во година t , со методологијата од ниво 2, се користи следната равенка:

$$CH_4 \text{ создадено во годината } (Gg / yr) = \sum_x [(A * k * MSW_T(x) * MSW_F(x) * L_0(x) * e^{-k(t-x)})] \quad (67)$$

каде A е фактор на нормализација кој го коригира збирот - $A = (1 - e^{-k}) / k$

2.9 Модел на „зелени“ работни места

Намалувањето на негативните последици од климатските промени како и намалување на трошењето на ресурсите со цел да им оставиме нешто и на следните генерации, бара неизбежна промена во традиционалните модели за продуктивност на трудот. Истовремено, потребно е да се постигне и раст на економија. И покрај тоа што се верува дека економија и животната средина се сосема спротивни по природа, не треба да се избира една од нив, туку треба да се направат планови како и двете да се остварат. Токму во таа насока се и заложбите на Европската унија која за да ги исполни овие цели развива нов модел на продуктивност кој се заснова на принципите на намалување на ресурсите (енергетска ефикасност), зголемување на сигурноста во снабдувањето со енергија и подобрување на здравјето на луѓето. Европската унија трансформацијата ја гледа преку креирање на „зелена“ економија и нови работни места или т.н. „зелени“ работни места. Под овој термин влегуваат нови создадени работни места, замена на постојните или нивно рedefинирање. Во документот изработен од страна на Европската комисија (Exploiting the employment potential of green growth, Strasbourg, 18.4.2012 SWD(2012) 92 final), е прикажано колку „зелени“ работни места може да се отворат со имплементирање на директивите како што се на пример директивите за енергетска ефикасност, еко дизајн, обновливи извори на енергија итн.

Од исклучителна важност при креирањето на политиките и мерките за ублажување на климатските промени, а во насока на одржлив развој и креирање на нов модел на продуктивност на трудот, како дополнителна придобивка, покрај останатите секако треба да биде зголемениот потенцијал за создавање на „зелени“ работни места. Поради тоа што

се потребни инвестиции за реализација на политиките и мерките, било како енергетска ефикасност или ниско јаглеродно снабдување со енергија, инвестицијата ќе има позитивно влијание на бруто националниот производ и на работните места. Инвестицијата ќе значи развој на проект што ќе влијае позитивно на инженерските работни места, претприемаштвото, работните места во финансискиот сектор (главно високо квалитетни работни места - „white-collar jobs“), а откако ќе се заврши таа фаза следуваат набавките и инсталацијата на опрема вршени од инженери и инсталатери (мешани работни места „mixed white and blue-collar jobs“). Во оперативната фаза на технологијата, ќе се создадат работни места врзани со функционирањето и одржувањето, а за некои мерки ќе создадат и работни места врзани со горивото (производство, транспорт и друго). Исто така, може да има работни места врзани со наплата на сметки како и други типови.

Во рамките на овој докторски труд развиена е „input-output“ алатка (модел) со чија помош може да се процени бројот на „зелени“ работни места и тоа: директни, индиректни и индуцирани. Овие работни места би се креирале во процесот на реализација на одредени политики и мерки поврзани со енергетска ефикасност и снабдување со енергија и тоа во процесот на изградба, производство и одржување како и во процесот на обезбедување на одреден енергент. Оваа алатка е имплементирана во Excel и притоа е направено поврзување на MARKAL моделите со неа, односно влезните податоци за оваа алатка се всушност излезните резултати од MARKAL моделите.

За пресметување на бројот на работни места кој би се креирал со имплементирање на одредени политики и мерки во делот на енергетска ефикасност се користи следната равенка:

$$PMesta_{EE} = IHB * (k_D + k_{I_t} + k_{Id}) \quad (68)$$

каде:

IHB - инвестиција во мерката за енергетска ефикасност,

k_D - коефициент за креирани директни работни места,

k_{I_t} - коефициент за креирани индиректни работни места,

k_{Id} - коефициент за креирани индуцирани работни места.

Исклучок од равенката (68) се соларните термални колектори каде бројот на работни места се пресметува според равенката:

$$PMesta_{CKoлектор} = P * k_{stc} \quad (69)$$

каде:

P - површина на сончевиот термален колектор

k_{stc} - коефициент на работни места

За пресметување на работни места во делот на снабдување со енергија се користи следната равенка:

$$PMesta_{Cнаб} = P * (k_{In} + k_{O\&M} + k_{Ext}) \quad (70)$$

каде:

P – инсталирана моќност на електраната,

k_{In} - коефициент за креирани работни места во просецот на производство и инсталација на опремата,

$k_{O\&M}$ - коефициент за креирани работни места во просецот на управување и одржување,

k_{Ext} - коефициент на креирани работни места во процесот на обезбедување на одреден енергент.

Оваа алатка е развиена со користење на фактори од литературата [85] за политиките и мерките за енергетска ефикасност и факторите од литературата [86], [87] и [88] за технологиите за снабдување со енергија. Дополнително, издвоено е колку од тие „зелени“ работни места се домашни.

3 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Во ова поглавје е прикажана примената на методологијата и добиените резултати во рамките на истражувањата направени во овој докторски труд. Поглавјето започнува со анализи на примарна енергија, односно оптимално искористување на биомасата за енергетски цели, како и можноста за користење на отпадот за производство на електрична енергија. Потоа, се разгледува целиот енергетски систем и можностите за намалување на емисиите на стакленички гасови. Во продолжение е прикажана секторска анализа на два значајни потсектори и тоа транспорт и домаќинства. Креирањето на политиките за одржлив развој на регионално ниво се од суштествено значење затоа после секторската анализа се разгледува имплементирањето на директивата за енергетска ефикасност на регионално ниво, како и отворање на регионален пазар и неговото влијание врз електроенергетскиот сектор во Република Македонија. На крај на ова поглавје е направена анализа на осетливост за одредени параметри кои се најзначајни во процесот на енергетско планирање.

3.1 Оптимално користење на биомасата за енергетски цели кон одржлив развој

Еден од главните двигатели на економскиот развој на земјата е енергијата. Желбата за повисок економски раст, придружена со зголемен пристап до нови пазари и зголемен животен стандард на населението, доведоа до глобално зголемување на потрошувачката на енергија за 36,5% во периодот 2000-2014, со просечна стапка на годишно зголемување од

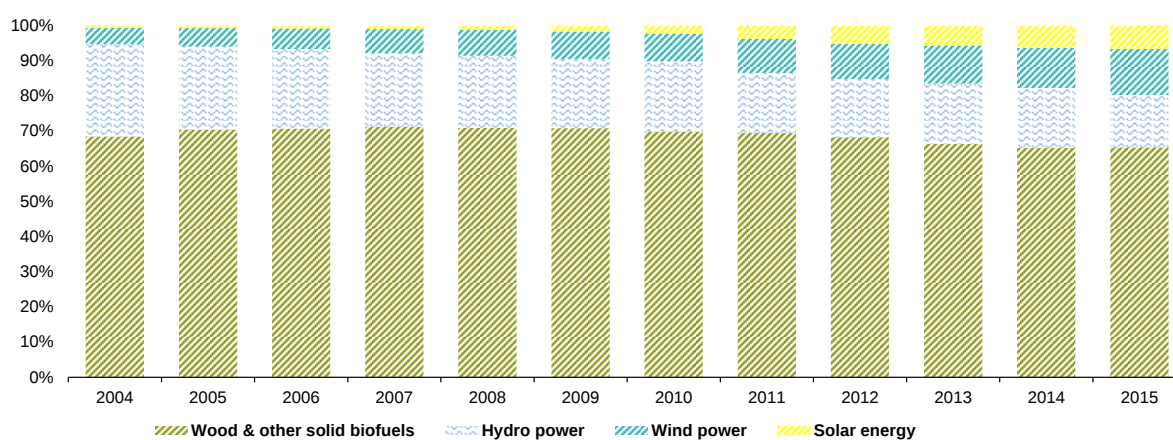
2,25% [89]. Доколку се додаде дека најголем дел од оваа енергија е произведена од фосилни горива кои придонесуваат за зголемување на емисиите на стакленички гасови, тогаш одржливоста на енергетскиот систем, а со тоа и одржливоста на земјите станува дискутабилна.

За да се постигне одржлив развој, повеќето земји посветуваат поголемо внимание на еден од постулатите за одржлив развој, животната средина. Во делот на животната средина кој е поврзан со стакленички гасови, решението се гледа во обновливите извори на енергија. На глобално ниво уделот на обновливи извори на енергија се зголемува за 2,2% секоја година од 1990 година, што е нешто повисоко од стапката на раст на вкупно потребната енергија на светско ниво од 1,9% [90].

Европската унија, исто така, посветува големо внимание на енергетската политика. Всушност, климатскиот и енергетски пакет на Европската унија претставува збир на легислативи кои обезбедуваат ЕУ да ги достигне своите амбициозни цели за 2020 година, преку интегриран пристап кој има за цел борба против климатските промени, зголемување на безбедноста на снабдување со енергија и зајакнување на европската конкурентност. Во таа насока, целите во 2020 година се: учество на обновлива енергија од 20% во бруто финалната потрошувачка на енергија, намалување на емисиите на стакленички гасови на ЕУ за 20% во споредба со нивото од 1990 година и подобрување на енергетската ефикасност во ЕУ за 20% [91]. И покрај тоа што 2020 година е се уште пред нас, Европската унија постави цели и за 2030 година и тоа 40% намалување на стакленичките гасови во однос на нивото од 1990, 27% учество на обновливите извори во бруто финалната потрошувачка на енергија и 27% подобрување на енергетската ефикасност [92].

Како резултат од воведувањето на политиките на европско ниво, учеството на обновливите извори на енергија во бруто финалната потрошувачка на енергија во последните 12 години е речиси два пати поголемо односно од 8,5% во 2004 е зголемено на 16,7% во 2015 година. Во однос на поединечните цели поставени за секоја од земјите членки на Европската унија, 11 земји членки во 2015 година ги достигнале или ги надминале своите цели, а има и земји кои се уште се далеку од нивно постигнување (Холандија (за 8,2%), Франција (за 7,8%) и Ирска за (6,8%)).

На ниво на ЕУ, биомасата и отпадот имаат најголемо учество во бруто примарно производство од обновливи извори на енергија, кое изнесува 63,3% во 2015 година. По нив следат хидроенергијата со 14,4% и ветерната енергија со 12,7% (слика 3.1). Интересно е тоа што ветерната енергија во 2004 година учествувала со само 4,5%, додека хидроенергијата со 25%.



Слика 3.1. Учество на секој од обновливите извори на енергија во бруто примарно производство од обновливи извори на енергија, [93]

Уделот на обновливите извори на енергија во Република Македонија во 2014 година изнесува 19,7% во бруто финалната потрошувачка на енергија, додека во 2015 година се зголемил на 19,9% [94]. Учеството на биомасата во енергетскиот биланс на Република Македонија е многу важно. Таа учествува со 66% во 2014 година во бруто примарно производство на енергија од обновливи извори, што е на слично ниво како и во ЕУ. Од друга страна, биомасата учествува со 8,7% во вкупната потребна енергија во 2014 година и 12,6% во финалната потрошувачката на енергија.

Според анкетата на ДЗС, околу 62% или околу 345.000 домаќинства користат биомаса за греење и/или за готвење [61]. Учеството на биомасата во финалната потрошувачка на енергија во домаќинствата изнесува 43%.

Во ова поглавје се оди еден чекор понатаму во анализата на биомасата и нејзината одржливост во Република Македонија. Всушност, целта на ова поглавје од докторскиот труд е:

- да се анализира тековната состојба и сите релевантни податоци кои се достапни за биомасата во Република Македонија,
- да се направи анализа на одржливоста на биомасата и проценка на максималната потрошувачка на биомаса во смисла на одржливост и
- да се анализира влијанието на биомасата врз потрошувачката на финална енергија во Република Македонија, користејќи го моделот MARKAL-Македонија.

3.1.1 Шуми во Република Македонија

Со цел да се утврди состојбата со биомасата во Република Македонија и да се обезбеди нејзин одржлив развој, од големо значење е прво да се анализираат шумите односно шумскиот потенцијал. Затоа, во ова поглавје се прикажани неколку показатели од различни извори на податоци, кои ја опишуваат состојба на шумите во земјата.

Според податоците на ДЗС, во 2014 година вкупната шумска површина во Република Македонија изнесува 983.388 ha (38,6% од државната територија), од кои 90% (874.245 ha) се шуми во државна сопственост и 10% (109.143 ha) се шуми во приватна сопственост [95].

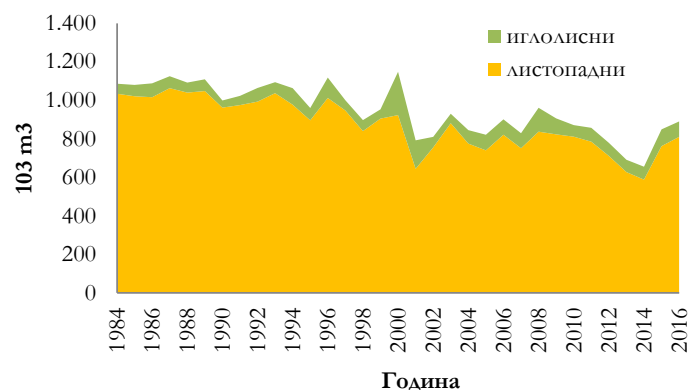
Според EUROSTAT [93], Република Македонија има 0,55 ha/жител, што е повеќе отколку земјите од ЕУ-27 каде овој индикатор изнесува 0,35 ha/жител.

Порастот на шумите во Република Македонија се проценува на 75 милиони m³ [96], што во однос на вкупната шумска површина значи дека има 83 m³/ha, што ја прави Република Македонија земја со слаб квалитет на шуми (71% од шумите се грмушки и неквалитетна шума). Во однос на овој показател, Република Македонија е една од најлошите земји во Европа, по што следат само Шпанија со 52,6 m³/ha и Грција со 47,4 m³/ha. На ниво на ЕУ-27, порастот на шумите во споредба со вкупната шумска површина изнесува 163,3 m³/ha.

Според официјалните податоци на ДЗС на Република Македонија, искористувањето на шумите гледано до 2014 година има тренд на опаѓање, односно од 1,1 милион m³ бруто дрвна маса во 1984 година во 2014 година се сведува на двојно помала количина или 0,66 милиони m³ [95] (слика 3.2). Во 2015 и 2016 година има повторно тренд на зголемување кој може да се должи на промената во начинот на купување на огревно, постудените зими, но и засилените контроли со кои е намалена кражбата.

Од вкупната исечена дрвена маса, огреветото дрво и отпадот сочинуваат околу 85% додека остатокот е техничко дрво. Информацијата за огреветото дрво и покрај тоа што е официјална не може да се смета за сигурна, бидејќи голем дел од населението се снабдува со огревно дрво од нелегална сеча, која не е регистрирана. Во насока на ова тврдење е и

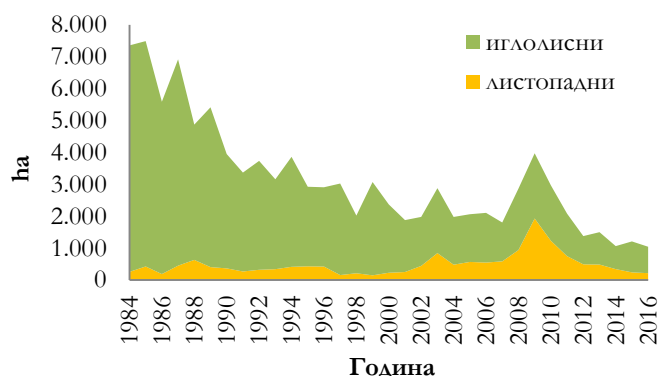
истражувањето направено од страна на CRES за Енергетската заедница [97], според кое потрошувачката на биомаса за греење во домаќинствата е повеќе од три пати поголема од онаа забележана во енергетскиот биланс [98]. Овој проблем е нотиран од повеќе институции во Република Македонија и како резултат на тоа, со помош на средства од Енергетската заедница, ДЗС спроведе анкета за потрошувачката на енергенти во домаќинствата со која се покажа дека во 2014 година потрошувачката на огревно дрво е два пати поголема од потрошувачката која што беше прикажана во прелиминарниот енергетски биланс за 2014 година [61].



Слика 3.2. Искористување на шумите

Пожарите имаат големо влијание врз уништувањето на шумите. Во периодот од 2005 до 2016 година околу 100.000 хектари шума биле општетени од пожари. Најголема површина е погодена во 2007 година, 34.443 хектари, проследено со 15.046 хектари во 2008 година и 19.312 хектари во 2012 година.

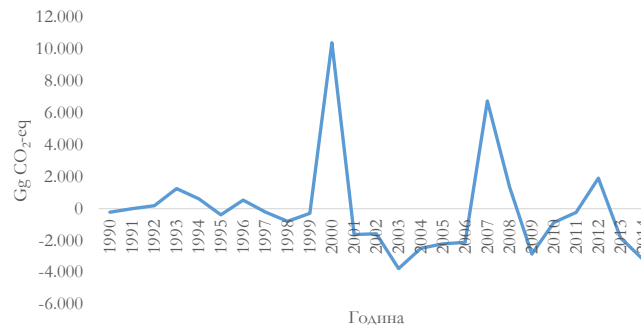
Со цел да се постигне одржливост на шумите и со тоа да се зачуваат шумите, потребно е континуирано и планирано пошумување. Како резултат на тоа, а благодарение на фондот за пошумување кој функционираше до 1990 година, 140.000 ha биле пошумени. Како што искористувањето на шумите се намалува во последните 30 години, така и вештачкото пошумување има континуиран пад (слика 3.3). Во 1984 година пошумени се 7.000 ha, а во 2016 година пошумената површина се сведе на само 1.000 ha. Во периодот од 1998 до 2008 година таа е во опсег од 2.000 до 3.000 ha. Важно е да се напомене дека со активностите на владата и невладиниот сектор, во 2009 година беа засадени дрва на вкупна површина од 4.000 хектари, што претставува најголемо пошумување во последните 25 години.



Слика 3.3. Вештачко пошумување [22]

3.1.2 Емисии на стакленички гасови од шумарство и други употреби на земјиштето во Република Македонија

Според последниот инвентар на стакленички гасови направен како дел од Вториот двогодишен извештај за климатски промени [99], покажано е дека емисиите на CO₂-eq од шумарството во текот на целиот период од 1990 до 2014 година се главно негативни, со поголеми отстапувања во 2000, 2008 и 2012 година (слика 3.4) кога емисиите се позитивни како резултат на големата количина пожари. Ова покажува дека шумите во Република Македонија се на одржливо ниво.



Слика 3.4. Емисии на стакленички гасови од шумарство и други употреби на земјиштето во Република Македонија

3.1.3 Отпадна биомаса

Отпадна биомаса се состои од: отпадоци од шумско сечење, отпадоци од преработка на дрво, отпадоци од земјоделство, отпадоци од сточарство, индустриски отпадоци и цврст комунален отпад.

Во [10],[100] е направен преглед на потенцијалот на отпадната биомаса во Република Македонија, но се заклучува дека нема доволно веродостојни податоци за да се оцени економски исплатливиот потенцијал.

Република Македонија има искуство во однос на употребата на отпадната биомаса од сечење шума, преработка на дрво и земјоделство, каде што нејзината примарна употреба е поврзана со производството на топлина. Сепак, овој вид отпадна биомаса е погоден и за употреба во когенеративни постројки за производство на топлинска и електрична енергија.

Резултатите прикажани во табелата 3.1 се добиени со сумирање на неупотребената биомаса чија употреба за когенерација на топлинска и електрична енергија може да се смета за економски исплатлива, заедно со делот од биомасата што се користи за производство на топлина од страна на стари котли кои можат да бидат пренасочени за употреба од когенеративни постројки.

Табела 3.1. Отпадна биомаса од шумско сечење, преработка на дрво и од земјоделство што може да се искористи за когенерација на топлинска и електрична енергија на економски исплатлив начин

Илјади тони годишно	
Отпадоци од шумско сечење	20
Отпадоци од преработка на дрво	10
Отпадоци од земјоделство	35
Вкупно	65

65.000 тони отпадната биомаса од сечење шума, преработка на дрво и од земјоделство може да генерира околу 50-70 GWh електрична енергија и 120-180 GWh топлина во когенеративни постројки во зависност од побарувачката и пристапноста до потрошувачите на топлинска енергија.

Цврстиот комунален отпад во Република Македонија е распореден на голем број депонии. Меѓутоа, правилно се управува само депонијата Дрисла, која го сервисира регионот на Скопје. Ако ги имплементираме сите фази на управување со отпадот, кој вклучува рециклирање, а исто така и компостирање на отпадот (храна и градинарски отпад, којшто опфаќа околу 42%), тогаш количината на отпадот од кој може да се произведе електрична енергија е многу помал, и така нејзината изводливост е доведена во прашање (повеќе за ова во следното потпоглавје).

Остатокот од сточарството содржи стабилно создаден отпад, првенствено биогаз добиен од анаеробна ферментација, од кој веќе еден дел во Република Македонија се користи за енергетски цели. Според [10], [100] се проценува дека економски исплатливост потенцијал може да резултира со максимално годишно производство од 50 GWh електрична енергија.

3.1.1 Национална легислатива за Обновливите извори на енергија, повластени производители

Со цел стимулирање на изградба на нови електрани со користење на обновливи извори на енергија или високо ефикасни когенеративни постројки, член 149 од Законот за енергетика пропишува дека овие објекти можат да добијат статус на повластен производител, а со тоа и право да продаваат електрична енергија под повластени тарифи. Повластените тарифи може да се применат на начин и во постапка утврдена со Законот за енергетика и подзаконските акти донесени врз основа на закон. Повластените тарифи за продажба на електрична енергија произведена и испорачана од биомаса и биогаз изнесува 150 EUR/MWh и 180 EUR/MWh, и се со времетраење од 15 години [101].

Во Република Македонија, заклучно со декември 2017 година, постојат три електрани за производство на електрична енергија од биогаз со вкупна инсталирана моќност од 6,99 MW од кои првата со моќност од 0,999 kW започна со работа во 2015 година. Од друга страна, има многу мал интерес за развој на електрани на погон на биомаса. Заклучно со декември 2017 година, Регулаторната комисија за енергетика има доделено три лиценци за производство на електрична енергија од биомаса со инсталиран капацитет од 1,4 MW [30].

3.1.2 Влезни податоци и претпоставки

Со цел да се дефинираат проекциите за потрошувачката на биомаса која може да се користи за енергетски цели, а притоа да се задржи нејзината одржливост, направен е преглед на изворите на податоци за потрошувачката на биомаса во Република Македонија, затоа што се јавуваат различни документи со различни податоци. Според годишниот извештај на ДЗС за 2012 година во делот за шумарство пишува дека околу 580.000 m³ дрвена маса била искористена како огревно дрво [95]. Овој податок е доста низок, дури е понизок и од податокот во енергетскиот биланс за 2012 година (749.428 m³) пред тој да биде ревидиран согласно резултатите од анкетата за потрошувачката на енергенти во домаќинствата за 2014 година, која што исто така ја спроведе ДЗС [61]. Согласно ревидираните податоци за 2012 година потрошувачката на огревно дрво изнесува 1.323.041 m³, на дрво од овошни насади 29.696 m³ и на 17.843 t дрвени отпадоци. Околу 90% -93% од биомасата се користи во потсекторот домаќинство и затоа вниманието главно ќе биде насочено кон овој сектор.

Вториот извор на податоци е истражувањето кое секоја година го спроведува Државниот завод за статистика (Потрошувачка на домаќинствата во Република Македонија), а во кој има и податок за тоа колку е потрошувачката на дрва за греење по домаќинство [102]. Според оваа публикација просечната потрошувачка на дрва за огрев во домаќинствата

во периодот од 2009 до 2013 година варира и се движи од 2,8 до 5 m³ по домаќинство, што ако се помножи со проценетиот бројот на домаќинствата во Република Македонија за соодветната година води кон фактот дека потрошувачката на биомаса во домаќинствата во Република Македонија е од 1,5 до 2,7 милиони m³ (како што е прикажано во табелата 3.2).

Табела 3.2. Влезни податоци

		2009	2010	2011	2012	2013
Анкета за потрошувачката на домаќинствата (ДЗС)	Проценет број на домаќинства	539.327	543.426	547.650	553.415	555.266
	Огревно дрво [m ³]	5	2,9	2,8	2,7	3,6
	Вкупна потрошувачка на огревно дрво [m ³]	2.696.635	1.575.935	1.533.420	1.494.221	1.998.958
Енергетски биланс (ДЗС)	Вкупна потрошувачка на огревно дрво [m ³]	686.980	675.128	657.254	681.980	513.707

Следниот извор на податоци што се користи за утврдување на потрошувачката на биомаса во Република Македонија е истражувањето спроведено од страна на CRES за Енергетската заедница [97]. Користејќи ги резултатите од ова истражување Енергетската заедница ја ревидира целта на Република Македонија за учество на обновливи извори на енергија во бруто финалната потрошувачка од 21% на 28%. Според ова истражување, потрошувачката на биомаса во Република Македонија за грејните сезони 2009-2010 и 2010-2011 година е слична и изнесува околу 2,4 милиони m³. Затоа што анкетата на CRES е за грејните сезони 2009 до 2011 направена е споредба на податоците од сите пет извори на податоци за овие години.

Податоците од истражувањето за потрошувачка на домаќинствата во Република Македонија на ДЗС и податоците од истражувањето на CRES се слични и се еднакви на 1,94 милиони m³ и 2,43 милиони m³, соодветно, во периодот 2009-2011 година, додека потрошувачката од енергетскиот биланс на ДЗС (стар) изнесува 0,67 милиони m³ и е речиси идентична со податокот од годишниот извештај на ДЗС во делот за шумарство (табела 3.3). Ревидираниот податок за потрошувачката е на средина односно се наоѓа помеѓу минималниот и максималниот податок за потрошувачката.

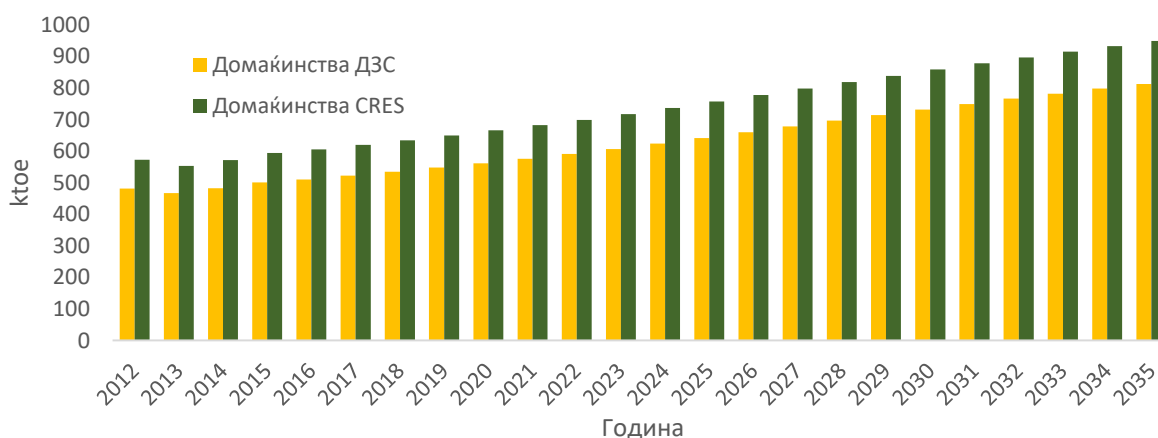
Ако потрошувачката на биомаса изразена во m³ е важна, со цел да се утврди одржливоста на шумите, тогаш потрошувачката на биомаса изразена во kt_{oe} е важна за да може да се одреди енергетската добивка од неа. Со цел да се одреди потрошувачката на биомаса во kt_{oe}, потребна е нето енергетската вредност (калорична вредност). Исто ако што постои широк спектар на податоци за потрошувачка на биомаса, така постои и широк спектар за тоа која е нето енергетската вредност. Според податоците на ДЗС, нето енергетската вредност на биомасата во стариот енергетски биланс беше околу 10 GJ/m³, во ревидираниот е околу 7,7GJ/m³ додека според CRES, во зависност од видот на биомасата, таа се движи од 3,5 GJ/m³ до 6,17 GJ/m³. Така, според стариот енергетскиот биланс на ДЗС, просечната потрошувачка на биомаса изразена во kt_{oe} во периодот 2009-2011 изнесува 171 kt_{oe}, според ревидираниот 197 kt_{oe}, а според CRES изнесува 303 kt_{oe} (табела 3.3).

Табела 3.3. Споредба на просечната годишна потрошувачка на биомаса за периодот 2009-2011 година

2009-2011 различни извори	m ³	kt _{oe}
ДЗС годишен извештај- шумарство	659.000	
Енергетски биланс (стар)	673.121	171
Енергетски биланс (ревидиран)	1.239.937	197
Анкета за потрошувачка на домаќинствата во РМ (ДЗС)	1.935.330	241*
CRES	2.429.872	303

Потрошувачката на биомаса според податоците од петте извори, може да се групира во три групи и тоа, ниска (годишен извештај дел за шумарство), средна (ревидиран енергетски биланс) и висока (CRES). Во понатамошните анализи е одлучено да се земаат минималната и максималната вредност за потрошувачката на биомаса. Со цел да се определат потребите од енергија во домаќинствата, се користи моделот MARKAL-Македонија. Користењето на различен податок за потрошувачката на биомаса во базната година, значи дека потребите од енергија во базната година се различни, а со самото тоа и проекциите за потребите од енергија во потсекторот домаќинство се разликуваат.

Користејќи ја потрошувачката на биомаса од годишниот извештај на ДЗС, се добива дека во 2012 година корисна енергија е 480 ktce, а во 2035 година е проектирана на 810 ktce (слика 3.5). Меѓутоа, доколку се користат податоците од CRES за биомаса, се добива дека во 2012 година корисна енергија е 570 ktce, а во 2035 година се предвидува да изнесува 950 ktce. Како резултат на разликата во финалната потрошувачка на енергија во 2012 година, која е околу 90 ktce, јазот помеѓу корисна енергија во двата случаи постојано се зголемува, па во 2035 година тој изнесува 135 ktce.



Слика 3.5. Корисна енергија во потсекторот домаќинства

Со цел да се утврди колку потрошувачката на биомаса може да се зголеми, а притоа да остане одржлива, неопходно е да се знае годишниот раст на шумите. Во овој случај, исто така, не постојат единствени податоци, така што различни извори велат дека годишниот раст на шумите се проценува дека е во опсег од 1,6 до 1,85 милиони m^3 [10], [96] [103]. Според сегашната практика [103], околу 65% -70% од овој раст е дозволена сеча, додека планираното сечење е околу 60% -70% од дозволеното. На крај, се реализира 80% до 90% од планираното сечење. За да се одржи одржливоста на шумите, а исто така максимално да се искористи биомасата, во овој докторски труд се предвидува пораст од 40% во споредба со биомасата регистрирана во енергетскиот биланс, што значи дека над 90% од дозволената сеча ќе се реализира.

Во однос на биомасата од CRES од 2,4 милиони m^3 , нема простор за зголемување, бидејќи е над природниот раст на шумите. Тука е важно да се нагласи дека за време на анкетата за буџетот некои луѓе пријавиле користење на биомаса од сопствено производство (остаток од земјоделството) што значи дека оваа биомаса треба да биде исклучена од шумите. Значи, според CRES, потрошувачката на биомаса е на горната граница на одржливост. Во периодот до 2035 година се предвидува зголемување на биомасата од 10%, што не значи зголемување на уништувањето на шумите, туку редовно вештачко пошумување, садење брзо растечки дрвја, поголемо искористување на отпадната биомаса, намалување на загубите и на неевидентираниот количина.

Со користење на податоците од CRES се покажува дека емисиите на CO_2 -eq од шумарството наместо да бидат негативни (понори) ќе бидат позитивни, односно ќе има

зголемување на емисиите. Претпоставувајќи дека одредена количина на биомаса која што е евидентирана во анкетите спроведена од страна на CRES е од сопствено производство (не од шумите) CO₂-eq емисиите од шумарството ќе бидат околу нула. Ова значи дека шумите се се уште на одржливо ниво, но во тој случај Република Македонија нема да има понори.

3.1.3 Резултати

Еден од ретките енергетски потенцијали што ги има Република Македонија е биомасата, која според анализите во претходните поглавја е недоволно истражена, а постојат различни податоци за нејзината потрошувачка. Затоа беше неопходно да се направат голем број на анализи за да се проценат последиците што биомасата може да ги има врз потрошувачката на финална енергија, а со тоа и импликациите врз процентот на обновливи извори на енергија. Беа креирани повеќе сценарија, а само најважните се презентирани во овој докторски труд и тоа основно сценарио (BASE) и сценарио со енергетска ефикасност и обновлива енергија (EE + OIE).

За основно сценарио и сценарио со EE + OIE каде се користат податоци со ниска потрошувачка на биомаса, се добива дека во текот на целиот период на планирање, биомасата се зголемува за околу 39% (табела 3.4), што е максимално дозволената граница со цел да се зачува одржливоста. Потрошувачката на финална енергија се зголемува за 68% во однос на 2012 година, а просечниот годишен раст е 2,3%, додека просечниот годишен раст на биомасата е 1,4% (табела 3.4). Во сценариото EE + OIE предвидена е иста стапка на пораст на биомасата (40%), додека потрошувачката на финална енергија расте со просечна годишна стапка од 1,7% или во текот на целиот период се зголемува за 48%. Во ова (EE + OIE) сценарио се предвидува користење на поефикасни технологии за греење и готвење, но биомасата како една од најевтините енергетски горива доминира и затоа во овој случај се зголемува на 40%. Од друга страна, зголемувањето на стандардот на луѓето и користењето на поефикасни технологии ќе придонесе луѓето само да го зголемат просторот што го загреваат. На пример, ако претходно загревале 40 m², со зголемување на животниот стандард ќе загреваат 60 m², а потрошувачката на биомаса и во двата случаи ќе остане иста, бидејќи ефикасноста на технологиите ќе се подобри.

Табела 3.4. Вкупна финална потрошувачка и финална потрошувачка на биомаса

<i>ktoe</i>		<i>2012</i>	<i>2015</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>
BASE	Биомаса	189	192	227	239	251	263	1,4%	39%
	Вкупно	1.826	1.891	2.162	2.457	2.778	3.066	2,3%	68%
EE+OIE	Биомаса	189	192	227	239	251	263	1,5%	40%
	Вкупно	1.826	1.879	2.069	2.271	2.503	2.709	1,7%	48%

Во основното сценарио со користење на податоците од CRES, се добива зголемување на биомасата за околу 9% (табела 3.5), што е близу до максимално дозволената граница на одржливост во овој случај. Интересно е да се забележи дека потрошувачката на финална енергија се зголемува за 63%, што е за 5% пониско во споредба со основното сценарио со податоците на ДЗС. Од друга страна, во апсолутни вредности, финалната потрошувачка на енергија во основното сценарио со податоците на CRES изнесува околу 130 ktoe повеќе споредено со финалната потрошувачка на енергија во основното сценарио со податоците на ДЗС. Порастот на потрошувачката на финална енергија е помал бидејќи нема други извори на енергија и се користат поефикасни технологии и затоа ова сценарио е поскапо во споредба со основното сценарио со податоците на ДЗС. Слични резултати се добиваат и во сценариото EE + OIE каде растот на потрошувачката на финална енергија е 45% или просечен годишен раст од 1,6%, додека вкупната биомаса расте на околу 9%.

Во однос на производство на електрична енергија и топлина од биомаса и биогаз, изворот на податоци (ΔЗС и CRES) не прави никаква разлика, бидејќи тоа е отпадна биомаса и биомаса од земјоделството, што не е предмет на анализа во наведените извори на податоци. Како резултат на тоа, постои само едно основно и едно сценарио со ЕЕ и ОИЕ презентирани во овој докторски труд. Во основното сценарио, производството на електрична енергија од биомаса е зголемено од 20 GWh во 2020 година на 50 GWh во 2035 година (табела 3.6). Производството на електрична енергија од биогаз се зголемува од 7 GWh во 2015 година на 119 GWh во 2035 година. Од друга страна, во сценариото ЕЕ + ОИЕ производството на електрична енергија од биомаса се зголемува од 25 GWh во 2020 година на 60 GWh во 2035 година, додека производство од биогаз од 7 GWh во 2015 година на 154 GWh во 2035 година.

Табела 3.5. Вкупна финална потрошувачка и финална потрошувачка на биомаса – според податоците на CRES

<i>ktoe</i>		<i>2012</i>	<i>2015</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>
BASE	Биомаса	331	331	350	354	356	359	0,4%	9%
	Вкупно	1.968	2.018	2.293	2.595	2.918	3.200	2,1%	63%
EE+OIE	Биомаса	331	303	337	353	356	360	0,4%	9%
	Вкупно	1.968	1.995	2.194	2.411	2.648	2.855	1,6%	45%

Табела 3.6. Производство на електрична енергија од биомаса и биогаз

<i>GWh</i>		<i>2012</i>	<i>2015</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>
BASE	Биомаса	0	0	20	30	40	50
	Биогаз	0	7	49	49	119	119
EE+OIE	Биомаса	0	0	25	40	50	60
	Биогаз	0	7	56	84	84	154

Планирано е дека електраните кои произведуваат електрична енергија од биомаса, исто така, ќе произведуваат топлина, што значи дека овие постројки ќе бидат ТЕ-ТО. Според основното сценарио, во 2035 година се предвидува дека електраните на биомаса ќе произведат дополнителни 87 GWh топлина, додека во сценариото ЕЕ + ОИЕ 105 GWh (табела 3.7).

Табела 3.7. Производство на топлина од ТЕТО на биомаса

<i>GWh</i>		<i>2012</i>	<i>2015</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>
BASE	Биомаса	0	0	34,9	52,3	69,7	87,1
EE+OIE	Биомаса	0	0	43,6	69,7	87,1	104,5

3.2 Синергија помеѓу секторите отпад и производство на електрична енергија

Економскиот раст и порастот на животниот стандард на населението во многу земји во развој се придружени со забрзана стапка на производство на комунален отпад. Од друга страна, често, целата територија не е опфатена со систем за собирање отпад и контролирана сепарација. Исто така, главните методи за отстранување на отпадот вклучуваат отворено депонирање без зафаќање на гасот, а во многу случаи постои и спротивставеност на јавноста и недостиг на расположливо земјиште за депонирање на отпадот. Тоа предизвикува широко распространети дивни депонии кои не ги исполнуваат стандардите за животна средина во и околу местата на живеење [104]. Зголеменото количество на отпад и несоодветното отстранување на отпадот постојано вршат притисок врз животната средина,

здравјето и безбедноста на населението, а истовремено го зголемуваат учеството на секторот отпад во земјите во развој во вкупните глобални емисии на стакленички гасови [105].

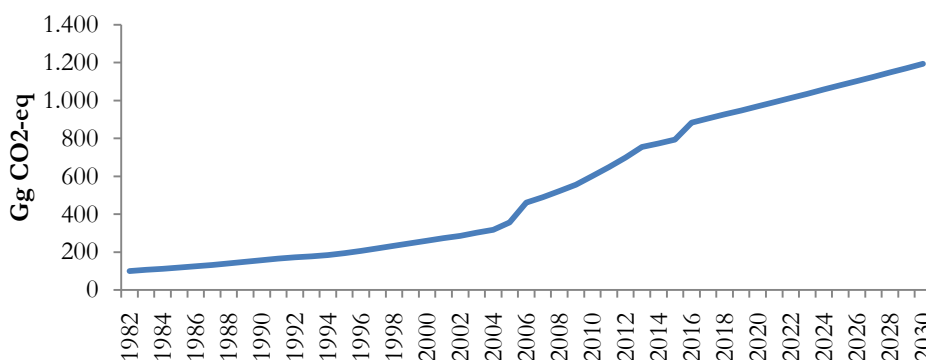
Повеќе од земјите во развој бараат практични решенија, како што се рехабилитација на постојните депонии за комунален цврст отпад, санирање и затворање на дивите депонии, отворање на современи регионални депонии во согласност со највисоките еколошки стандарди, како и зафаќање на метанот, согорување на отпадот со искористување на енергијата, компостирање на органскиот отпад, рециклирање и минимизирање на отпадот. Извршениот преглед на литературата покажа дека во повеќето случаи изборот на технологии за третман на отпад се темели на инвестицијата во самата технологија како и обврските за исполнување на некои локално, регионално или национално наметнати цели, додека критериумот за ублажување на климатските промени не е експлицитно земен во предвид и намалувањето на емисиите на метан се пресметува како дополнителна придобивка. На пример, во регионот на Малезија, оптималното сценарио за управување со комунален цврст отпад би можело да ја постигне целта за обновлива енергија, да ја постигне целта за рециклирање и да го промовира компостирањето како алтернатива за намалување на отпадот [106]. Понатаму, во Чиле, претворањето на гас во енергија, директното претворање на отпад во енергија и зафаќањето на гасот се оценети со користење на критериуми базирани на трошоците за производство, техничките и економските потенцијали [107]. Исто така, во една студија за Африка прикажани се економските предности на опциите за компостирање на комунален цврст отпад наспроти зафаќањето на депонискиот гас [108].

Во контекст на тековните дискусии за идниот климатски режим и можните квантифицирани обврски на земјите во развој и имајќи ја предвид значајната улога што би можела да ја има секторот отпад во активностите за ублажување на климатските промени, јасно е дека е потребна соодветна методолошка рамка за приоритизација на технологиите и практиките за управување со отпадот во земјите во развој, кои во исто време најдобро одговараат на локалните социокономски услови и го максимизираат остварливото намалување на стакленичките гасови. Во таа насока, во овој докторски труд, аналитичката алатка на GHG Costing Model (GACMO) [72], која е применлива за оптимизација на стратегијата за ублажување, земајќи ја предвид еколошката ефективност (tCO_2 намалени) и економската ефективност (USD/tCO_2 намалени) на предложените мерки за ублажување, е прилагодена за примена во секторот отпад за земја во развој. Моделот GACMO обично се користи за анализи каде се дефинираат базната и целна година и се прави споредба само помеѓу овие две години. На пример, во [74] се користи за проценка на потенцијалот за ублажување на климатските промени на македонскиот транспортен сектор во 2020 година, додека во [73] потенцијалот на обновливите извори на енергија за намалувањето на емисиите на стакленички гасови во Република Македонија се проценува за истата година. Исто така, истата методологија се користи во [109] со цел да се утврди економската и еколошката ефективност на поширок спектар на мерки за ублажување. Интервенциите во методологијата овозможуваат да се прилагоди моделот според спецификите на земјите во развој во однос на создавањето на отпад, отстранувањето на отпадот и растот на населението. Во овој докторски труд, методологијата дополнително е модифицирана за да генерира крива на маргинални трошоци за ублажување врз основа на остварливото кумулативно намалување на емисиите на стакленички гасови (во текот на целиот период), што, во споредба со кривата на маргинални трошоци за дадена година, исто така го зема предвид и времето потребно за имплементирање на мерките за ублажување.

3.2.1 Референтно сценарио

Во рамките на овој докторски труд развиено е референтно сценарио, земајќи ги предвид специфичните карактеристики на секторот отпад, како што се постојните депонии, бројот на населението по региони и количините на отпад по жител. Во ова сценарио се претпоставува дека нема да има промени во постојните практики за управување со отпад и дека нема да се спроведе ниту една мерка која може да ги намали количините на отпад. Со цел да се пресметаат емисиите на метан, прво треба да се пресмета количината на отпад. Тука се направени две претпоставки. Првата претпоставка е за бројот на населението [110], а втората е годишниот износ на комунален цврст отпад по глава на жител. Исто така, се претпоставува дека во 2030 година стапката на создавање на отпад во Република Македонија ќе се приближи кон стапката на создавање на отпад во ЕУ, така што комуналниот цврст отпад по глава на жител во Република Македонија ќе се зголеми од 330 kg во 2013 година [111] на околу 400 kg [112] во 2030 година. Оттука, вкупниот износ на комунален цврст отпад ќе се зголеми од 690 kt во 2013 година на повеќе од 800 kt во 2030 година. Во зависност од годината и податоците од 70% до 80% од комуналниот цврст отпад се носи на депониите, додека преостанатите количини одат на нелегални депонии. Се претпоставува дека овој процент постепено ќе се зголемува и во 2030 година ќе достигне 100%.

Кумулативните емисии за периодот од 2013 до 2030 во референтното сценарио изнесуваат околу 27 Gg CO₂-eq (слика 3.6).



Слика 3.6. Проектирани емисии на стакленички гасови од депонии

Територијата на Република Македонија е поделена во пет региони за управување со отпад - РУО (анг. Waste Management Region - WMR), имајќи ја предвид географската положба на градовите. РУО1 опфаќа 28,8% од населението, РУО2 25,3%, РУО3 8,4%, РУО4 22,4% и РУО5 15,1%. Соодветната распределба на емисиите на стакленички гасови по региони е прикажана во табелата 3.8.

Табела 3.8. Емисии на стакленички гасови по региони за управување со отпад

Година	РУО1	РУО2	РУО3	РУО4	РУО5	Вкупно CH ₄ (kt)	Вкупно CO ₂ -eq (kt)
2010	11,64	7,67	2,55	6,79	4,58	33,22	697,7
2020	18,59	9,80	3,25	8,68	5,58	46,17	969,6
2030	22,88	12,06	4,00	10,68	7,20	56,83	1.193,4

Во однос на трошоците, во референтното сценарио нема инвестиции во нови технологии, така што се вклучени само оперативните трошоци на постојните депонии. Вкупната цена на ова сценарио изнесува 34 мил. 2012 USD.

3.2.2 Мерки за ублажување на климатските промени

Во однос на третманот на биоразградливиот отпад постојат пет основни мерки кои се применливи за земјите во развој: запалување на депонискиот гас (флеринг), механички и биолошки третман (МБТ), аеробен третман (компостирање), анаеробни дигестори со производство на енергија и производство на отпадни горива кои може да се користат во фабриките за производство на цемент како гориво. Претпоставките во врска со почетокот на работа и максималната количина на цврст комунален отпад кои може да се третираат со мерките за ублажување за секој од регионите се сумирани во табелата 3.9.

Табела 3.9. Проектирана максимална годишна количина на комунален цврст отпад (t) кој може да се третира со мерките за ублажување, по региони

Мерки	РУО1	РУО2	РУО3	РУО4	РУО5
Екстракција на гас + флеринг	172.768	202.456	59.666	179.250	95.181
МБТ + изградба на нова депонија	230.000	200.000	70.000	180.000	120.000
Компостирање					
Производство на енергија					
RDF					

Флеринг

Во Република Македонија има 55 депонии кои не се во согласност со стандардите на ЕУ. Се претпоставува дека овие депонии ќе бидат затворени до 2020 година. Затоа, најефикасна опција за постојните не усогласени депонии е да се покрие целата површина на депониите и да воведат екстракција на гас и флеринг, конвертирајќи ги емисиите на метан во CO₂, кој има значително помал потенцијал за глобално затоплување. Се претпоставува дека оваа технологија има животен век од десет години и 7,6 пати помалку емисии на CO₂. Инвестиционите и оперативните трошоци се 5,31 USD/t и 0,49 USD/t, соодветно [113].

Механички биолошки третман (МБТ)

Во земјите кандидати за членство во ЕУ, како што е Република Македонија, спроведувањето на механички биолошки третман може да има значителен придонес кон постигнување на целите на Директивата за отпад за намалување на депонираниот биоразградлив отпад. За други, помалку развиени земји, студијата [108] покажа дека МБТ се исплатливи само таму каде што се дополнително финансиски подржани. Во сите случаи, потребно е добро планирање за да се обезбеди максимизирање на придобивките [114]. Покрај тоа, постои потреба од поголем консензус во литературата за вредностите на емисиите од обработка на компостирање [106].

Во случајот на Република Македонија, се претпоставува дека МБТ технологијата ќе се спроведува на новите регионални депонии. Инвестициските и оперативните трошоци за изградба на нова депонија се 32,35 USD/t и 1,1 USD/t и воведувањето на МБТ технологијата изнесува 249,92 USD/t и 8,47 USD/t, соодветно [113].

По механичка селекција на отпадот, кога биоразградливиот отпад се извлекува од мешаниот комунален отпад, се предлага биолошки третман за стабилизација на овој отпад. Постојат два начина на биостабилизација:

- ▶ аеробен начин (компостирање),
- ▶ анаеробен начин (производство на енергија).

Компостирање

Компостирањето може да го пренасочи отпадот од депонијата, да ја ублажи контаминацијата на подземните води, да го намали загадувањето на воздухот и емисиите на стакленички гасови и да генерира корисни производи [115]. Затоа, треба да се обрне

особено внимание на тоа како да се подобри ефикасноста на компостирањето, да се намалат оперативните трошоци и да се ублажи штетата поврзана со животната средина [116].

Во случајот со Република Македонија, земени се во предвид стандардните вредности на IPCC за учество на градинарски отпад (11%) и прехранбени производи (30%) во вкупната количина на комунален отпад за да се одреди уделот на комунален цврст отпад кој може да се компостира. Оттука, се претпоставува дека 41% од комуналниот цврст отпад во новите регионални депонии ќе се користат за компостирање. Емисиите на стакленички гасови кои се појавуваат со оваа технологија се пресметуваат така што на емисиите ослободени за време на аеробниот третман (41,9% од вкупниот комунален цврст отпад што се депонираат на депониите) се додаваат емисиите од распаѓање на преостанатите 34% отпад што се депонира на депонија без понатамошен третман (дрвен отпад, хартија, текстил). Емисиите на метан се пресметани со методот „Ниво 1“ од Упатствата на IPCC 2006 и фактори на емисија од 10 g CH₄/kg (стандардни вредности во IPCC). Пресметките се индикативни, бидејќи, како што е прикажано во студијата за Јужна Африка [117], специфичните фактори на емисии за земјата го подобруваат моделирањето на емисиите на стакленички гасови за управување со отпадот и им овозможуваат на локалните општини да ги идентификуваат најдобрите практики во овој поглед.

Инвестиционите и оперативните трошоци се 49,33 USD/t и 5,11 USD/t, соодветно [113].

Има и некои финансиски придобивки од инсталирањето на оваа технологија, покрај намалувањето на емисиите. Се претпоставува дека од 80.000 тони биоразградив отпад ќе се произведуваат 35.000 тони компост [118]. Овој однос се користи за пресметување на количината на компост во секоја година. Исто така се претпоставува дека пазарната цена на компостот ќе изнесува 16,17 USD/t [119]. Приходите од продажба се одземаат од инвестицијата.

Производство на енергија (употреба на биогаз од анаеробни реактори во гасни мотори)

Се претпоставува дека оваа технологија ќе се воведо само на новите регионални депонии. Процентот на отпад кој се користи за производство на енергија е ист како процентот на отпадот што се користи за компостирање (41%). Емисиите на стакленички гасови што се јавуваат со оваа технологија се пресметуваат на ист начин како и за компостирањето. Емисиите на метан се пресметани со методологија „Ниво 1“ и фактори на емисија од 2 g CH₄/kg отпад (стандардна вредност во IPCC).

Инвестиционите и оперативните трошоци се 113,86 USD/t и 10,48 USD/t, соодветно [120].

Инвеститорот ќе има финансиска корист од воведувањето на оваа технологија. Се претпоставува дека ќе се продава електричната енергија по цена утврдена со тековната повластена тарифа за биогаз од 23,3 USD/kWh [101]. Со цел да се добие количината на произведената електрична енергија од биогаз, користена е густина на метан од 0,671 kg/m³, нето енергетска вредност од 39 MJ/m³ и ефикасност од 80% на производствениот капацитет. Приходите од продажба се одземаат од инвестицијата.

Производство на RDF

Како завршна фаза од циклусот за управување со отпад предложено е производство на RDF кој може да се користи во процесот за производство на цемент. Во Република Македонија постои само една фабрика за цемент која се наоѓа во PYO1, така што се претпоставува дека само во овој регион производството на RDF е изводливо решение. Производството на RDF во други региони не е изводливо поради високите транспортни трошоци за фабриката за цемент. Инвестиционите и оперативните трошоци се 21,67 USD/t и 5,04 USD/t, соодветно [113].

Треба да се напомене дека, дури и во Кина, не постојат национални податоци за RDF, па во една неодамнешна студија [121], како стандард се користи повисок фактор на емисија на индустриски отпад. Во случајот со Република Македонија, се претпоставува дека технологијата RDF ќе ги намали емисиите исто како и флерингот (ќе бидат 7,6 пати пониски од референтните емисии).

3.2.3 Дефинирање на сценарија за ублажување на климатските промени

Според националната стратегија за управување со отпад 2008-2020 [122], треба да се отворат нови регионални депонии, во согласност со барањата на ЕУ за депонирање и спроведување на интегриран пристап во сите РУО. Во овој докторски труд се прават следните претпоставки:

- ▶ сите технологии се базираат на МБТ со аеробен или анаеробен третман на биоразградлив отпад и само РУО1 се планира да произведува RDF за цементната индустрија;
- ▶ во сите РУО се предлага изградба на нова регионална санитарна депонија, освен во РУО1 каде се претпоставува надградба на постојната депонија;
- ▶ затворањето и рехабилитацијата на постојните општински депонии, откако ќе започнат со работа новите регионални депонии.

Земајќи ги предвид горенаведените претпоставки, потенцијалното намалување на емисиите на стакленички гасови во секторот отпад се анализира преку комбинирање на соодветни мерки во следните сценарија за ублажување:

- ▶ Прво сценарио - затворање и обновување на постојните депонии со флеринг и воведување на МБТ технологија со компостирање;
- ▶ Второ сценарио - затворање и обновување на постојните депонии со флеринг и воведување на МБТ технологија со анаеробна дигестија со производство на електрична енергија;
- ▶ Трето сценарио - затворање и обновување на постојните депонии со флеринг и воведување на МБТ технологија со анаеробна дигестија со производство на електрична енергија и производство на RDF наменет за цементна индустрија (само за РУО1);
- ▶ Четврто сценарио - затворање и обновување на постојните депонии со флеринг и воведување на МБТ технологија со компостирање и производство на RDF наменет за цементната индустрија (само за РУО1).

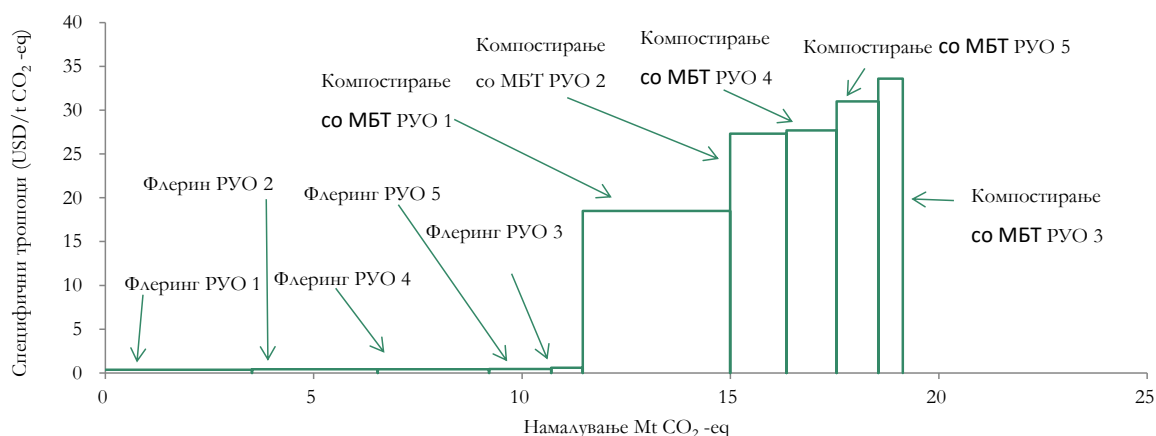
3.2.4 Резултати и дискусија

Резултатите добиени за специфичните трошоци и количина на намалени емисии на стакленички гасови за секое сценарио за ублажување се претставени во форма на Крива на маргинални трошоци за ублажување (слики од 3.7 до 3.10).

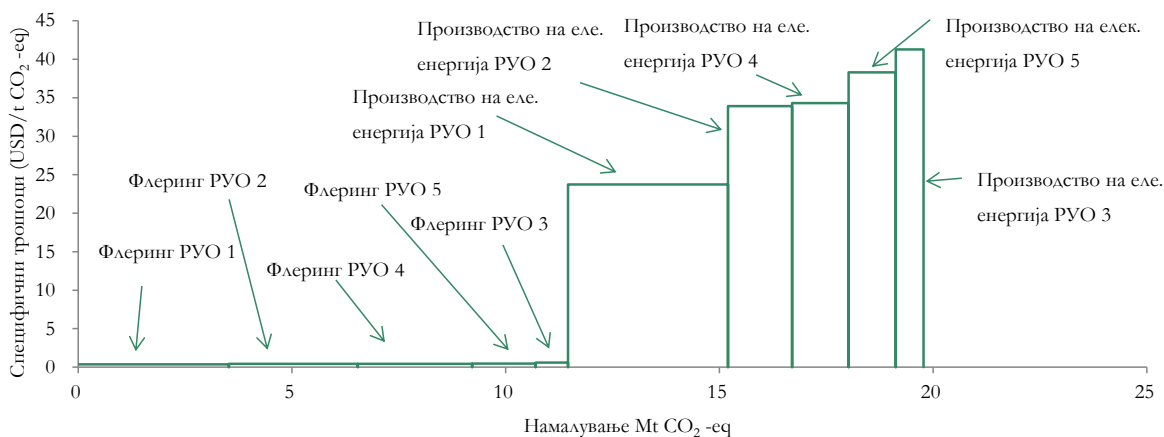
Резултатите од првото сценарио покажуваат дека, доколку се спроведат сите мерки, вкупното кумулативно намалување во периодот од 2013 до 2030 ќе изнесува 19,1 Mt CO₂-eq (слика 3.7) или околу 72% помалку од кумулативните емисии во референтното сценарио. Специфичниот трошок за намалување се движи во опсег од 0,37 USD/t CO₂-eq (воведување на флеринг технологија на постојните депонии во РУО1) до околу 34 USD/t CO₂-eq (изградба на нова депонија и воведување на МБТ со компостирање во РУО3). Специфичниот трошок за намалување на флеринг технологијата е близу до цената проценета во студијата направена за Хрватска [123]. Воведувањето на флеринг технологијата на постојните депонии во РУО1 и изградба на нова депонија со воведување

на МБТ со компостирање во РУО1, најмногу придонесуваат за намалување на емисиите со кумулативна вредност од 3,5 Mt CO₂-eq, проследено со воведување на флеринг технологии на постојните депонии во РУО2 (3 Mt CO₂-eq) и воведување на флеринг технологии на постојните депонии во РУО4 (2,7 Mt CO₂-eq). Општо земено, флеринг технологиите во сите региони за управување со отпад имаат пониски специфични трошоци за намалување (помалку од 0,5 USD/t CO₂-eq) во споредба со МБТ со компостирање (18,5-34 USD/t CO₂-eq). Вкупните инвестиции потребни за реализација на првото сценарио се проценети на 213 мил. 2012 USD.

Резултатите од второто сценарио покажуваат дека вкупното кумулативно намалување при негова реализација е 19,8 Mt CO₂-eq (слика 3.8) или околу 74% помалку од кумулативните емисии во референтното сценарио. Специфичниот трошок за намалување варира во опсег од 0,37 USD/t CO₂-eq (воведување на флеринг технологии на постојните депонии во РУО1) до околу 42 USD/t CO₂-eq (изградба на нова депонија со воведување на МБТ со производство на електрична енергија во РУО3). Изградбата на новата депонија со воведувањето на МБТ со производство на електрична енергија во РУО1 најмногу придонесува за намалување на емисиите со кумулативна вредност од 3,7 Mt CO₂-eq, проследено со воведување на флеринг технологии на постојните депонии во РУО1 (3,5 Mt CO₂-eq) и воведување на флеринг технологии на постојните депонии во РУО2 (3 Mt CO₂-eq). Вкупните инвестиции потребни за реализација на ова сценарио се проценети на 281 мил. 2012 USD.



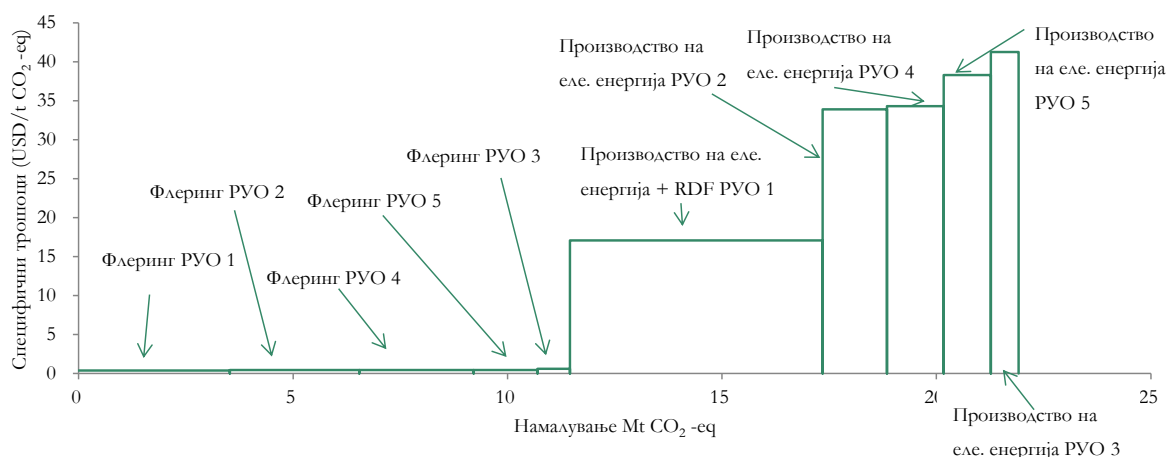
Слика 3.7. Крива на маргинални трошоци за првото сценарио



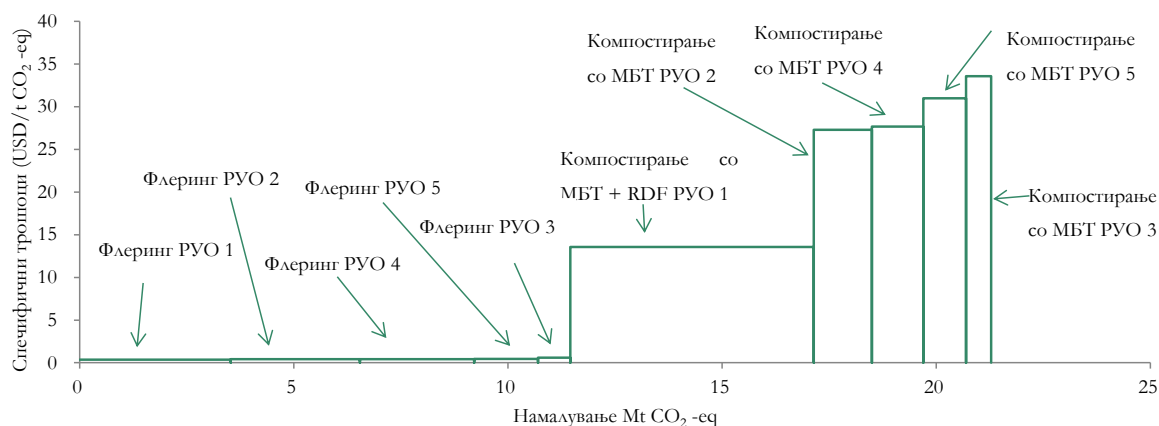
Слика 3.8. Крива на маргинални трошоци за второто сценарио

Резултатите од третото сценарио покажуваат дека вкупното кумулативно намалување при негова реализација изнесува околу 21,9 Mt CO₂-eq (слика 3.9) или 82,4% помалку од кумулативните емисии во референтното сценарио. Специфичниот трошок за намалување варира во истиот опсег како во второто сценарио. Единствената разлика со второто сценарио е во технологијата која најмногу придонесува за намалување на емисиите, која во ова сценарио е изградба на нова депонија, воведување на МБТ со производство на електрична енергија и производство на RDF во PYO1 со кумулативно намалување од 5,9 Mt CO₂-eq. Вкупните инвестиции потребни за реализација на ова сценарио се проценуваат на 293 мил. 2012 USD.

Резултатите од четвртото сценарио покажуваат дека вкупното кумулативно намалување при негова реализација изнесува околу 21,3 Mt CO₂-eq (слика 3.10) или 80% помалку од кумулативните емисии во референтното сценарио. Трошокот за намалување варира во истиот опсег како во првото сценарио. Технологија која најмногу придонесува за намалување на емисиите е изградба на нова депонија, воведување на МБТ со компостирање и производство на RDF во PYO1 со кумулативно намалување од 5,7 Mt CO₂-eq. Вкупните инвестиции потребни за реализација на ова сценарио се проценети на 225 мил. 2012 USD.



Слика 3.9. Крива на маргинални трошоци за третото сценарио



Слика 3.10. Крива на маргинални трошоци за четвртото сценарио

Компаративната проценка на сценаријата за ублажување се базира на нивната економска и еколошка ефективност изразена преку следниве два индикатори:

- добиено кумулативно намалување пресметано како збир на годишно намалување во периодот од 2013 до 2030 и

- специфични трошоци за намалување: пресметани како сооднос помеѓу зголемувањето на поединечните кумулативни трошоци на сценарио за ублажување во однос на референтното сценарио и кумулативно намалување.

За секој индикатор се воведуваат три нивоа на задоволителност кои се обележани во боја како што е прикажано во табелата 3.10: добро (зелено), прифатливо (жолто) и лошо (црвено). Со едно зелено и едно жолто поле, четвртото сценарио се покажа како најзадоволително сценарио за ублажување (табела 3.11).

Табела 3.10. Ниво на задоволителност на сценариото за ублажување

Код на бојата	Добро	Прифатливо	Лошо
Специфични трошоци за намалување (USD/t CO ₂ -eq)	<9	9-10	>10
Кумулативни намалувања на емисии (Mt)	>21,5	19,5-21,5	<19,5

Табела 3.11. Компаративна анализа на сценаријата за ублажување

	(USD/t CO ₂ -eq)	Кумулативни намалувања на емисиите (Mt)
Прво сценарио	9,33	19,1
Второ сценарио	12,44	19,8
Трето сценарио	11,75	21,9
Четврто сценарио	8,94	21,3

Треба да се напомене дека бројките се индикативни и значајно зависат од претпоставките во референтното сценарио и сценаријата за ублажување, така што претпоставките треба редовно да се ревидираат и новите вредности и податоци добиени со текот на времето треба да се вклучуваат во оваа рамка.

3.3 Патеки за одржлив развој на енергетскиот систем преку ублажување на климатските промени

Стоејќи исправено пред предизвикот наречен климатски промени, низ целиот свет се преземаат многу активности за намалување на емисиите на стакленички гасови, со цел да се избегне зголемување на температурата на глобално ниво. Речиси сите земји во светот креираат различни сценарија за ублажување на климатските промени кои ги опфаќаат сите сектори или пак се однесуваат на поодделни сектори, притоа водејќи сметка за тоа да го задржат или зголемат економскиот раст на државата. На пример, Кина се бори против брзиот пораст на товарниот транспорт (зголемен повеќе од четири пати во периодот 2000-2013 и годишната стапка на раст на потрошувачката на енергија од 12%) со интензивни мерки за управување со побарувачката и промена на видот на транспортот [124]. Во [125], е покажано како со пенетрацијата на 10% електрична енергија произведена од фотонапонски електрани, во десет американски држави, ќе се постигне значително исплатливо намалување на CO₂ емисиите. Во Обединетите Арапски Емирати се разгледуваат цели за намалување на емисиите на CO₂, производство на обновлива енергија, како и субвенции за домашните цени на гасот [126]. Имплементацијата на овие политики во Обединетите Арапски Емирати, преточени во сценарија, ќе ја намалат емисијата на стакленички гасови за 15%, 20% и 45% во 2050 година соодветно, во споредба со основното сценарио.

Европската унија не е исклучок. Европската енергетска политика ја идентификуваше безбедноста на снабдувањето, ублажувањето на климата и економската конкурентност како клучни двигатели за одржлив развој. Климатските промени како една од значајните теми во креирањето на политиките за енергија и животна средина го поттикнаа Европскиот совет

да ја воспостави целта на ЕУ за намалување на емисиите на стакленички гасови (GHG) за 80-95% до 2050 година, во споредба со нивоата во 1990 година [127]. За да се одговори на оваа цел, развиен е широк спектар на нискојаглеродни сценарија, патокази и патеки за неколку европски земји и за различни сектори на економијата. Оттука, во [128] е опфатено производството на електрична енергија, рафинирањето на нафта, производството на железо и челик и производството на цемент за цела ЕУ, а целта е да се развијат сценарија за намалување на емисиите на стакленички гасови во овие сектори користејќи ги достапните технологии. Во [129] е предложена ревизија на European Commission's Energy Roadmap 2050, земајќи ги предвид системите за централно греење, покажувајќи дека на тој начин целта зацртана во Патоказот може да се постигне со пониска цена. Во [130] се развиени шест различни сценарија за Португалија, земајќи ги предвид енергетските политики кои се во сила. Намалувањето на CO₂ од потсекторот домаќинства во Велика Британија, како и имплементацијата на политиката на ЕУ за обновлива енергија и клима, се разгледуваат во [131–133]. Во Баскија (Шпанија), креирани се неколку сценарија со цел да се намали потрошувачката на енергија во транспортот [134]. Се покажува дека декарбонизацијата на овој потсектор може да се направи со ефикасна мобилност, електрификација и со возење на повеќе лица во едно возило. Долгорочното задоволување на потребите од енергија во Хрватска не се доведува во прашање и може да се постигне намалување на CO₂ емисиите за 40% до 2050 година во споредба со референтното сценарио [135]. Сите сектори мора значително да придонесат за намалување на емисиите, но ако енергетскиот сектор е повеќе од 95% заснован на лигнит, како што е случајот со Косово, тогаш фокусот треба да биде во енергетскиот сектор [136].

Трендот на креирање на патеки за одржлив развој, го направи ублажувањето на климатските промени најважно прашање и го зголеми бројот на студии кои анализираат различни политики за ублажување на климатските промени во националните контексти. Повеќето од нив [137–139] го препознаа енергетскиот сектор, особено системот за производство на електрична енергија, како сектор со најголем потенцијал за декарбонизација. За да се постигне ова, неопходно е преминување кон технологии за производството на електрична енергија со ниско ниво или нула емисии на стакленички гасови. Пример за тоа се технологиите кои произведуваат електрична енергија од обновливи извори [131,140]. Исто така, некои од постоечки базични технологии во комбинација со „зафаќање и складирање на јаглерод“ (анг. Carbon Capture and Storage - CCS) може да придонесе за намалување на емисии на CO₂ [141,142], но како што е прикажано во [143] таквата трансформација може да не биде најекономична опција доколку CCS има малку часа на искористување во текот на годината. Сепак, како што е прикажано во [144,145] воведувањето на цената на јаглеродот може да поттикне преминување од едни кон други технологии, но најмногу кон ОИЕ.

Република Македонија е земја која не е вклучена во Анекс 1 меѓутоа како земја кандидат за членка на Европската унија, која ја има потпишано Спогодбата за Енергетска заедница, треба да го усогласи своето национално законодавство со постојното законодавство на Европската унија (*Acquis Communautaire*) за енергија, животна средина, конкуренција, обновливи извори на енергија, енергетска ефикасност и резерви на нафта.

Во овој дел од докторскиот труд претставен е развојот на енергетскиот сектор на Република Македонија до 2035 година користејќи го развиениот MARKAL-Македонија модел. За да се согледа влијанието на различни параметри и различни политики во развојот на енергетиката во Република Македонија, со развиениот MARKAL-Македонија модел анализирани се голем број на сценарија со поголем број потсценарија (варијанти). Анализирани е различен продор на ОИЕ, различен степен на енергетска ефикасност, различни степени на редукции на стакленичките гасови, промени на цените на енергентите и на користените технологии, различен степен на продор на современи технологии,

различни можности за увоз и извоз на електрична енергија, можности за увоз на природен гас и др.

Големиот број резултати добиени од различните сценарија и дополнителни варијанти преточени се во три сценарија за развој на енергетиката во Република Македонија до 2035 година:

- Референтно сценарио, (Without Measures - WOM),
- Сценарио за ублажување (With Existing Measures - WEM),
- Поамбициозно сценарио за ублажување (With Additional Measures - WAM).

Направените анализи во продолжение се дел од проектот на UNDP Втор двогодишен извештај а климатски промени, изработен за потребните на Министерството за животна средина и просторно планирање.

3.3.1 Референтно сценарио (WOM)

За да може да се одреди колку одредена политика или мерка ќе придонесе за намалување на емисиите на стакленички гасови, неопходно е да се креира Референтно сценарио или Сценарио без мерки (WOM). Ова сценарио претставува сценарио кое нема изглед да се случи, на пример сите домаќинства до 2035 година да користат уреди со ефикасност како што е ефикасност на уредите во 2012 година. Од друга страна, неговото креирање е од круцијално значење за да може сите мерки и политики да се споредат со иста референтна опција и да се види ефектот (финансии, енергетика, животна средина) од спроведувањето на одредена мерка или политика. Во ова поглавје е развиено токму такво сценарио кое понатаму ќе послужи за оценка на придобивките од предложените мерки и политики во поглед на намалување на стакленичките гасови и од економски аспект.

Анализите кои се направени за развој на секој од секторите на Република Македонија се базираат на влезни податоци добиени од официјални документи и истражувања, а само мал дел се базираат на претпоставки.

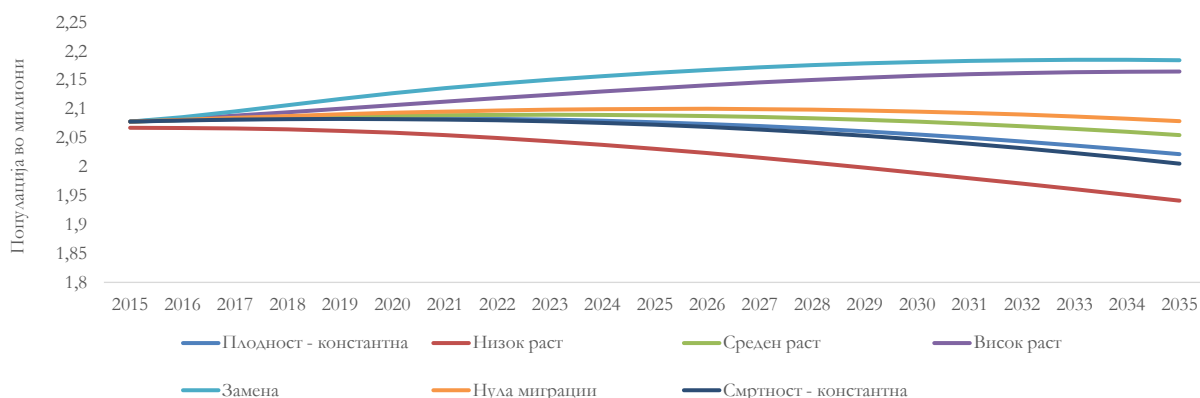
Моделирањето е направено за периодот од 2012 до 2035 година. За да се направи верификација на моделот, т.е. да се утврди дали моделот дава реални проекции, како основна година усвоена е 2012, а верификацијата е направена за годините 2013, 2014 и 2015 година. Комплексноста на енергетскиот систем го прави предвидувањето на потрошувачката на енергија доста сложено. За да се поедностави може да се каже дека побарувачката на енергија не е ништо друго туку одредување на нашите лични потреби, потребите во домовите и местата на кои што работиме како на пример, потребите за греење и ладење, осветлување, употреба на фрижидери и замрзнувачи, употреба на машини за миење садови и алишта, телевизори, компјутери, телефони итн. Од друга страна, со растот на населението се зголемува бројот на домови и бројот на работни места. Ова исто така повлекува и поголеми потреби што пак резултира со поголемо производство на индустријата. Сите овие сектори ги поврзува енергијата и потребите од неа. Од ова следува дека БДП и населението се клучни двигатели во овој сектор, но нивното предвидување, пред сè на БДП е особено тешко. Кога се прави предвидување мора да се биде претпазлив затоа што растот на БДП и растот на потребите од енергија не значат и раст на потрошувачката на енергија. Цените на енергентите на домашниот и меѓународниот пазар, технологиите кои се употребуваат во секоја од категориите во овој сектор, како и нивната ефикасност може да придонесат кон намалување на потрошувачката. Затоа од голема важност е:

- да се има добри влезни податоци,
- да се има добар модел за енергетско планирање,
- да се калибрира и верификува моделот.

3.3.1.1 Влезни податоци и претпоставки

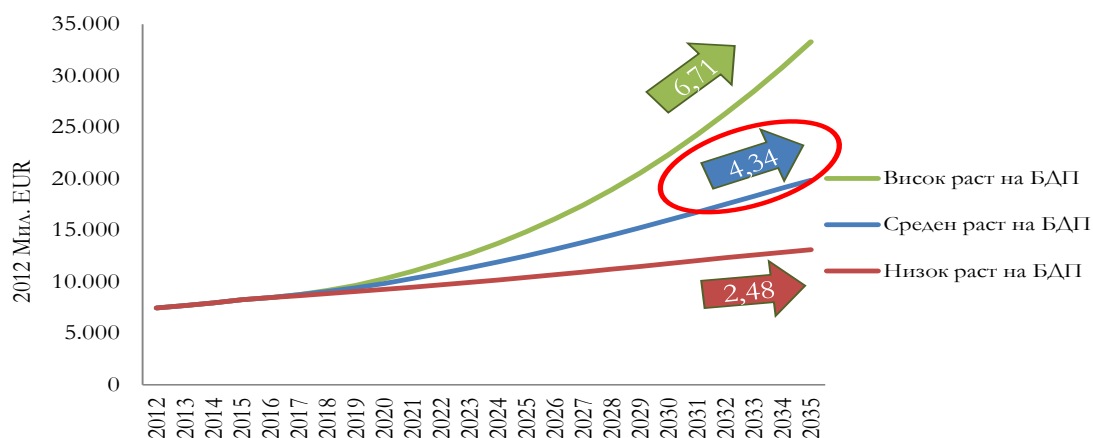
Макроекономски двигатели

Обединетите нации секоја година прават проекции на населението во светот до 2100 година и притоа креираат неколку сценарија. На следната слика (3.11) е прикажано населението по различни сценарија. При изработката на овој докторски труд сите сценарија со население се анализирани, но бидејќи се работи за референтно сценарио се користи сценариото Плодност-константна.



Слика 3.11. Проекции на населението во Република Македонија по сценарија според Обединетите нации

Официјалните достапни проекции за БДП од Народна банка на Република Македонија и од Светска банка се однесуваат на блиската иднина, до 2020 година. Со цел да се дојде до подолгорочни прогнози беа развиени повеќе сценарија кои се надоврзуваат на краткорочните сценарија од овие институции. На сликата 3.12 се претставени три од развиените сценарија со различна просечна годишна стапка на пораст и тоа: 2,48% (Низок раст), 4,34% (Среден раст) и 6,71% (Висок раст). Во Референтното сценарио одлучено е да се користи сценариото со Среден раст (4,34%) на БДП.

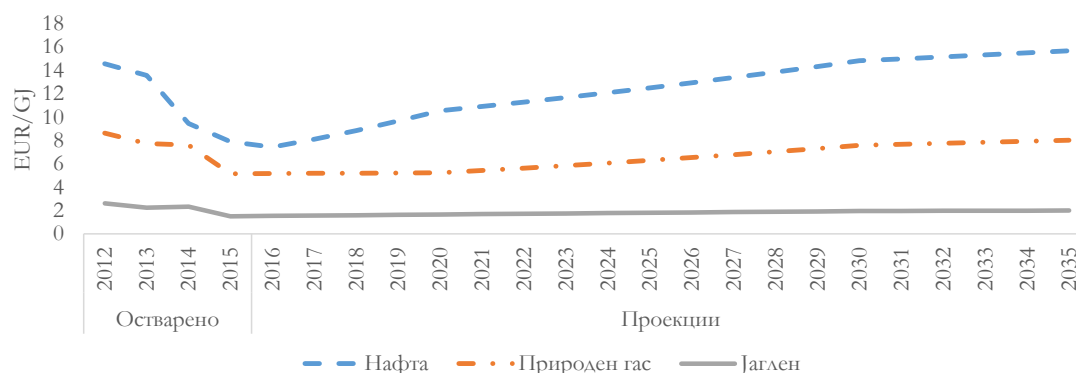


Слика 3.12. Проекции за раст на БДП во Република Македонија

Цени на енергенти

Од голема важност при одредување на потрошувачката на енергија, а особено кога се работи со модели кои работат на база на најниски трошоци, е одредување на цената на горивата. Во Референтното сценарио се користат цените на домашните енергенти од Регулаторната комисија за енергетика за периодот 2012-2015, а цените на надворешните пазари, кои имаат влијание и во Република Македонија како увозно зависна земја, се земени

од последните проекции дадени во World Energy Outlook (WEO) 2015 и WEO 2016 (слика 3.13).



Слика 3.13. Остварени и проектирани цени на горива според WEO 2016

Регионална компонента на моделот му е дадена со тоа што е дозволено увоз на електрична енергија по цена која што е на берзата во Унгарија за периодот 2016-2019 (35-45 EUR/MWh во зависност од сезоната и периодот), а се предвидува постепено зголемување на цената на електричната енергија почнувајќи од 2019 година па натаму се до 70 EUR/MWh во 2035 година [146]. За да има производство од домашните електрани потребно е нивната производна цена да биде помала од цената на увозот на електрична енергија, не вклучувајќи ги овде електраните со повластени тарифи и веќе договорените проекти.

Емисионен фактор на увезената електрична енергија

Акумулираното искуство од претходните проекти и трудови поврзани со ублажување на климатските промени [56,57,147–149], овозможува одреденивидувања околу увозот на електрична енергија да бидат променети. Имено, во [56,57,147–149], а во согласност со IPCC методологијата, увозот на електрична енергија нема емисионен фактор. Тоа значи дека вкупните национални емисии на стакленички гасови зависат обратно пропорционално од увозот на електрична енергија. Според тоа, искуствата од ваквата практика на моделирање се негативни, главно затоа што увозот на електрична енергија може да се третира како мерка за ублажување на климатските промени. За да се избегне сето ова и за да се добијат пореални намалувања на емисиите во поглед на мерките за ублажување (не вештачки преку увозот) воведени се емисиони фактори за CO₂, CH₄ и N₂O за увозот на електрична енергија. Ова е направено во склад со Европскиот фактор за споредување изработен од страна на Joint Research Center (JRC) каде што на европско ниво е определен одржлив т.н. одржлив емисионен фактор, кој освен тековната состојба, го зема предвид и идниот развој на енергетскиот систем на ниво на Европа. Факторот се базира на фосилни горива (затоа што се претпоставува дека произведеното количество на електрична енергија добиено од обновливи извори заменува исто толкаво количество на електрична енергија произведено од фосилни горива) и тоа на следниот сооднос на технологии за производство на електрична енергија:

- 25% термоелектрани со комбиниран циклус со интегрирана гасификација на јаглен (анг. integrated gasification combined cycle – IGCC),
- 25% конвенционални термоелектрани на јаглен и
- 50% термоелектрани (гасни електрани со комбиниран циклус – анг. Combined cycle gas turbine - CCGT) на природен гас со различна должина на гасоводната мрежа (16,7% со должина од 4.000 km, 16,7 со должина од 7.000 km и 16,7 течен природен гас).

Детални податоци кои се користат за пресметката на Европскиот просечен емисионен фактор се дадени во табелата 3.12.

Табела 3.12. Референтен емисионен фактор за електрична енергија за Европа

	Производство на електрична енергија	Единица	Количина	Коментар
KOEL1	Конвенционални на камен јаглен	gCO ₂ -eq./MJel.	261,5	43,5% ефикасност
KOEL2	Јаглен (IGCC)	gCO ₂ -eq./MJel.	234,6	48% ефикасност
GBEL1b	Природен гас (CCGT)	gCO ₂ -eq./MJel.	118,2	58,1% ефикасност, 4.000 km гасоводна мрежа за транспорт на природен гас
GBEL1a	Природен гас (CCGT)	gCO ₂ -eq./MJel.	129,4	58,1% ефикасност, 7.000 km гасоводна мрежа за транспорт на природен гас
GREL1	Природен гас (CCGT)	gCO ₂ -eq./MJel.	126,5	58,1% ефикасност, Течен природен гас (ГПП)
Емисии				
Просек	(25%/25%/16,7%/16,7%/16,7%)	gCO ₂ -eq./MJel.	186,4	
CO₂	Излез	g/MJ	169,4	
CH₄	Излез	g/MJ	0,61*	
N₂O	Излез	g/MJ	0,006**	

Производни индустрии и градежништво

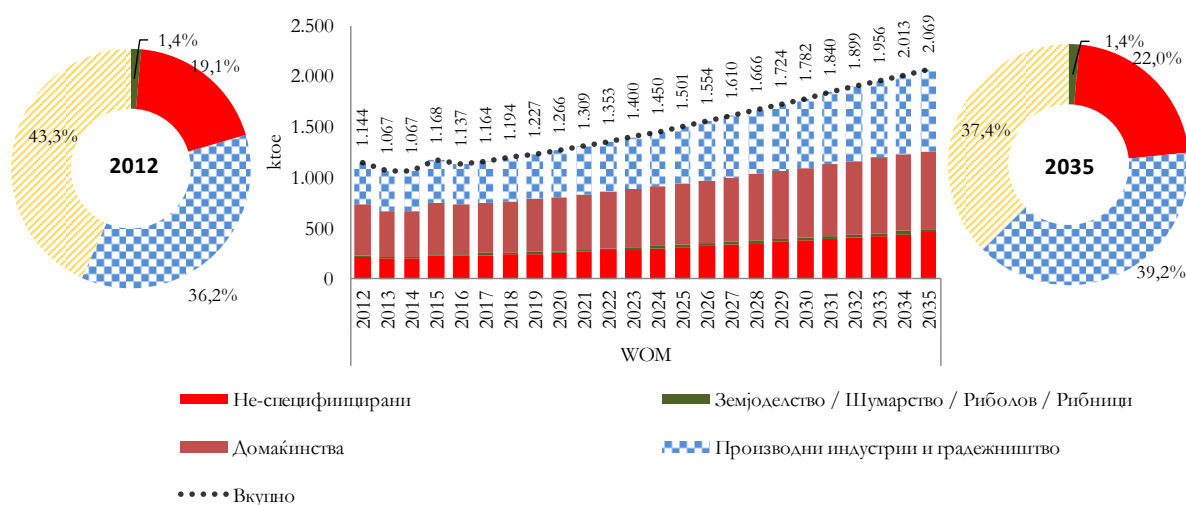
Дополнително, направено е подобрување и во делот на предвидување на растот и развојот на индустријата. Потребата за ова се согледува во недостатокот на долгорочни прогнози за растот и развојот на индустријата, слично како што недостасуваат долгорочни прогнози за БДП. За таа цел прво е направено групирање на додадената вредност на индустриските гранки по Национална класификација на дејности, како што е групирањето на индустриските гранки во Енергетскиот биланс. Потоа, за секоја индустриска гранка беше определена зависноста на додадената вредност од таа индустрија со БДП. Како резултат на малата историска серија на податоци и големите флукуации во индустријата за некои индустриски гранки се јавија големи пораста при прогнозирање на додадената вредност. За да се избегне ова направена е дополнителна проверка на зависноста на вкупната додадена вредност во индустријата од националниот БДП. Се добива дека нивната корелација е висока и поради тоа претпоставено е дека вкупниот раст на индустријата зависи од растот на БДП. За да се поткрепи ова, дополнително во прогнозите е вклучен и индексот на индустриско производство.

Транспорт

Намалување на цените на нафтените продукти на светско ниво во период од 2012 до 2015 година, а особено во 2016 година, придонесоа потрошувачката во овој потсектор да расте со стапка на пораст поголема од сите претходно направени прогнози, и тоа не само за Република Македонија, туку и во светски размери. Ако на ова се додаде и спроведувањето на политиките за увоз на половни возила на Владата на РМ, сликата за потсекторот транспорт во РМ значително е променета. За да може моделот MARKAL да ги рефлектира новонастанатите состојби, освен промените во цените на нафтените продукти, направена е и целосна ревизија на бројот на возила (нови и стари) кои се купени во Република Македонија, просечниот број на km кои го имаат поминато, просечниот број на тони пренесена стока итн.

Домаќинства и комерцијален и услужен

Во делот на пресметување на проекциите на енергија потребна за греење и ладење во потсекторите домаќинства и комерцијален и услужен (не-специфициран), направено е подобрување со тоа што се воведени годишни индикатори: степен денови за греење и степен денови за ладење. Воведувањето на овие годишни индикатори е од огромно значење за верификацијата на моделот (MARKAL). За периодот 2012-2016 година, користени се реалните податоци од Weather Underground и како што може да се види од сликата 3.14, на која се прикажани потребите од енергија во секторот Енергетика со исклучок на транспортот, во 2012 и 2015 година, како резултат на пониската просечна температура имало поголеми потреби за греење, а во 2013 и 2014 година, тие се значително намалени заради повисоката просечна температура. Проекциите на енергија за периодот после 2016 година се направени со користење на просечни степен денови за греење и ладење. Овие степен денови се пресметани врз основа на историските податоци за периодот од 2000 до 2016 година повторно користејќи го изворот [150].



Слика 3.14. Проекции за потребите од корисна енергија по потсектори

Во Референтното сценарио претпоставено е дека на страната на потрошувачката нема да се купуваат технологии со поголема ефикасност од технологиите кои постојат во базната 2012 година. Само постои можност за промена на технологија која користи еден вид на гориво со технологија која користи друг вид на гориво.

Енергетски индустрии

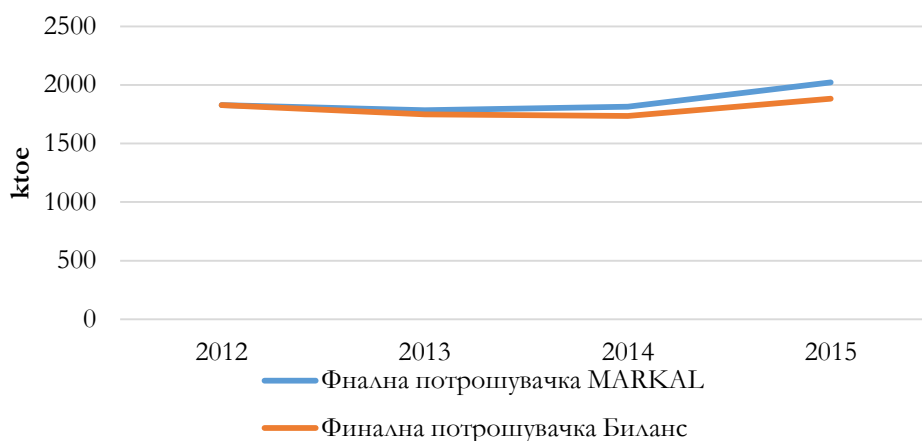
На страната на снабдувањето, освен постојните технологии, земена е предвид и можноста за вклучување на следните нови технологии:

- ТЕ на домашен лигнит и ТЕ на висококалоричен увозен јаглен;
- ТЕ и термоелектрани топлини (ТЕТО) на природен гас до капацитетот на постојниот гасовод;
- обновливи извори со повластени тарифи (хидро, ветерни, фотонапонски, биогаз и биомаса) до капацитет за кој Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија има веќе издадено најмалку Решение за привремен повластен производител;
- не се предвидува изградба на нови големи хидроелектрани (поради незаинтересираност на инвеститорите и/или отпор на невладини организации и на локално население);

- не е предвидено приклучување кон нов регионален гасовод, што значи дека на располагање е само капацитетот на постојниот гасовод.

3.3.1.2 Калибрација и проверка на моделот

Официјалните статистички податоци за наредните три години (2013, 2014 и 2015) се добра основа за да се види дали MARKAL-Македонија моделот работи добро и дали основните претпоставки кои се внесени ја отсликуваат реалната состојба. Дополнително, резултатите за емисиите на стакленички гасови беа споредени со емисиите добиени во националниот инвентар во кој се користеше IPCC методологијата. Разликата во 2012 година и во поглед на емисии и во поглед на потрошувачка на енергија е помала од 0,01%. Во 2013 година кај финалната потрошувачката на енергија се јавува разлика од 2% во 2014 од 4,6% и во 2015 од 7,5% (слика 3.15). Слободно може да се каже дека овие проценти се прифатливи, ако се земе предвид дека моделот е ограничен да ги користи технологиите со ефикасност како што била ефикасноста на технологиите во 2012 година. Со имплементирањето на мерките од третиот Акциски план за енергетска ефикасност, во кој се проценети заштедите на енергија токму на периодот заклучно со 2015 година, оваа разлика се анулира.



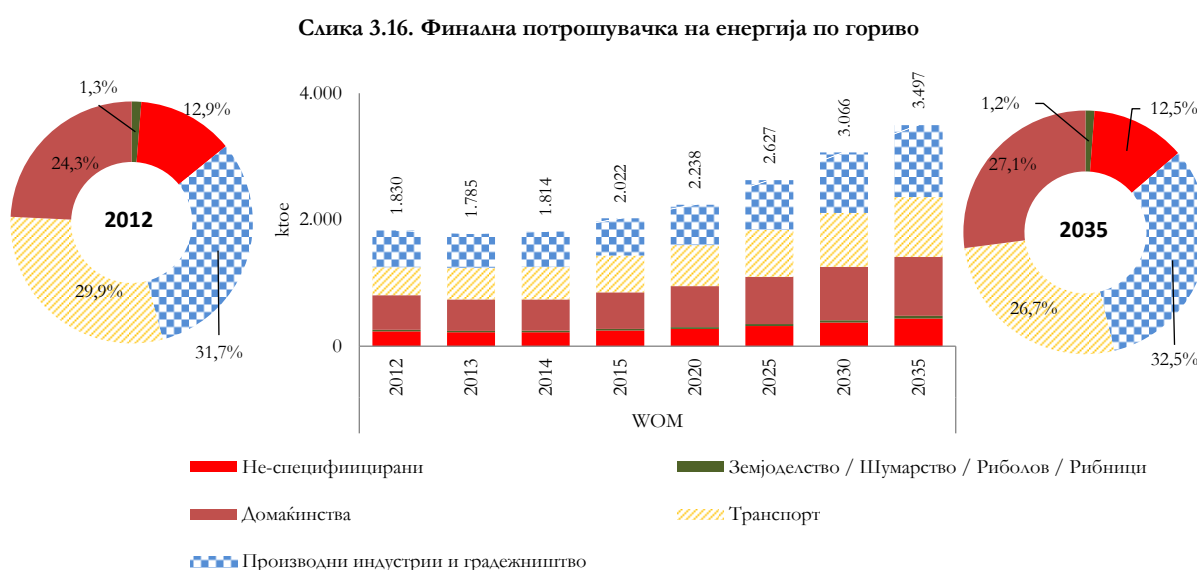
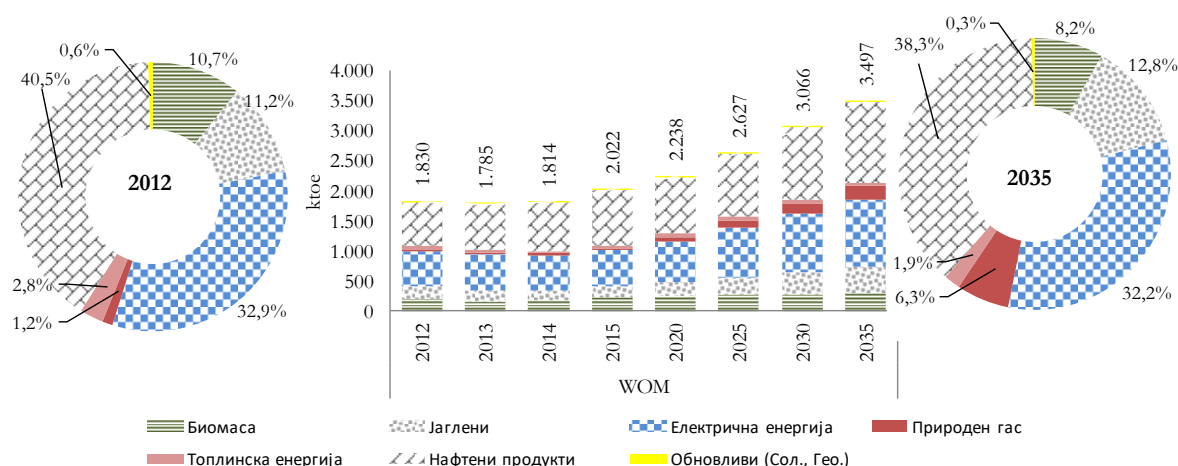
Слика 3.15. Споредба на финална потрошувачка на енергија од Билансот на ДЗС и од резултатите добиени со помош на MARKAL

3.3.1.3 Резултати

Финална потрошувачка на енергија

Базирајќи се на направените проекции за потребите од корисна енергија и имајќи ги предвид технологиите кои биле на располагање во 2012 година во Република Македонија во сите сектори на страната на потрошувачката, MARKAL моделот, врз основа на најниски трошоци, ја одредува финалната потрошувачка на енергија до 2035 година. Во основното сценарио има зголемување на финалната потрошувачка на енергија за 91% во 2035 година споредено со 2012 година, односно од 1.830 ktoe на 3.497 ktoe (слика 3.16). Просечниот годишен раст изнесува 2,9%. Природниот гас го зголемува своето учество од 1,2% во 2012 година на 6,3% во 2035 година. Намалување на учеството на биомасата за 2,5%, нафтените продукти за 2,2% и топлината за 0,9%.

Гледано по потсектори најдоминантен и во 2012 (31,7%) и во 2035 (32,5%) е потсекторот производни индустрии и градежништво (слика 3.17). Втор во 2035 година е потсекторот домаќинства кој го зголемува своето учество од 24,3% во 2012 на 27,1% во 2035, додека транспортот е трет кој го намалува своето учество од 29,9% во 2012 година на 26,7% во 2035 година.

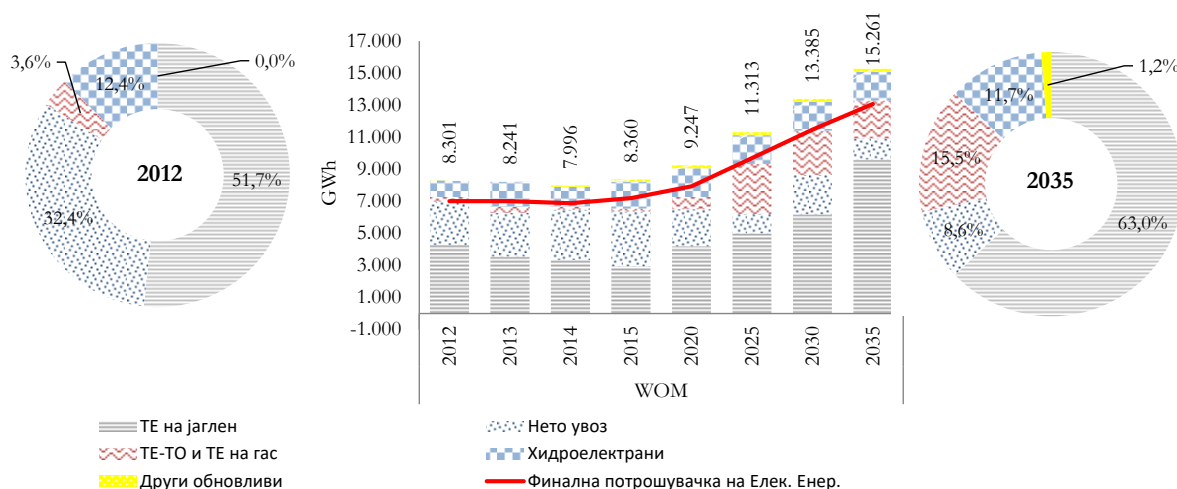


Производство на електрична енергија

Електричната енергија е од особено значење затоа што е еден од ретките енергенти кои се произведуваат во границите на Република Македонија и затоа ѝ се посветува особено внимание. Од друга страна, таа главно се произведува во термоелектрани на јаглен кои имаат големо влијание врз емисиите на стакленички гасови и со самото тоа го прават секторот Енергетика сектор со најголемо учество во емисиите на стакленички гасови во Република Македонија. Во Референтното сценарио се предвидува:

- ▶ зголемување на потрошувачката на електрична енергија од 84% во 2035 (15.261 GWh) во однос на 2012 година (8.301 GWh) (слика 3.18);
- ▶ максимално искористување на постојниот капацитет на гасоводот со што ќе се постигне зголемување на учеството во производството на електричната енергија од ТЕ и ТЕТО на гас (15,5%);
- ▶ намалување на учеството на хидроелектраните од 12,4% (2012) на 11,7% (2035) затоа што не се предвидува изградба на нови;
- ▶ покривање на останатиот дел на електрична енергија од ТЕ на јаглен кои и понатаму се најдоминантни (63%, 2035 година);

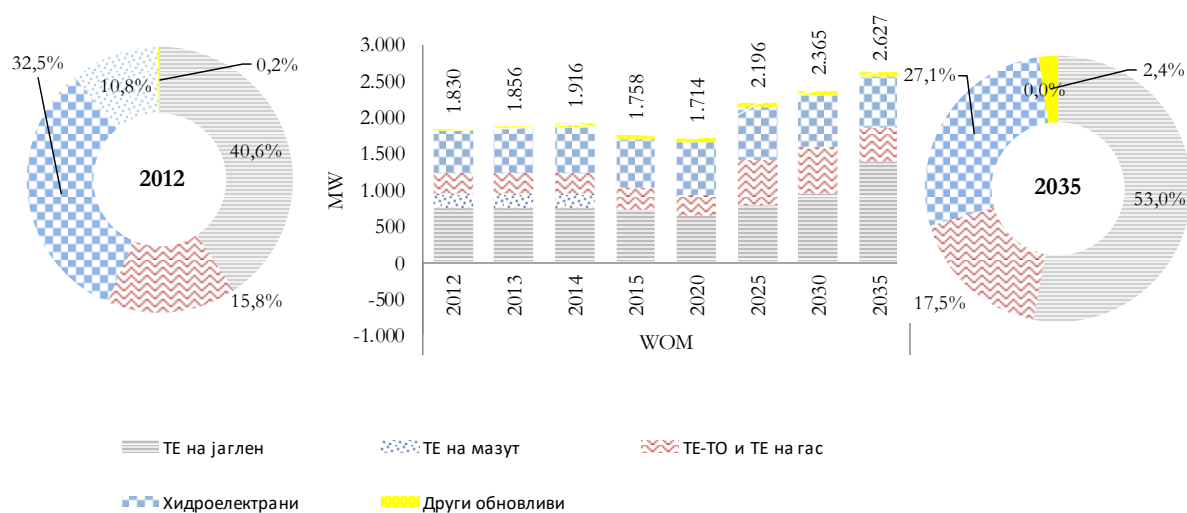
- ▶ значително намалување на увозот на електрична енергија и негово учество од 8,6% во 2035 година (32,4% во 2012 година).



Слика 3.18. Производство на електрична енергија

Во поглед на инсталиран капацитет, а со цел да се задоволат потребите од електрична енергија, резултатите добиени со помош на MARKAL моделот, укажуваат на негово зголемување од 43%, односно просечен годишен раст од 1,6% (слика 3.19). За да се постигне ова се предвидува:

- ▶ затворање на ТЕ Осломеј, нејзина целосна реконструкција и започнување со работа во 2021 година;
- ▶ изградба на ТЕ на гас од 350 MW во периодот 2020-2025 година што заедно со постојните ТЕТО на гас максимално ќе го искористат капацитетот на гасоводот;
- ▶ изградба на ТЕ на (домашен) јаглен од 300 MW во периодот 2025-2030 година;
- ▶ изградба на ТЕ на јаглен од 60 MW (домашен), 300 MW (увозен) и 600 MW (увозен) во периодот 2030-2035 година.

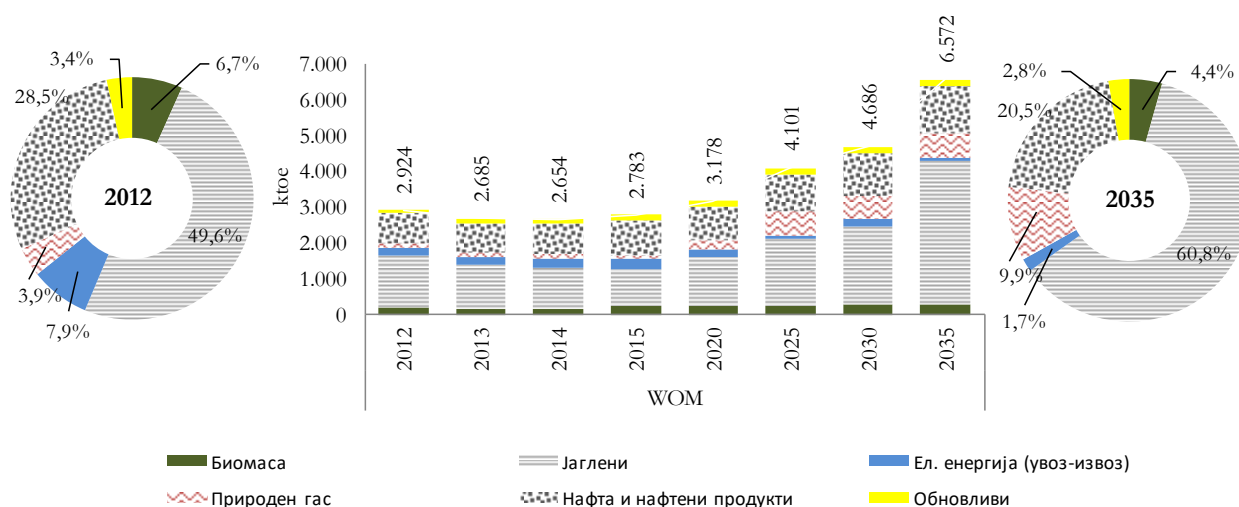


Слика 3.19. Инсталиран капацитет за производство на електрична енергија

Вкупно потребна енергија

За да се определат емисиите на стакленички гасови во Република Македонија потребно е да се знае количината на вкупно потребната енергија. Сумирајќи ги финалната потрошувачка на енергија и енергијата која е потребна за енергетски трансформации (производство на електрична и топлинска енергија) се добива количината на вкупно потребната енергија. Според направените анализи врз основа на најниски трошоци на целиот енергетски систем, за вкупно потребната енергија, се предвидува:

- зголемување за 125%, 2.924 ktce во 2012 на 6.572 ktce во 2035 година (слика 3.20),
- зголемување на учеството на јагленот на 60,8% во 2035 година (49,6%, 2012 година),
- зголемување на учеството на природниот гас на 9,9%, во 2035 година (3,9%, 2012 година), правејќи го најбрзо растечки енергент.

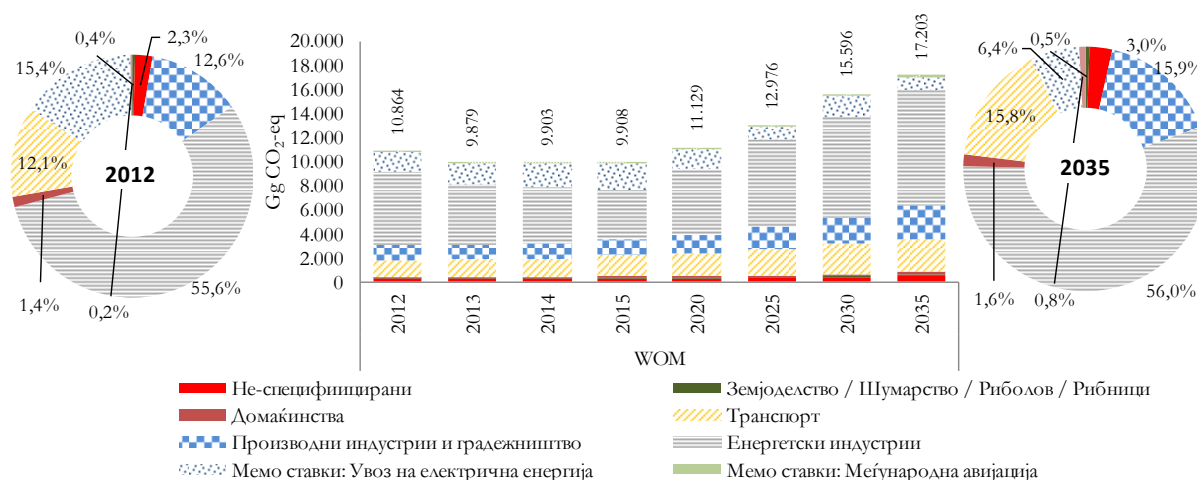


Слика 3.20. Вкупно потребна енергија

Емисии на стакленички гасови

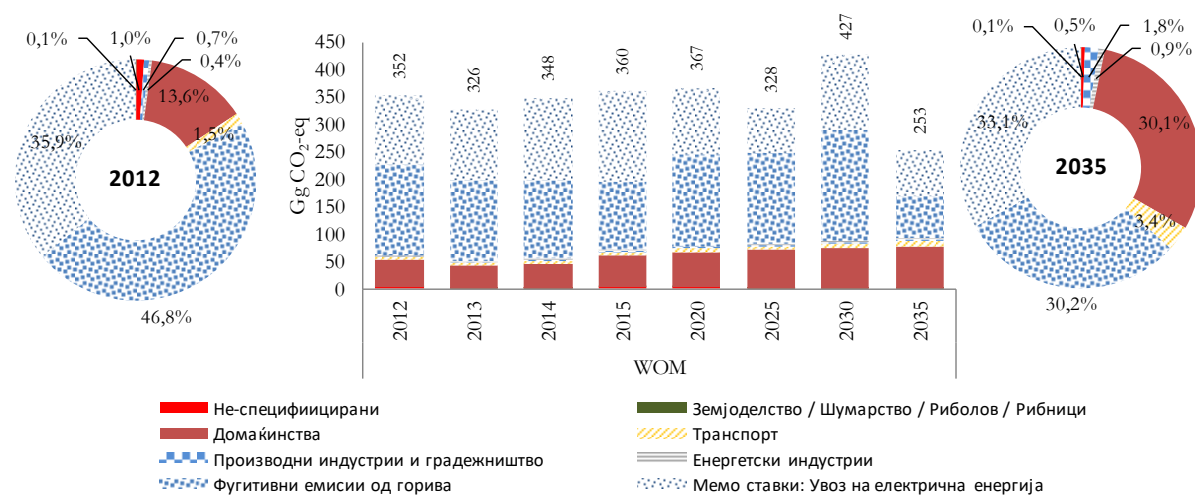
Зголемувањето на вкупната потребна енергија, особено зголеменото производство на електрична енергија од јаглен и гас придонесуваат за зголемување на емисиите на CO₂ за 58% во 2035 година во однос на 2012 година. Во Референтното сценарио се предвидува:

- зголемување на емисиите од 10.864 Gg CO₂-eq во 2012 година на 17.203 Gg CO₂-eq во 2035 (слика 3.21);
- потсектор транспорт ќе го зголеми своето учество во емисиите на CO₂-eq од 12,1% во 2012 година на 15,8% во 2035 година;
- учество на потсектор производни индустрии и градежништво од 15,9% во 2035 година (12,6%, 2012 година);
- минимално зголемување на учеството кај потсектор енергетски индустрии од 55,6% во 2012 на 56% во 2035 година;
- намалување на учеството на емисиите од увоз на електрична енергија на 6,% во 2035 година (15,4%, во 2012 година).

Слика 3.21. CO₂ емисии во секторот Енергетика по потсектори

Количината на CH₄ емисиите во секторот Енергетика во најголем дел зависи од потсекторот фугитивни емисии од горива. Емисиите од овој потсектор во 99% зависат од ископувањата на јаглен. Затоа што во 2035 година се предвидува дел од јагленот за ТЕ да се увезува, а со самото тоа да се намалат ископувањата на јаглен, се добива дека:

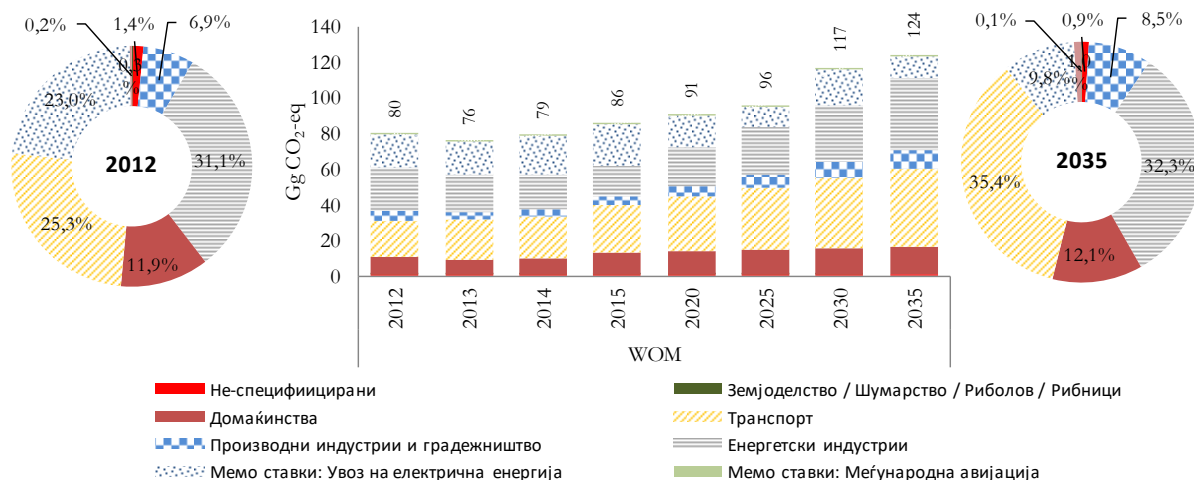
- количеството на фугитивни емисии ќе се намали од 165 Gg CO₂-eq на 77 Gg CO₂-eq (слика 3.22);
- максималните емисии на CH₄ се достигнуваат во 2030 година и тие изнесуваат 427 Gg CO₂-eq;
- зголемување на учеството на домаќинствата во фугитивните емисии од 13,6% во 2012, на 30,1% во 2035;

Слика 3.22. CH₄ емисии во секторот Енергетика по потсектори

Во Референтното сценарио за N₂O емисиите се предвидува:

- зголемување за 55%, односно од 80 Gg CO₂-eq во 2012 година на 124 Gg CO₂-eq (слика 3.23);
- потсекторот транспорт ќе го преземе приматот на најинтензивен потсектор во 2035 година со учествува од 35,4% (25,3% во 2012 година);

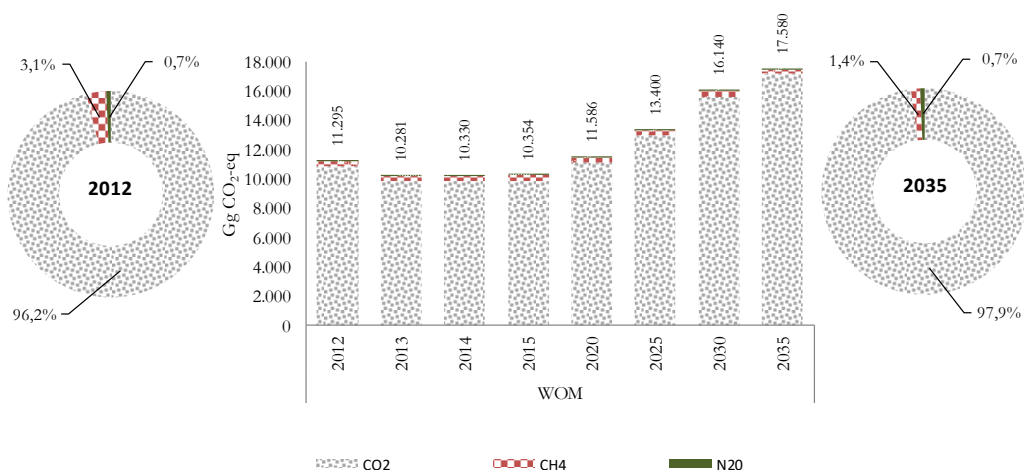
- ▶ на второ место во 2035 година е потсекторот енергетски индустрии со учество од 32,3% (31,1% во 2012 година).



Слика 3.23. N₂O емисии во секторот Енергетика по потсектори

Анализите за вкупните емисии на стакленички гасови во секторот енергетика покажуваат:

- ▶ континуиран пораст од 2020 до 2035;
- ▶ зголемување за 56% во 2035 година во однос на 2012;
- ▶ вкупно 17.580 Gg CO₂-eq во 2035 година (слика 3.24);
- ▶ учество на CO₂ емисиите во 2035 година од 97,9% (96,2% во 2012);
- ▶ учество на CH₄ емисиите во 2035 година од 1,4% (3,1% во 2012);
- ▶ N₂O во 2035 година учествува со ист процент како и во 2012 година од 0,7%.

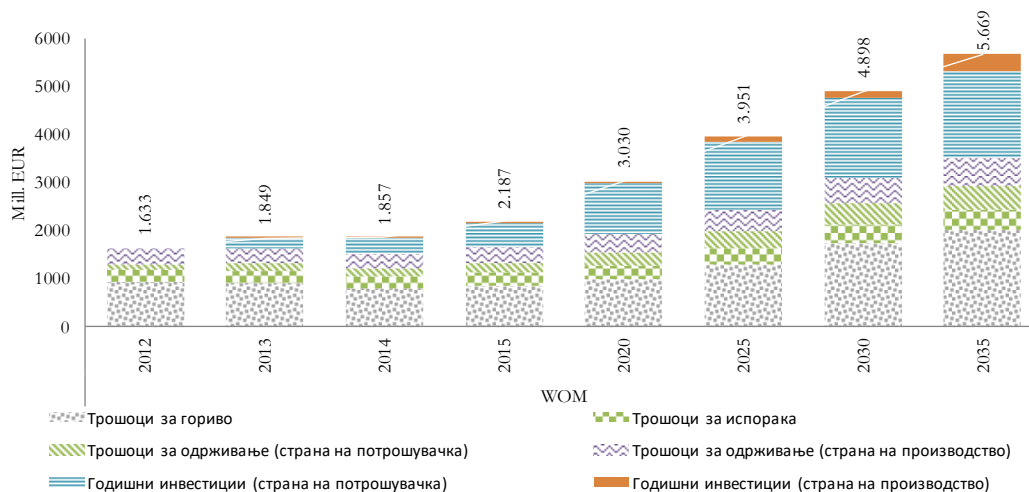


Слика 3.24. Вкупно емисии на стакленички гасови во секторот енергетика по гасови

Вкупни трошоци во секторот енергетика

Во поглед на вкупните годишни трошоци во секторот енергетика резултатите добиени од MARKAL моделот укажуваат на:

- ▶ зголемување за околу 3,5 пати и од 1.633 милиони EUR во 2012 година ќе достигнат 5.669 милиони EUR во 2035 година (слика 3.25). (Зголемувањето најмногу се должи на инвестиции во технологии на страната на потрошувачката и на страната на производство, а се со цел да се задоволат потребите од енергија);
- ▶ инвестициите на страната на потрошувачката се предвидува да достигнат 1.972 милиони EUR во 2035 година што е над 30% од вкупните трошоци.



Слика 3.25. Годишни трошоци во секторот Енергетика

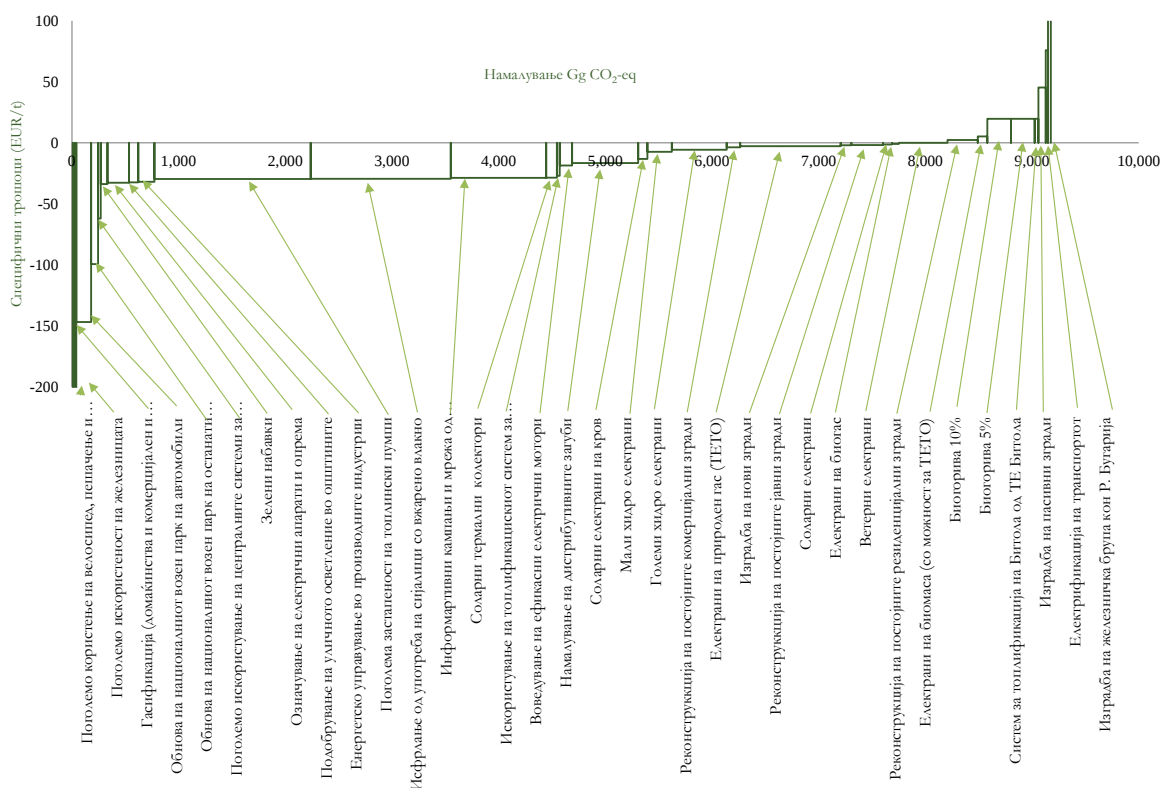
3.3.2 Оценка на политиките и мерките за ублажување

МАС кривата за разгледуваните политики и мерки за ублажување за 2030 година е прикажана на сликата 3.26. Избрана е 2030 година затоа што сите проекции на светско ниво се споредуваат со таа година (ЕУ и повеќето држави во своите Националните придонеси кон климатските промени). Во секторот енергетика, вкупните намалувања на емисии на стакленички гасови до 2030 година, кои може да се постигнат со реализација на сите политики и мерки, според претпоставената динамика изнесува повеќе околу 9.200 Gg CO₂-eq (за споредба, вкупните емисии во Референтното сценарио во 2030 година изнесуваат 16.140 Gg CO₂-eq). Речиси 90% од овие намалувања можат да се остварат со политики и мерки кои имаат негативни трошоци или таканаречени win-win мерки со чија реализација, освен намалувањето на емисии, се остваруваат и финансиски заштеди. Тоа се претежно евтини мерки со кои се менува однесувањето на корисниците и потребно е да се даде приоритет за нивна реализација.

Во однос на специфичниот трошок за ублажување на предложените политики и мерки речиси 3/4 од нив се со негативни трошоци. Меѓутоа, ако истовремено се анализираат и редукциите што се остваруваат со нив (слика 3.26), како значајни win-win опции може да се издвојат: обнова на возниот парк на автомобили и останати друмски возила, означување на електрични апарати и опрема, подобрување на уличното осветление во општините, поголема застапеност на топлински пумпи, енергетско управување во производните индустрии, исфрлање од употреба на сијалици со вжарено влакно, информативни кампањи и информативни центри за ЕЕ, соларни термални колектори, воведување на ефикасни електрични мотори, намалување на дистрибутивните загуби, фотонапонски електрани на кров и др.

Од аспект на пресметаниот потенцијал за ублажување меѓу првите пет со најголем потенцијал може да се издвојат следните мерки: поголема застапеност на топлинските

пумпи, исфрлање од употреба на светилки со вжарено влакно, општетена површина од шумски пожари, електрани на природен гас (ТЕТО), информативни кампањи и мрежа од информативни центри за ЕЕ, кои воедно имаат негативни (или многу ниски) специфични трошоци.



Слика 3.26. Крива на маргинални трошоци за ублажување за 2030 година

3.3.3 Социјални аспекти

Придонесот на политиките и мерките за ублажување кон одржливиот развој изразен преку придобивките врз животната средина и економијата би бил целосен доколку се адресираат и социјалните аспекти.

Мерките за енергетска ефикасност во потсекторите домаќинства и комерцијален и услужен сектор имаат највисок потенцијал за создавање на работни места, особено домашни работни места. Најважна мерка во оваа група е поврзана со реновирање на згради (доведување на зградите до постојните стандарди или до стандард на пасивна кука кој ќе се воведе со усвојувањето на подобрената Директива за згради) која ќе го зголеми бројот на работни места во градежниот сектор и индустриите за градежни материјали (цемент, тули и плочки, изолација, бои и друго). Од огромна важност е реновирањето на зградите да се одржува релативно константно, затоа што реновирањето на многу згради во една година и на многу малку згради следната година нема да донесе придобивки за локалната економија. Ова е резултат на тоа што на секторите им треба време да се развиваат, па големи активности во една година би барале да се донесат компании и работна сила од надвор за да се задоволи пазарот. Покрај тоа, во годините со згасната активност овој сектор ќе мора да исчезне. Според тоа, политиките и мерките мора да се смислат на начин што ќе обезбеди постојани или бавно растечки инвестиции. Свкупно, во Република Македонија, изградбата на нови згради по нов стандард за енергетска ефикасност и надградбата на стари згради може да отвори преку 4.000 нови работни места до 2035 година.

Мерката подобрувањето на осветлението се однесува на згради и на јавното осветление. Преминот кон користење на ЛЕД сијалици, кои имаат многу повисока додадена

вредност, ќе создаде работни места затоа што ќе се оформат нови продажни канали и иновативни инсталации. Се проценува дека со инвестиција од еден милион USD во овој сектор ќе се создадат 5,1 директни работни места и 4,2 индиректни работни места. Индиректните места се во индустрии и дејности кои ја снабдуваат конкретната индустрија со стоки и услуги. На пример, врз основа на набавките на производи од градежната индустрија може да се процени бројот на директни работни места во градежната индустрија како резултат на тие набавки, но и на индиректни работни места создадени во индустријата за граѓа, хардвер, камионски превоз и друго. Тие работни места ќе придонесат за креирање на дополнителни 3,7 работни места во други сектори (вработените во директните и индиректните индустрии ќе ги трошат своите заработувачки во трговија на мало, здравство, храна и друго). Со примена на оваа мерка сè вкупно 720 нови работни места може да бидат создадени до 2035 година.

Мерката поголема застапеност на топлински пумпи исто така има потенцијал за отворање на работни места во поглед на продажба, инсталирање и одржување. Се проценува дека до 2035 година оваа мерка може да отвори преку 120 нови работни места.

Работните места поврзани со „поефикасен транспорт“ е тешко да се оценат. Овие работни места главно ќе се создадат во производството на возила, кое се претпоставува дека нема да биде во Република Македонија. Од друга страна, ако започне електрификацијата на патничките автомобили, ќе се создадат работни места поврзани со полначи и паметни полначи, кои ќе се инсталираат по домовите, деловните простори и јавни паркинзи. Но, некои работни места ќе се изгубат, како на пример услугата и сервисот на бензинските станици. Работните места поврзани со премин кон јавен превоз, користење на велосипеди и пешачење и железница тешко може да се проценат. Тие треба да се поврзат со новите инвестиции во алтернативни начини на транспорт, како и одржувањето на соодветните технологии.

Инвестициите во енергетска ефикасност во индустриите исто така тешко може да се проценат затоа што се многу специфични за секоја индустрија и секој процес.

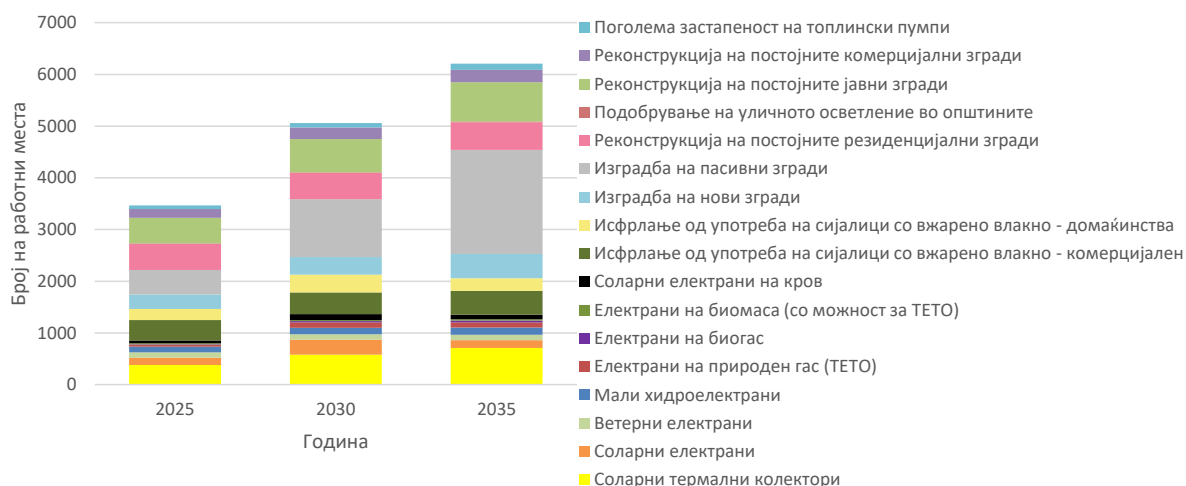
Политиките и мерките во снабдувањето со енергија вклучуваат зголемување на ефикасноста на постојните енергетски постројки, премин кон нискојаглеродни фосилни горива и кон обновливи извори на енергија за производство на електрична енергија и топлина и биогорива за транспорт.

Зголемувањето на ефикасноста на постојните енергетски постројки ќе создаде само мал број нови работни места во фазата на реконструкција, но на долг рок се очекува поголемо ниво на автоматизација, па не можат да се очекуваат многу нови работни места. Производството на електрична енергија од гас би создал нови 100 работни места во 2035 година.

Користењето на повеќе обновливи извори на енергија за производство на електрична енергија, особено фотонапонски системи, ветерот, биомасата, хидроелектраните и постројките кои користат гас од отпадот ќе отворат околу 540 работни места во 2035 година, главно во секторот со фотонапонски системи, кој е прилично интензивен од аспект на потребна работна сила, особено ако на крововите се поставуваат мали системи.

Користењето на повеќе обновливи извори на енергија за производство на топлина исто така е добра опција, како што се соларни термални системи, биомаса и топлински пумпи. Воспоставувањето на сектор со соларни термални колектори може да отвори 710 работни места во 2035 година.

Како што е покажано на сликата 3.27, преку 6.200 домашни „зелени“ работни места може да се очекуваат во 2035 година со реализација на мерки за енергетска ефикасност во згради и нискојаглеродно снабдување со енергија (обновливи извори и гас).



Слика 3.27. Домашни „зелени“ работни места

3.3.4 Сценарија за ублажување

3.3.4.1 Сценарио за ублажување (WEM)

Во однос на Референтното сценарио, во Сценариото за ублажување се вклучени 24 мерки/политики од листата на мерки дадена во претходното поглавје (Оценка на политиките и мерките за ублажување). Мерките вклучени во ова сценарио се нарекуваат постојни мерки затоа што имаат голема веројатност да се остварат, односно припаѓаат во една од следните групи:

- ▶ веќе се започнати/се планира во блиска иднина да се започнат;
- ▶ претставуваат приоритетни проекти/политики во секторските стратешки и плански документи;
- ▶ произлегуваат од веќе усвоени закони или закони кои ќе се донесат во блиска иднина.

Со самото тоа ова сценарио уште се нарекува и Сценарио со постојни мерки (With Existing Measures - WEM), а може да се нарече и основно сценарио односно сценарио кое најверојатно ќе се оствари. Во продолжение на ова поглавје, табеларно за секоја мерка/политика која што е дел од оваа сценарио прикажани се: надлежните субјекти за нивна реализација, потребните инвестиции, изворот на финансирање и индикативното намалување на CO₂ емисии. Резултатите од Сценариото за ублажување најпрво се прикажани одделно за секој потсектор (поради специфичноста на секој од потсекторите), а на крајот се прикажани збирните резултати.

Мерките/политиките за ублажување заедно со резултатите се прикажани во табелата 3.13.

Табела 3.13. Приказ на мерките/политиките вклучени во Сценариото за ублажување од секторот Енергетика

#	Политика/ мерка	Надлежен субјект за реализација	Потребни инвестиции (мил. EUR)	Извор на финансии	Индикативно намалување на емисии (Gg CO ₂ -eq)		
					2025	2030	2035
1	Намалување на дистрибутивните загуби	- Дистрибутери на електрична енергија - Дистрибутери на топлинска енергија	220,4	Дистрибутивни и компании			
2	Големи хидроелектрани	- ЕЛЕМ - Министерство за животна средина и просторно планирање - Агенција за енергетика, Министерство за економија	1152,6	ЕЛЕМ, Јавно приватно партнерство	244	514	753
3	Мали хидроелектрани	- Влада на РМ - Регулаторна комисија за енергетика - Министерство за животна средина и просторно планирање - Министерство за економија, Агенција за енергетика - Приватни инвеститори	176,5	Приватен сектор	133	229	189
4	Фотонапонски електрани	- Влада на РМ - Регулаторна комисија за енергетика - Министерство за економија, Агенција за енергетика - Приватни инвеститори	86,5	Приватен сектор	15	84	90
5	Фотонапонски електрани на кров	- Влада на РМ - Регулаторна комисија за енергетика - Министерство за економија, Агенција за енергетика - ЕВН Дистрибуција - Крајни корисници на електрична енергија	78,7	Приватен сектор	19	88	86
6	Ветерни електрани	- Влада на РМ - Регулаторна комисија за енергетика - Министерство за економија, Агенција за енергетика - ЕЛЕМ - Приватни инвеститори	332,0	ЕЛЕМ, Приватен сектор	154	456	314
7	Електрани на биогаз	- Влада на РМ - Регулаторна комисија за енергетика - Министерство за економија, Агенција за енергетика - Приватни инвеститори	60,0	Приватен сектор	23	65	71
8	Електрани на биомаса (со можност за ТЕТО)	- Влада на РМ - Регулаторна комисија за енергетика - Министерство за економија, Агенција за енергетика - Приватни инвеститори	24,9	Приватен сектор	55	90	85
9	Систем за топлофикација на	- Влада на РМ - ЕЛЕМ	50,0	ЕЛЕМ	25	36	25

#	Политика/ мерка	Надлежен субјект за реализација	Потребни инвестиции (мил. EUR)	Извор на финансии	Индикативно намалување на емисии (Gg CO ₂ -eq)		
					2025	2030	2035
	Битола од ТЕ Битола	► Министерство за економија, Агенција за енергетика					
10	Соларни термални колектори	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Крајни корисници на топлинска енергија	85,1	Приватен сектор	15	83	90
11	Означување на електрични апарати и опрема	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Производители и дистрибутери/добавувачи на енергетски производи и апарати за домаќинство ► Крајни корисници	77,5	Приватен сектор	104	202	240
12	Информативни кампањи и мрежа од информативни центри за енергетска ефикасност	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Снабдувачи со енергија ► Крајни корисници	324,8	Буџет на РМ	410	893	884
13	Реконструкција на постојните резиденцијални згради	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Донатори и финансиски институции ► Домаќинства	590,2	Приватен сектор	161	284	292
14	Реконструкција на постојните јавни згради	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Министерство за финансии ► Општинска локална самоуправа ► Јавни комунални претпријатија ► Донатори и финансиски институции	633,7	Централна власт, локални самоуправи, Град Скопје	135	296	346
15	Реконструкција на постојните комерцијални згради	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Министерство за финансии ► Сопственици на комерцијални згради	212,3	Приватен сектор	64	127	148
16	Изградба на нови згради	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Донатори и финансиски институции ► Инвеститори (домаќинства)	284,9	Приватен сектор	43	101	138
17	Подобрување на уличното осветление во општините	► Општинска локална самоуправа Министерство за економија, Агенција за енергетика	14,6	Буџет на локалните самоуправи	30	86	86
18	Енергетско управување во производните индустрии	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Приватни компании	/	Приватен сектор	52	150	199
19	Воведување на ефикасни електрични мотори	► Приватни компании Министерство за економија, Агенција за енергетика	113,6	Приватен сектор	51	117	134

#	Политика/ мерка	Надлежен субјект за реализација	Потребни инвестиции (мил. EUR)	Извор на финансии	Индикативно намалување на емисии (Gg CO ₂ -eq)		
					2025	2030	2035
20	Биогорива 5%	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Крајни корисници	/	Приватен сектор	206	221	221
21	Поголема искористеност на железницата	► Влада на РМ ► Министерство за транспорт и врски ► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► АД Македонски железници ► Крајни корисници ► Приватни компании	96,5	Буџет на РМ	10	20	26
22	Обнова на националниот возен парк на автомобили	► Влада на РМ ► Министерство за транспорт и врски ► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Крајни корисници	10.999,5	Приватен сектор	83	139	185
23	Обнова на националниот возен парк на останати друмски возила	► Влада на РМ ► Министерство за транспорт и врски ► Министерство за внатрешни работи ► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Приватни компании	1.442,6	Приватен сектор	27	65	122
24	Поголемо користење на велосипед, пешачење и воведување на политика за паркирање	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Локални самоуправи ► Крајни корисници		Приватен сектор	3	4	5
Вкупно			17.056,8				

Намалувањата на емисиите на стакленички гасови се индикативни и укажуваат на тоа колку одредена мерка/политика самостојно ќе придонесе кон ублажување на климатските промени. Како резултат на меѓусебната зависност помеѓу мерките/политиките вкупните редукции на емисиите на стакленички гасови не може да се пресмета како едноставен збир од редукциите на секоја мерка/политика поединечно. Мерки со најголем потенцијал за намалување на емисиите на стакленички гасови се Информативни кампањи и мрежа од информативни центри за енергетска ефикасност и големи хидро електрани.

Главните индикатори со чија помош може да се опише Сценариото за ублажување во секторот Енергетика се прикажани во табелата 3.14 и тие укажуваат дека просечниот годишен пораст до 2035 година изнесува:

- 2,3% на финалната енергија или вкупно зголемување за 68% во 2035 година (3.074 ktoe) во однос на 2012 година (1.830 ktoe);
- 1,6%, на потрошувачката на електрична енергија или вкупно зголемување за 45,1% во 2035 година (10.159 GWh) во однос на 2012 година (7.004 GWh);
- 2,0% на вкупниот инсталиран капацитет или зголемување за 58,3% во 2035 година (2.898 MW) во однос на 2012 (1.830 MW);

- 1,8% на вкупно потребната енергија или вкупно зголемување од 49,2% во 2035 година во однос на 2012 година;
- 0,1% на емисиите на стакленички гасови или зголемување за 2,4% во 2035 во однос на 2012 година.

Табела 3.14. Индикатори за Сценариото за ублажување

	Годишна количина				Годишна стапка на пораст (%)			Вкупен пораст (%)		
	2012	2025	2030	2035	2012/ 2025	2012/ 2030	2012/ 2035	2012/ 2025	2012/ 2030	2012/ 2035
Финална енергија (ktoe)	1.830	2.417	2.725	3.074	2,2%	2,2%	2,3%	32,1%	49,0%	68,0%
Потрошувачка на електрична енергија (GWh)	7.004	8.326	9.355	10.159	1,3%	1,6%	1,6%	18,9%	33,6%	45,1%
Производство на електрична енергија (GWh)	8.301	9.653	10.814	11.710	1,2%	1,5%	1,5%	16,3%	30,3%	41,1%
Инсталиран капацитет (GW)	1.830	2.364	2.690	2.898	2,0%	2,2%	2,0%	29,2%	47,0%	58,3%
Вкупно потребна енергија (ktoe)	2.924	3.707	4.115	4.361	1,8%	1,9%	1,8%	26,8%	40,7%	49,2%
GHG емисии (Gg CO ₂ -eq)	10.864	10.870	11.794	11.121	0,0%	0,5%	0,1%	0,1%	8,6%	2,4%

За реализација на Сценариото за ублажување во секторот Енергетика потребни се инвестициски вложувања од вкупно 17.056,8 мил. EUR, за периодот од 2017-2035 година или просечно годишно 897,7 мил. EUR. За споредба, овие инвестиции изнесуваат околу 6,75% од просечниот годишен БДП за истиот период (13.300,0 мил. EUR). Доколку се изземат инвестициите од приватниот сектор, останатите инвестиции изнесуваат 2.604,2 мил. EUR или просечно годишно 137,1 мил. EUR, (кои се однесуваат на буџетот на РМ, локалните самоуправи, Град Скопје, ЕЛЕМ). Од голема важност е да се потенцира дека овие инвестиции придонесуваат за намалување на вкупните системски трошоци (37.803 мил. EUR дисконтирани во 2012) споредено со трошоците во Референтното сценарио (39.415 мил. EUR), односно намалување за 4,1%.

3.3.4.2 Поамбициозно сценарио за ублажување (WAM)

Поамбициозното сценарио за ублажување ги вклучува сите мерки/политики од Сценариото за ублажување, но вклучува и дополнителни мерки/политики кои имаат помала веројатност да се реализираат и заради тоа уште се нарекува и Сценарио со дополнителни мерки (With Additional Measures - WAM). Ниту една од овие мерки не е во тек на реализација, туку сите имаат статус на планирани мерки. Исклучок е само мерката Изградба на железничка пруга кон Република Бугарија за која се обезбедени средства за реализација.

Во Поамбициозното сценарио за ублажување, во однос на сценариото за ублажување додадени се 11 дополнителни мерки/политики во секторот Енергетика (табела 3.15).

Табела 3.15. Приказ на мерките/политиките вклучени во Поамбициозното сценариото за ублажување од секторот Енергетика

#	Политика/ мерка	Надлежен субјект за реализација	Потребни инвестиции (мил. EUR)	Извор на финансии	Индикативно намалување на емисии (Gg CO ₂ -eq)		
					2025	2030	2035
1	Сите мерки од сценариото за ублажување		17.056,8				
2	Електрани на природен гас (ТЕТО)	▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ ЕЛЕМ ▶ ТЕТО-Скопје ▶ Останати приватни инвеститори	1.066,7	ЕЛЕМ, Јавно приватно партнерство		947	1247
3	Исфрлање од употреба на грејни тела со електрични грејачи и поголем продор на топлотни пумпи	▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ Крајни корисници	410,9	Приватен сектор	718	1465	1350
4	Изградба на пасивни згради	▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ Донатори и финансиски институции ▶ Инвеститори (домаќинства)	684,5	Приватен сектор	7	45	103
5	Исфрлање од употреба на светилки со вжарено влакно	▶ Влада на РМ ▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ Крајни корисници	839,8	Приватен сектор, буџет на РМ, буџет на локалните самоуправи	677	1314	1131
6	„Зелени набавки“	▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ Биро за јавни набавки ▶ Општинска локална самоуправа	42,4	буџет на РМ, буџет на локалните самоуправи, Град Скопје	16	64	73
7	Гасификација (домаќинства и комерцијален и услужен сектор)	▶ Влада на РМ ▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ Македонски енергетски ресурси ▶ АД ГАМА ▶ АД Струмица гас ▶ АД Куманово гас ▶ Дирекција за технолошки индустриски развојни зони ▶ Приватни инвеститори	49,5	Приватен сектор	17	17	58
8	Поголемо искористување на централните системи за греење	▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ ДООЕЛ БЕГ ▶ АД Скопје север ▶ Подружница Енергетика Скопје ▶ Приватни инвеститори	19,6	Приватен сектор	10	24	18
9	Искористување на топлофикациски-от систем за добивање на	▶ Министерство за економија, Агенција за енергетика ▶ ДООЕЛ БЕГ ▶ АД Скопје север	16,0	Приватен сектор	8	25	30

#	Политика/ мерка	Надлежен субјект за реализација	Потребни инвестиции (млн. EUR)	Извор на финанси	Индикативно намалување на емисии (Gg CO ₂ -eq)		
					2025	2030	2035
	санитарна топла вода во комбинација со соларни колектори	► Подружница Енергетика Скопје ► Приватни инвеститори					
10	Биогорива 10%	► Министерство за економија, Агенција за енергетика ► Крајни корисници на топлинска енергија	/	Приватен сектор	206	221	221
11	Изградба на железничка пруга кон Република Бугарија	► Влада на РМ ► Министерство за транспорт и врски ► Министерство за економија, Агенција за енергетика	667,3	Буџет на РМ	17	26	30
12	Електрификација на транспортот	► Влада на РМ ► Министерство за транспорт и врски	1.784,5	Приватен сектор	13,3	20,4	0
	Вкупно		22.638,0				

Главните индикатори со чија помош може да се опише Поамбициозното сценарио за ублажување се прикажани во табелата 3.16 и тие укажуваат дека просечниот годишен пораст до 2035 година е:

- 2,0% на финалната енергија или вкупно зголемување за 57,3% во 2035 година (2.879 ktoe) во однос на 2012 година (1.830 ktoe);
- 1,1%, на потрошувачката на електрична енергија или вкупно зголемување за 30,1% во 2035 година (9.110 GWh) во однос на 2012 година (7.004 GWh);
- 1,7% на вкупниот инсталиран капацитет или зголемување за 46,1% во 2035 година (2.674 MW) во однос на 2012 година (1.830 MW);
- 1,0% на вкупно потребната енергија или вкупно зголемување од 25,7% во 2035 година во однос на 2012 година;
- -1,2% на GHG емисиите или намалување за 24,4% во 2035 година во однос на 2012 година.

За реализација на Поамбициозното сценарио за ублажување потребни се инвестициски вложувања од вкупно 22.638,0 млн. EUR, за периодот од 2017-2035 година или просечно годишно 1.191,5 млн. EUR. За споредба, овие инвестиции изнесуваат околу 8,96% од просечниот годишен БДП за истиот период (13.300,0 млн. EUR). Доколку се изземат инвестициите од приватниот сектор, останатите инвестиции изнесуваат 5.220,4 млн. EUR или просечно годишно 274,8 млн. EUR, (кои се однесуваат на буџетот на РМ, локалните самоуправи, Град Скопје, ЕЛЕМ и јавно приватно партнерство). Од голема важност е да се потенцира дека овие инвестиции придонесуваат за намалување на вкупните системски трошоци (37.045 млн. EUR дисконтирани во 2012 година) споредено со трошоците во Референтното сценарио (39.415 млн. EUR), односно намалување за 6%.

Табела 3.16. Индикатори за Поамбициозното сценариото за ублажување

	Годишна количина				Годишна стапка на пораст (%)			Вкупен пораст (%)		
	2012	2025	2030	2035	2012/ 2025	2012/ 2030	2012/ 2035	2012/ 2025	2012/ 2030	2012/ 2035
<i>Финална енергија (ktoe)</i>	1.830	2.296	2.553	2.879	1,8%	1,9%	2,0%	25,5%	39,5%	57,3%
<i>Потрошувачка на електрична енергија (GWh)</i>	7.004	7.248	8.213	9.110	0,3%	0,9%	1,1%	3,5%	17,3%	30,1%
<i>Производство на електрична енергија (GWh)</i>	8.301	8.352	9.436	10.442	0,0%	0,7%	1,0%	0,6%	13,7%	25,8%
<i>Инсталиран капацитет (GW)</i>	1.830	2.225	2.486	2.674	1,5%	1,7%	1,7%	21,6%	35,8%	46,1%
<i>Вкупно потребна енергија (ktoe)</i>	2.924	3.388	3.837	3.675	1,1%	1,5%	1,0%	15,9%	31,2%	25,7%
<i>GHG емисии (Gg CO₂-eq)</i>	10.864	10.488	11.542	8.539	-0,6%	0,1%	-1,2%	-7,1%	2,2%	-24,4%

3.3.5 Споредбена анализа на сценаријата

Основните принципи на одржливиот развој се вградени во двете сценарија за ублажување на климатските промени, меѓутоа за да се согледа пореално ситуацијата со развојот на Република Македонија во поглед на одржлив развој потребно е да се пресметаат и одредени индикатори.

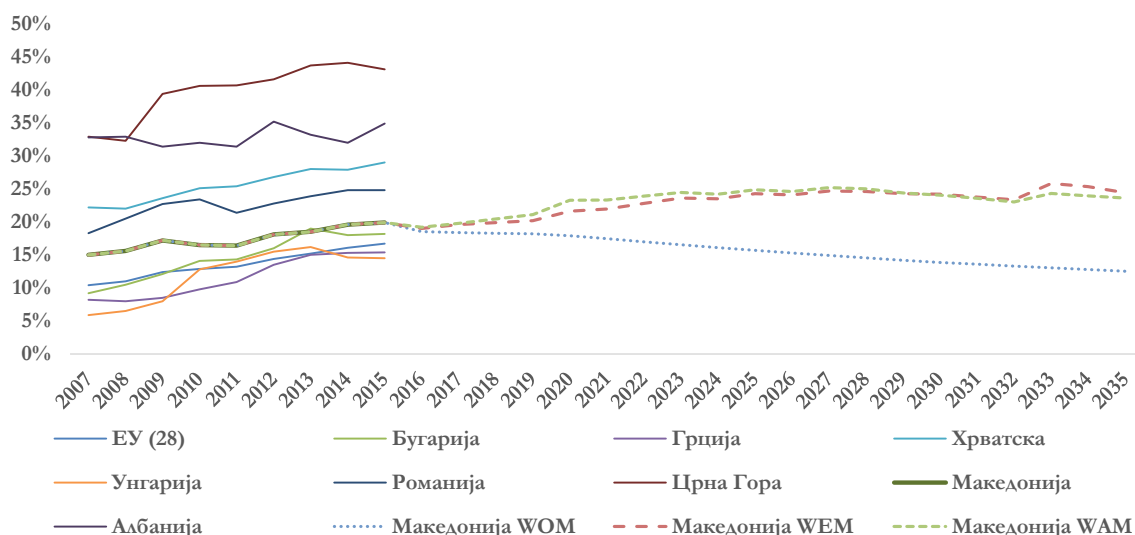
Стратегијата за одржлив развој на Европската унија (EU SDS) ги препознава климатските промени како закана и во делот Климатски промени и енергетика, преку неколку индикатори, го изразува напредокот на ЕУ на краткорочен и долгорочен план во насока на ублажување на климатските промени. Од друга страна, Обединетите Нации (ОН) имаат креирано друга група на индикатори за одржлив развој. И покрај сличноста на овие две групи на индикатори, сепак, тие се разликуваат и затоа во овој труд развојот на Република Македонија е согледан и преку двете групи. За индикаторите кои се креирани од страна на Европската Унија, во овој труд е направена споредба на Република Македонија со земјите од Југоисточна Европа и ЕУ28. Споредбата со други држави е значајна затоа што може да се види дали прогнозите направени во овој докторски труд се реални и каде би била Република Македонија во 2035 година. Овие индикатори се анализирани само за секторот Енергетика, како сектор со најголемо учество во емисии на стакленички гасови во Република Македонија.

3.3.5.1 ЕУ индикатори за одржлив развој - енергетика

Во овој дел направена е споредба со земјите членки на Европската унија (ЕУ28) и со земјите од Југоисточна Европа, по следните индикатори:

- учество на обновливите извори на енергија во бруто финалната потрошувачка;
- електричната енергија произведена од ОИЕ;
- увозна зависност;
- учество на обновливи извори на енергија во финалната потрошувачка во транспортот;
- емисии на стакленички гасови по вкупно потребна енергија.

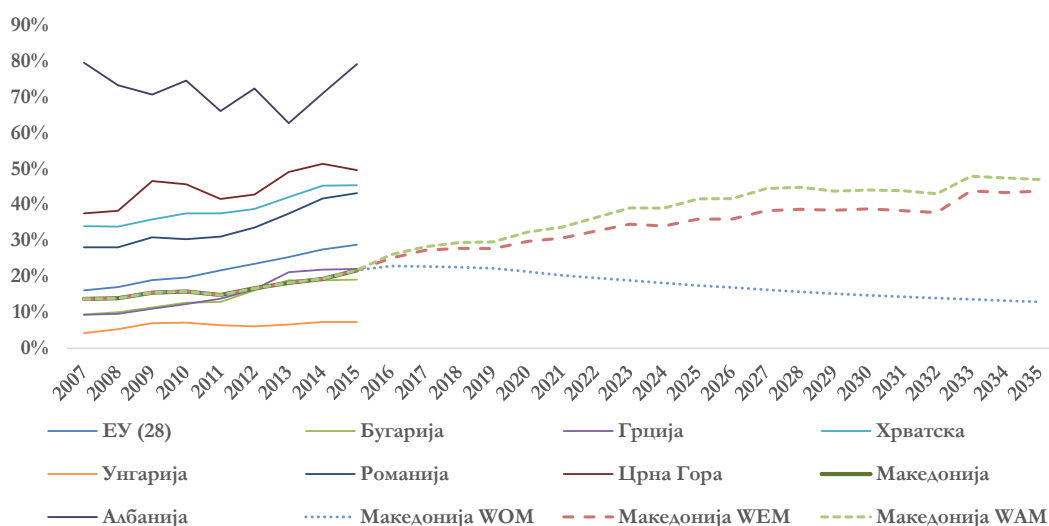
На сликата 3.28 е прикажано учеството на обновливите извори на енергија во бруто финалната потрошувачка, индикатор со кој се изразува колкав дел од потребите на енергија се обезбедува од ветерната енергија, сончева енергија, биомаса и геотермална енергија. Во Република Македонија ова учество се зголемило од 15% во 2007 на околу 20% во 2016, и може да се каже дека го следи трендот на ЕУ28, каде од 11% во 2007 овој индикатор се зголемил на 17% во 2015. Споредено со земјите во регионот, во последните години Република Македонија е речиси на исто ниво како Бугарија. Најголемо учество се забележува во Црна Гора (43% во 2015) и Албанија (33%), по кои следат Хрватска (29%) и Романија (25%). Анализирајќи ги сценаријата за понатамошен развој во Република Македонија, со WOM сценариото овој индикатор се предвидува да се намали во разгледуваниот период, затоа што речиси и да нема нови инсталирани капацитети од обновливи извори на енергија, а од друга страна се зголемува бруто финалната потрошувачка на енергија. Во сценаријата за ублажување WEM и WAM, каде се предвидуваат и мерки за изградба на нови капацитети од ОИЕ овој индикатор ќе продолжи да го следи досегашниот тренд на зголемување, и после 2025 година учеството на ОИЕ се очекува да се движи во границите од 24% до 26%.



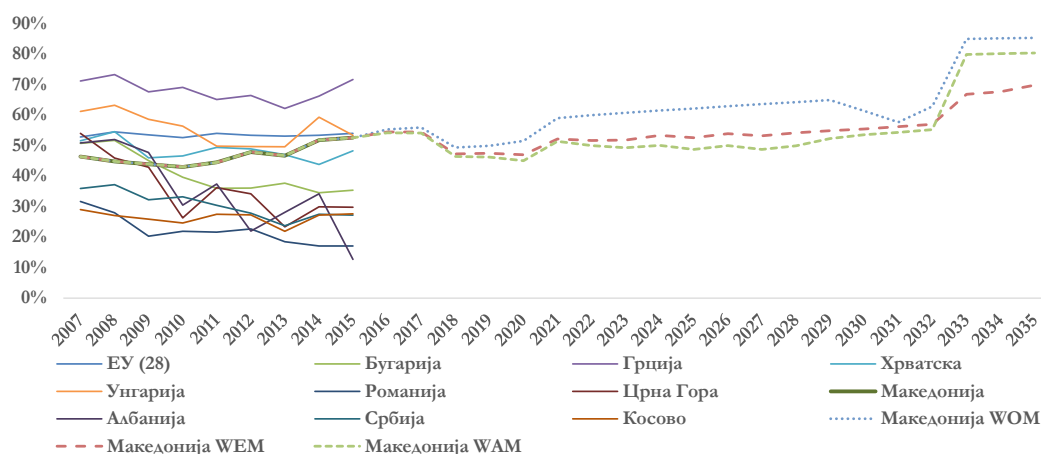
Слика 3.28. Учество на обновливите извори на енергија во бруто финалната потрошувачка

Зголемувањето на учеството на ОИЕ, особено за производството на електрична енергија, е евидентирано во Стратегијата за одржлив развој и во Директивата 2009/28 [151] за промовирање на користењето на енергија од обновливи извори како цел на ЕУ во насока на намалување на емисиите на стакленички гасови и увозната зависност од енергија. Анализирајќи го производство на електрична енергија од ОИЕ како удел во вкупното (бруто) производство на електрична енергија (слика 3.29), може да се забележи дека Република Македонија го зголемува учеството од 14% во 2007 на 22% во 2015, меѓутоа е под просекот на ЕУ28 каде ОИЕ во 2015 учествуваат со 29% во производството на електрична енергија. Од земјите во регионот далеку најголемо производство на електрична енергија од ОИЕ има Албанија (79%), каде доминираат хидроелектраните, па следат Црна Гора (50%), Хрватска (45%) и Романија (43%). Според WOM сценариото за Република Македонија, овој индикатор има тренд на намалување после 2020 година, пред сè поради зголеменото производство на електрична енергија од фосилни горива и не градењето на капацитети на обновливи извори. Меѓутоа, со мерките за зголемување на учеството на ОИЕ анализирани во сценаријата за ублажување, овој индикатор ќе се го продолжи тренд на зголемување достигнувајќи 44% во WEM сценариото и 47% во WAM сценариото (на ниво како што е Црна Гора и Хрватска во 2015 година).

Друг индикатор кој се разгледува е увозната зависност, изразена како однос помеѓу нето увозот и вкупната потребна енергија. Со овој индикатор всушност се опишува до кој степен економија на една земја се потпира на увозот за да ги задоволи сопствените потреби од енергија. Во последните години во Република Македонија овој индикатор се движи во границите од 40% - 50%, достигнувајќи 53% во 2015 година, и на исто ниво како ЕУ (28) и Хрватска (слика 3.30). Според тоа, може да се каже дека Република Македонија сè уште е увозна зависна земја споредено со другите земји од регионот, каде што може да се забележи тренд на опаѓање на овој индикатор. Највисока вредност за овој индикатор од земјите во регионот има Грција (околу 70%), додека во земјите кај кои има поголемо искористување на ОИЕ, како Албанија и Црна Гора, овој индикатор е под 20%. Во WOM сценариото за енергетика се очекува увозната зависност да се зголеми речиси за 10 процентни единици до 2029 година, а после 2032 година со затворање на поголемите производни капацитети кои користат домашни ресурси и отворање на нови капацитети кои ќе работат на енергенти од увоз се очекува зголемување од дополнителни 20 процентни единици. Во сценаријата за ублажување, со воведување на мерките за енергетска ефикасност, со кои се намалуваат потребите од енергија, како и со зголеменото учество на ОИЕ, овој индикатор ќе се движи во границите како и до сега (од 45% - 55%), сè до 2033 година каде се забележува одредено зголемување за 17 процентни единици во WEM сценариото, односно 28 процентни единици во WAM сценариото, од истите причини како во Референтното сценариото.

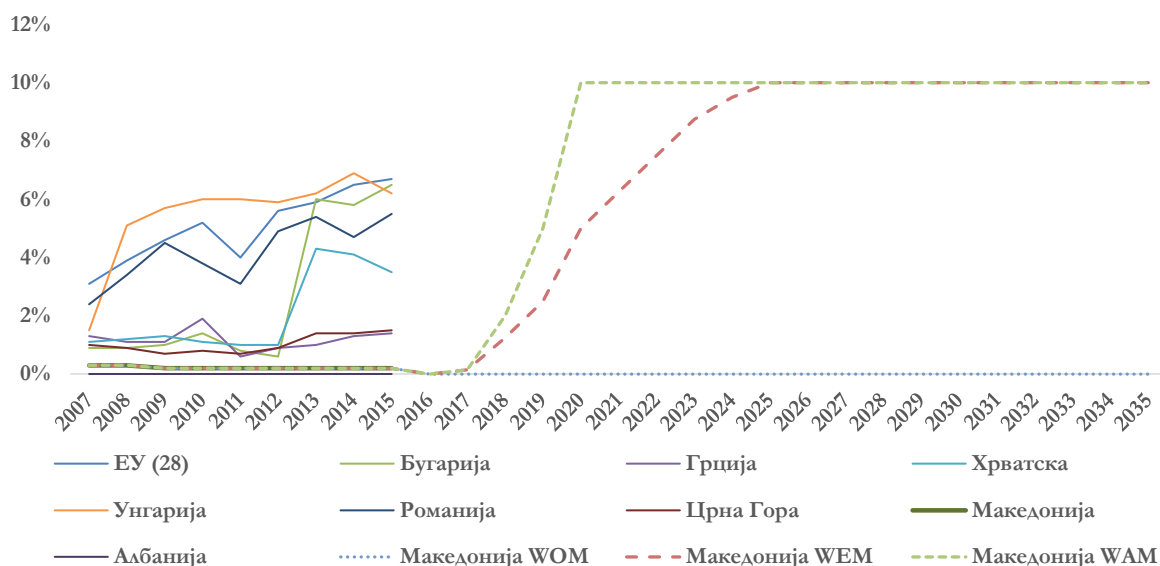


Слика 3.29. Електрична енергија произведена од обновливи извори на енергија



Слика 3.30. Увозна зависност

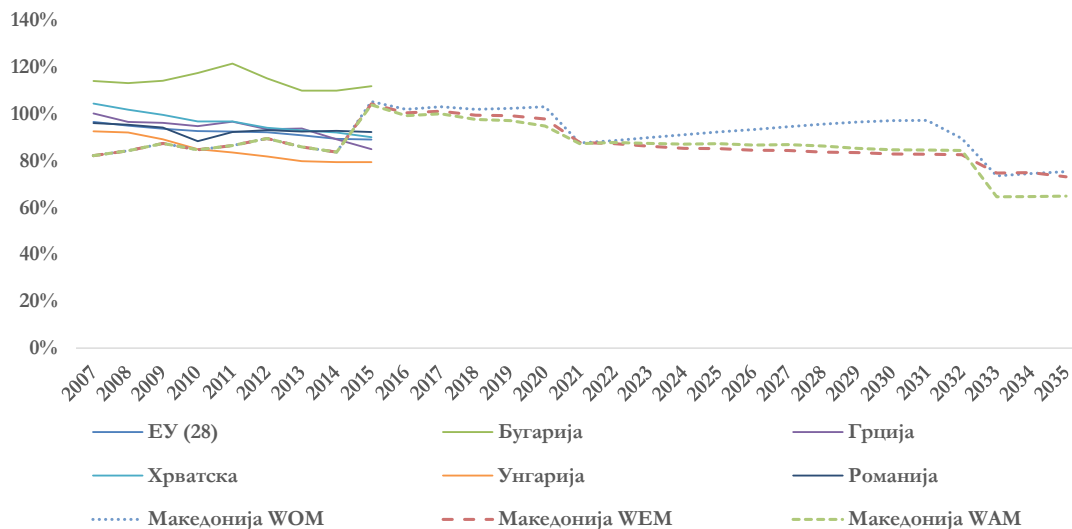
Учеството на обновливите извори (како биогорива и електрична енергија од ОИЕ) во финалната потрошувачка во транспортот е исто така една од целите на ЕУ, согласно Директивата 2009/28 за промовирање на користењето на енергија од обновливи извори, каде е усвоено учеството на ОИЕ во финалната до 2020 година да биде 10%. Стратегијата за одржлив развој на ЕУ, исто така го зема предвид и ова учество како еден од индикаторите во областа Климатски промени и енергија. Овој индикатор забележува растечки тренд во ЕУ(28) како и во земјите од регионот, особено после 2012 година (слика 3.31). Во Република Македонија е на многу ниско ниво, под 1%, и во WOM сценариото се претпоставува дека во разгледуваниот период ќе се намалува. Согласно националните стратешки документи се планира транспонирање на Директивата за промовирање на користењето на енергија од обновливи извори во националното законодавство притоа во WEM сценариото се претпоставува одложување на делот од Директивата кој се однесува на биогоривата до 2025 година, односно учество од 5% на биогоривата во 2020 година и 10% во 2025 година, процент кој се задржува до 2035 година. Додека, во WAM сценариото се претпоставува дека Директивата ќе се спроведе до 2020 година, односно учество од 10% на биогоривата во 2020 година, процент кој се задржува до 2035 година. Порастот којшто се предвидува за Република Македонија во периодот од 2018 до 2020 година е остварлив и слични порасты имало кај некои од анализираниите држави (како на пример Бугарија и Хрватска).



Слика 3.31. Учество на обновливи извори на енергија во финалната потрошувачка во транспортот

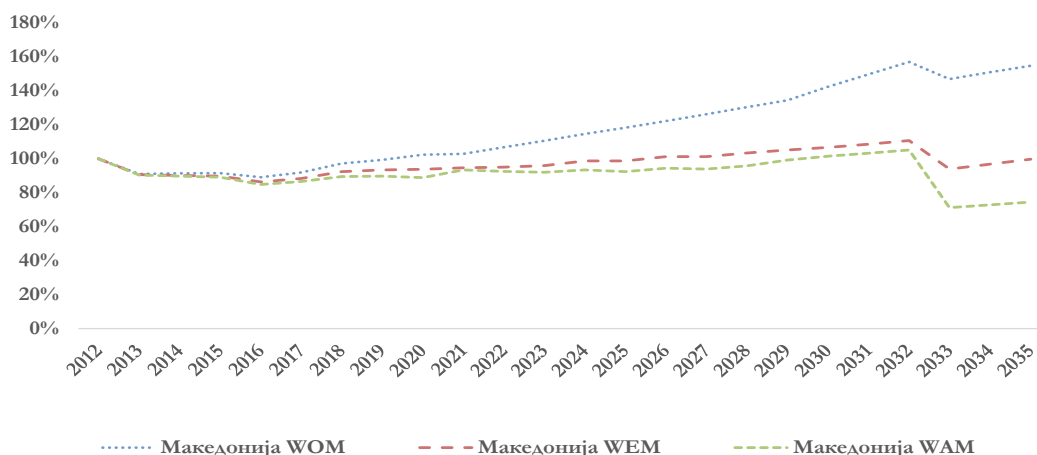
Од аспект на климатските промени, важен индикатор се емисиите на стакленички гасови по вкупно потребна енергија, со кој се следи до кој степен нискојаглеродните горива, како природниот гас и ОИЕ, ги заменуваат високојаглеродните горива, како лигнитот и другите јаглени, во производството и потрошувачката на енергија. Од споредбата со земјите на ЕУ и соседните земји (слика 3.32) може да се заклучи дека во Република Македонија емисиите на стакленички гасови по потрошена енергија се на ниско ниво. Изразен како индекс во однос на 2000 година (2000=100%), вредноста за овој индикатор во изминатите години се движи во границите меѓу 80% - 90%. За земјите од ЕУ овој индикатор се движи во границите од 90%-100%. Како што може да се забележи на сликата 3.32 во 2015 година, Република Македонија има пораст за околу 20 проценти единици. Ова е резултат на тоа што од 2015 до 2035 година во емисиите на стакленички гасови за Република Македонија вклучени се и емисиите од увозот на електрична енергија од причините кои се објаснети во поглавјето „Референтно сценарио“ дел „Емисионен фактор на увезената електрична енергија“. И покрај тоа што има зголемување на потребите од енергија кои во WOM сценариото се задоволуваат претежно од фосилни горива, се предвидува овој индикатор да

се намали и во 2035 година да изнесува 75% односно 25% пониско во однос на емисиите во 2000 година. Во сценаријата за ублажување, како резултат на мерките за енергетска ефикасност порастот на потрошувачката на енергија се очекува да биде поблаг во однос на WOM сценариото, а воедно, со замената на лигнитот со природен гас и со поголемото искористување на ОИЕ, овој индикатор се очекува да достигне 65% во WAM сценариото што значи 35% помалку емисии во однос на 2000 година.



Слика 3.32. Емисии на стакленички гасови по вкупно потребна енергија, 2000=100

Кога ќе се споредат емисиите на стакленички гасови (вклучително и емисиите од увоз на електрична енергија) за сите сценарија, изразени преку индекс во однос на 2012 година (слика 3.33), за разгледуваниот период до 2035 година во Референтното сценарио (WOM) се очекува зголемување на емисиите за 50 процентни единици, пред сè поради користење на фосилните горива за енергетски потреби, додека во сценариото за ублажување емисиите ќе се на приближно исто ниво како и до сега, односно во границите од 87% - 110%. Во поамбициозното сценарио се нешто пониски, помеѓу 85% - 107%, до 2032 година, а од 2033 се забележува намалување и до 72%, што се должи на затворање на ТЕ Битола и отворање на ТЕ и ТЕТО на гас, наместо ТЕ на јаглен каков што е случајот во WOM сценариото.



Слика 3.33. Споредба на емисиите на стакленички гасови во Референтното сценарио, Сценариото за ублажување и Поамбициозното сценарио за ублажување, 2012=100

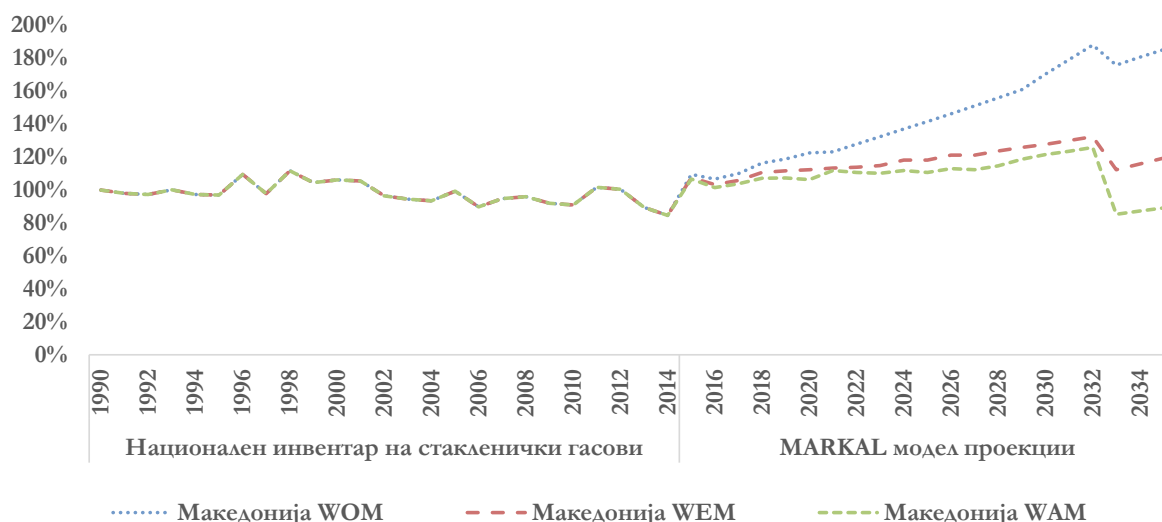
3.3.5.2 Индикатори за одржлив развој според Обединети нации- енергетика

Со оглед на тоа дека енергетскиот сектор е најголем извор на емисии на стакленички гасови во табелата 3.17 сумирани се неколку клучни индикатори за овој сектор според Целите за одржлив развој (Sustainable Development Goals –SDG), за трите анализирани сценарија. Она што може да се заклучи е дека во сценаријата за ублажување на климатските промени поголем дел од финалната енергија (околу 23%) ќе се добива од обновливите извори, за разлика од WOM сценарио каде нивното учество е околу 17% во 2025, 14% во 2030 и 13% во 2035. Друг индикатор е енергетската интензивност, изразена како однос меѓу вкупната потребна енергија и БДП, со кој се изразува до кој степен економијата на една земја успеала да ја раздвои потрошувачката на енергија од економскиот раст. Република Македонија е земја со висока енергетска интензивност (околу 0,4 kgoe/EUR во 2015 година), близу четири пати поголема од просекот на европските развиени земји (околу 0,1 kgoe/EUR во 2015 година). Во WOM сценариото и покрај тоа што има тренд на намалување на енергетската интензивност, сепак, таа останува на високо ниво и во 2035 година е 3 пати поголема од просекот на ЕУ во 2015 година. Во сценаријата за ублажување постои тренд на намалување на енергетската интензивност и приближување кон просекот на ЕУ. Така, во WAM сценариото овој индикатор достигнува вредност која е 80% поголема од просекот на ЕУ, односно е на ниво на Словенија во 2013 година.

Табела 3.17. Индикатори за одржлив развој (SDG)

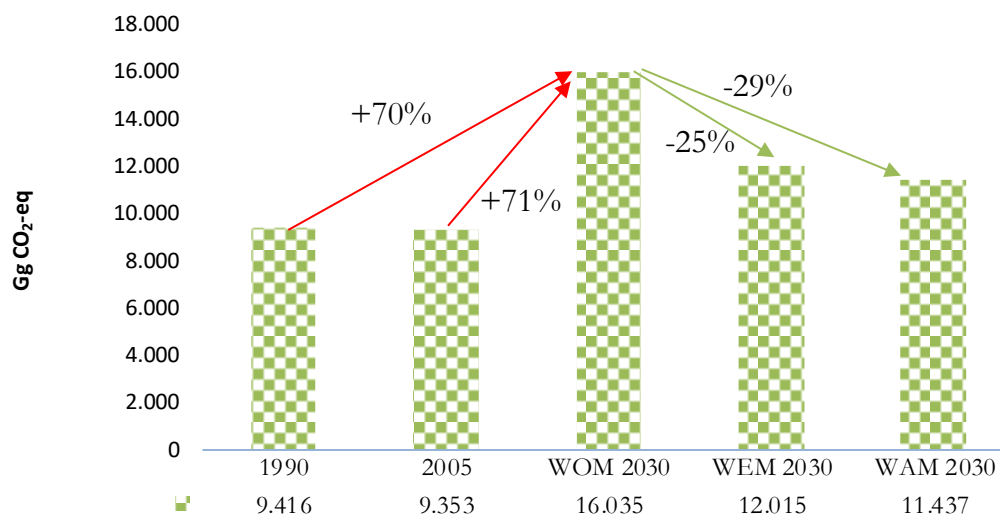
	Референтно сценарио			Сценарио за ублажување			Поамбициозно сценарио за ублажување		
	2025	2030	2035	2025	2030	2035	2025	2030	2035
Дел од населението со пристап до електрична енергија	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Учество на обновливите извори на енергија во финалната потрошувачка на енергија	16,8%	14,8%	13,4%	23,1%	23,1%	23,3%	23,5%	22,8%	22,4%
Енергетска интензивност - вкупно потребна енергија по БДП (kgoe/EUR)	0,32	0,29	0,33	0,29	0,25	0,22	0,27	0,24	0,18

На сликата 3.34 е прикажан историски преглед на емисиите на стакленички гасови (од секторот Енергетика) од 1990 година според националниот инвентар и споредба на проекциите на емисии според трите разгледувани сценарија, изразени преку индекс во однос на 1990 година. Како што може да се забележи на сликата 3.34 во 2015 година, Република Македонија има пораст за околу 25 проценти единици. Ова е резултат на тоа што од 2015 до 2035 година во емисиите на стакленички гасови за Република Македонија вклучени се и емисиите од увозот на електрична енергија од причините кои се објаснети во поглавјето „Референтно сценарио“ дел „Емисионен фактор на увезената електрична енергија“. Па така, доколку не се преземат мерки, според Референтното сценарио емисиите би се зголемиле дури за 90 процентни единици. Со имплементација на предложените мерки за ублажување растот на емисиите ќе се ублажи и во однос на 1990 година емисиите би се зголемиле за околу 21 процентни единици. Доколку се оди со имплементирање на мерките од Поамбициозното сценарио за ублажување, тогаш има намалување на емисиите на стакленички гасови за околу 10% во 2035 година споредено со емисиите на стакленички гасови во 1990 година.



Слика 3.34. Споредба на Референтното сценарио, Сценариото за ублажување и Поамбициозното сценарио за ублажување и историските емисии на стакленички гасови, 1990=100

Анализирајќи ги емисиите на стакленички гасови само од секторот Енергетика, со Референтно сценарио емисиите во 2030 година би изнесувале 16.035 Gg CO₂-eq, што значи пораст од 70% во однос на 1990 година, односно 71% во однос на 2005 (слика 3.35). Според сценариото со мерки за ублажување (WEM) емисиите од енергетскиот сектор би се намалиле за 25%. Доколку се применат и дополнителни мерки тогаш намалувањето би било 29%.

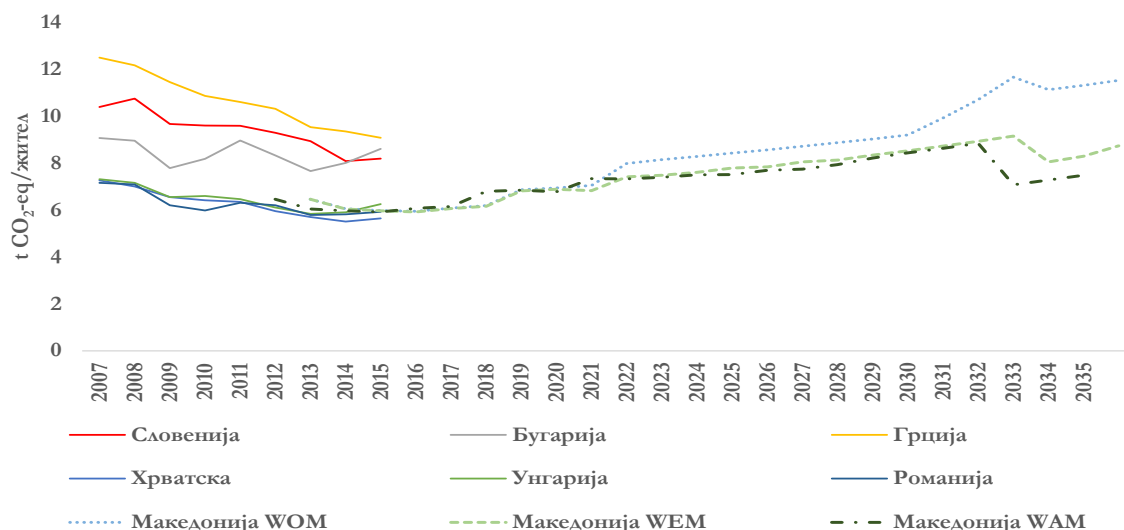


Слика 3.35. Споредба на емисиите на стакленички гасови од секторот Енергетика во 1990 и 2005 со емисиите во 2030 во WOM, WEM и WAM сценаријата

3.3.5.3 Емисии на стакленички гасови по жител

На ниво на Европска Унија постои уште еден индикатор со кој се следи трендот на емисиите на стакленички гасови од речиси сите сектори според IPCC методологијата, а тоа е индикаторот за емисии на стакленички гасови по жител (t CO₂-eq/жител). При пресметувањето на овој индикатор се изземаат емисиите од Шумарство и користење на земјиште. За да може да се направи споредба на развојот на Република Македонија со EU28 и земјите од Југоисточна Европа од вкупните емисии за секое сценарио поединечно одземени се емисиите од секторот Шумарство и користење на земјиште и поделени се со

прогнозите за вкупниот број на жители. Според овој индикатор се добива дека Република Македонија и во трите сценарија ќе има нагорен тренд, со тоа што во WAM сценариото во 2035 година вредноста на овој индикатор ќе биде зголемена за 16%. Тоа значи дека секој жител на Република Македонија во 2035 година ќе создава 7,5 t CO₂-eq, а во 2012 создавал 6,5 t CO₂-eq. Според овие прогнози во 2035 година Република Македонија ќе биде некаде помеѓу ЕУ28 (8,75 t CO₂-eq/жител) и Унгарија (6,25 t CO₂-eq/жител) во 2015 година (слика 3.36).



Слика 3.36. Емисии на стакленички гасови по жител

3.4 Синергија помеѓу транспорт, ОИЕ и климатски промени

Транспортот е една од потсекторите во кој во последните години се забележува најголем растечки тренд на потрошувачката на енергија, а со самото тоа и раст на емисиите на стакленички гасови. Намалувањето на емисиите на стакленички гасови во транспортот, истовремено задоволувајќи ја мобилноста во истиот, бара насочување кон нискојаглеродни горива, напредни технологии и промени во однесувањето на возачите. Ова е еден робустен пристап за исполнување на долгорочните цели за намалување на емисиите на стакленички гасови со минимизирање на економските трошоци. На пример, во САД, се проценува дека за да се постигне намалување на емисиите на стакленички гасови од 30% во 2050 година споредено со нивото од 1990 година, потребно е да се стави крај на увозот на нафта [152]. Анализите направени за патниот сообраќај во Австралија покажуваат дека овој потсектор е доста значаен и потребно е значително намалување на неговата јаглеродна интензивност се со цел да се постигне намалување на емисиите на стакленички гасови за 20% во 2020 и 80% во 2050 година во однос на нивото на емисии во 2000 година [153].

Иако целосната замена на фосилните горива од страна на биогоривата се смета за неостварлива, модерните биогорива може да имаат клучна улога за да се исполнат долгорочните цели во поглед на намалување на емисиите на стакленички гасови и да ја водат транзицијата од фосилно општество кон одржливо општество [154]. Ограничени со регионалната достапност на биомаса со ниска цена, биогоривата може да бидат значајни за исполнување на целите за климатската политика [155]. Освен тоа, во овој труд е покажано дека со ефикасна диверзификација, CO₂ емисиите можат да се намалат на речиси 58% во однос на сценарио со 100% фосилни горива. Развојот на биогоривата кој не се базира на храна или целулоза (втора генерација) може да понуди подобра иднина, но сепак, тие се натпреваруваат со снабдувањето со храна преку користење на земјиштето и моментално се ограничени со голем број технички и економски бариери [156].

Во контекст на земјите во развој, замената на бензин со биоетанол во комбинација со воведувањето на хибридни, флексибилни горива (анг. flex fuel) и возила со горивни ќелии е анализирана за градското подрачје во Мексико Сити во периодот помеѓу 2000 и 2030 година [157]. Еволуцијата на кинеското патничко возило помеѓу 2010 и 2050 година, како и ефектите од продорот на хибридни возила, хибридни електрични возила со приклучок и електрично возило со батерии, во насока на намалување емисиите на стакленички гасови, се обработени во [158]. Со цел да се илустрираат идните предизвици на земјите во развој како резултат на зголемувањето на бројот на патничките автомобили, развојот на возниот парк во Колумбија од 2010 до 2050 година е проучен во [159], притоа земајќи ги во предвид моторните возила со внатрешно согорување, електричните возила со батерии и хибридни електрични возила со горивни ќелии како алтернативи возила. Заеднички за сите овие студии е нивниот фокус на воведување на напредни возила во возниот парк на патничките автомобили, без да се земе предвид зголемувањето на возниот парк со користени возила, што за некои земји во развој е реална опција поради владините политика за овозможување увоз на користени возила.

Во овој докторски труд одржливиот развој на потсекторот транспорт се анализира со помош на две методологии. Првата методологија е поопшта и дава генерални насоки за развојот на потсекторот транспорт, а втората е детална и овозможува да се одреди како со помош на финансиски механизми да се постигне одржлив развој. Дополнително втората методологија овозможува да се процени синергијата помеѓу овој потсектор и електричната енергија произведена од обновливите извори, со што може да се пресмета директниот и индиректниот потенцијал кој го има овој потсектор за ублажување на климатските промени. Во првата методологија е искористен моделот GACMO, додека втората методологија претставува поврзување на MARKAL-Македонија моделот со EnergyPLAN моделот.

3.4.1 Состојба на потсекторот транспорт во Република Македонија

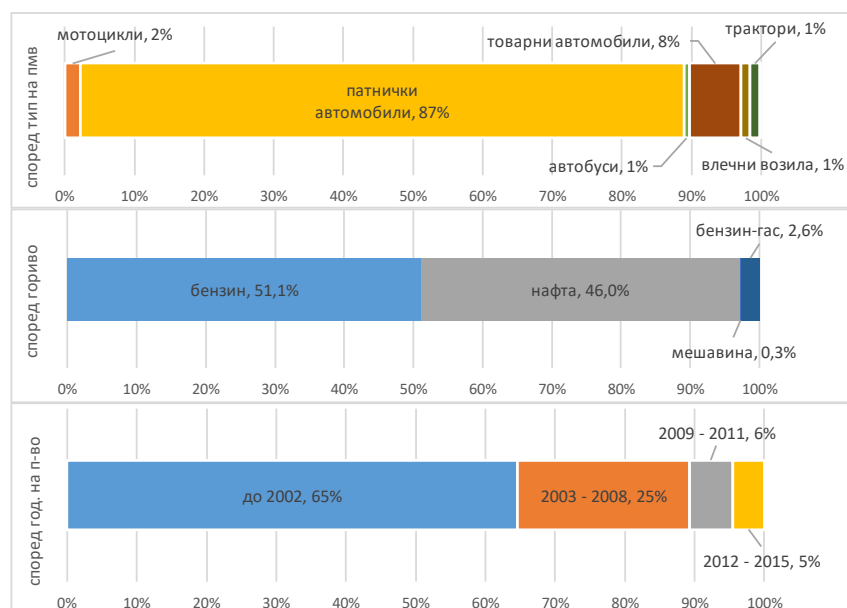
За да може да се направат веродостојни проекции во потсекторот транспорт во една држава потребно е да се познава неговиот историскиот развој во таа државата. Од тие причини во продолжение е прикажан развојот на потсекторот транспорт во Република Македонија. Имено, во Република Македонија во секторот Енергетика, уделот на транспортот во финалната потрошувачка на енергија се зголемил од 24% во 2012 на 32,5% во 2015 година. Од трите категории во потсекторот транспорт (патен, железнички и воздушен сообраќај), во финалната потрошувачка на енергија најдоминантен е патниот сообраќај, со 97% учество.

Распределбата на патничките моторни возила според типот на возило, според горивото што го користат и според годината на производство, согласно статистичката евиденција во 2015 година за Република Македонија е прикажана на сликата 3.37. Може да се забележи дека најголем удел во патничките моторни возила имаат патничките автомобили - 87%. Во однос на типот на гориво кое се користи, најдоминантни се бензинот (51%) и дизелот за транспорт (46%). Дополнително, може да се забележи дека 65% од возилата во Република Македонија се постари од 2002 година.

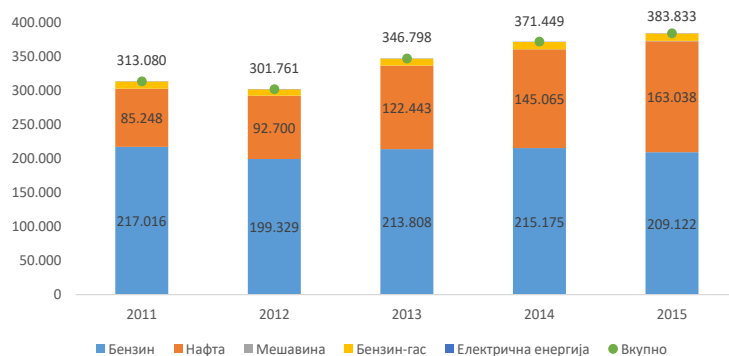
Интересен е и податокот што во периодот од 2011 до 2015 година бројот на патнички автомобили во Република Македонија е зголемен за 22,5% (слика 3.38) што најмногу се должи на дозволеният увоз на половни возила.

Цената на најдоминантните горива коишто се користат во транспортот во Република Македонија за периодот од 2011 до 2015 година се прикажани на сликата 3.39. Може да се забележи дека и моторните бензини и дизел горивото следат иста шема (заснована во главно на цената на суровата нафта на светскиот пазар), со тоа што дизел горивото има значајно пониска цена од моторниот бензин. Имено, дизел горивото е во

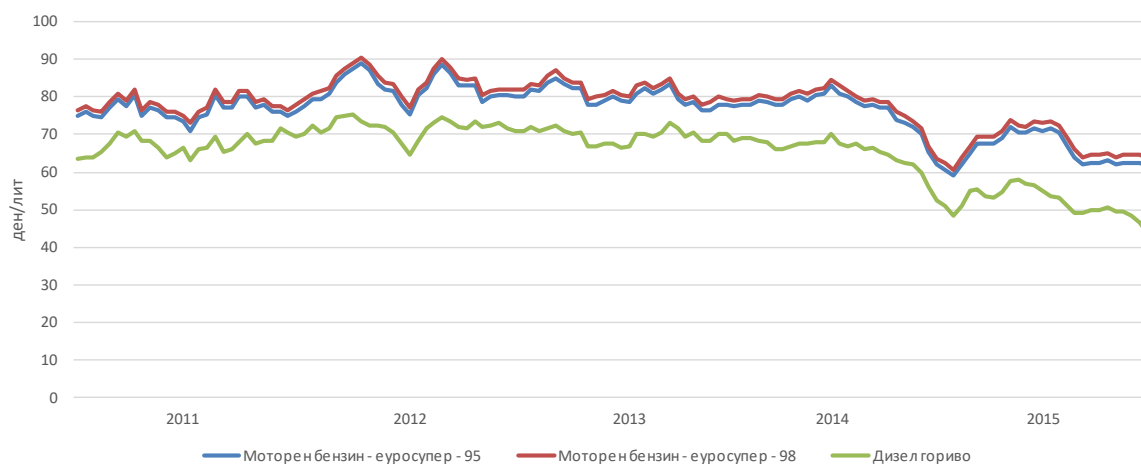
главно за 15% поевтин од моторниот бензин – еуросупер 98, со пораст на оваа разликата при крајот на 2015 година, достигнувајќи и 30% поевтина цена.



Слика 3.37. Распределба на патничките моторни возила според типот, горивото што го користат и годината на производство, евидентирани на крајот од 2015 година



Слика 3.38. Број на патнички автомобили во Република Македонија



Слика 3.39. Највисоките малопродажни цени на одделни нафтени продукти во Република Македонија

Соодветно на потрошувачката на горива, транспортот учествува со 13% во вкупните национални емисии на стакленички гасови во 2014 година, а со 20,5% во емисии од секторот Енергетика. Во последните години се забележува растечки тренд на емисиите од овој потсектор, па така во 2014 година емисиите се за 3,6% поголеми во однос 2013 и за 16,4% поголеми споредено со 2012 година. Со оглед на тоа што патниот транспорт е најголем извор на емисии на стакленички гасови (речиси 99%) во потсекторот транспорт, затоа и мерките и политиките за намалување на емисиите во главно треба да се насочени кон овој вид на транспорт.

3.4.2 Потенцијал за ублажување на климатските промени во транспортот во Република Македонија

Главната цел на овој дел од докторскиот труд е да се прилагоди аналитичка рамка за проценка на потенцијалот за ублажување на климатските промени во потсекторот транспорт во земјите во развој, каде што флотата е релативно стара и се очекува да се зголеми значително во блиска иднина со користени возила. За таа цел, моделот за пресметување на стакленички гасови од „оддолу-нагоре“ (GASMO) е прилагоден за потсекторот транспорт. Заедно со резултатите од приоритизацијата на стратегиите за ублажување, дадени се и политички препораки кои треба да придонесат кон формулирање на мудри и добро засновани политики во потсекторот транспорт, одразувајќи ја и заложбата за ублажување на климатските промени.

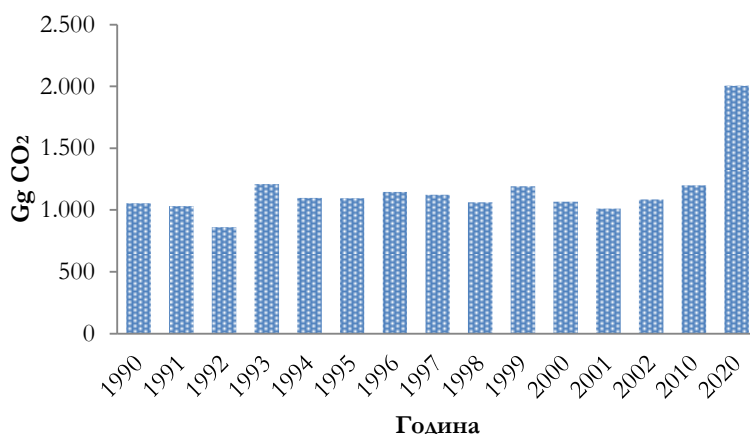
За да може да се направи споредба на тоа како одредени мерки ќе влијаат на намалувањето на емисиите на стакленички гасови, најпрво креирано е референтно сценарио во кое како основа се користат податоците од Стратегијата за развој на енергетиката до 2030 година. Проекциите за 2020 година од Стратегијата, се прилагодени да одговараат на ново настанатата состојба со увозот на половни возила од кои најголемиот дел се дизел возила.

Следејќи ги трендовите и статистичките податоци по 2010 година, ревидирана е и проекцијата од Стратегијата за годишната стапка за подобрување на ефикасноста на возила од 1,4% на помалку од 1,1%. Соодветните проекции за економичност на горивото се дадени во табелата 3.18. Според тоа, потрошувачката на дизел во 2020 година се предвидува да изнесува 427 ktOE, бензин 207 ktOE и LPG 18 ktOE.

Табела 3.18. Ефикасност на возилата [l/100km]

Година/ возила	Моторен бензин	Дизел	Моторен бензин -ТНГ	Моторен бензин-ТНГ (ТНГ примарно)	Дизел теплки товарни возила	Мопеди на моторен бензин
2010	8,3	7,5	8	10	35	4,7
2020	7,4	6,7	7	8,9	27,4	3,8

Земајќи ги предвид овие бројки и емисионите фактори за секој тип на гориво, пресметани се CO₂ емисиите, кои во 2020 година, се предвидува да изнесуваат 2 GgCO₂, што е речиси двојно во споредба со емисиите од 1990 до 2010 година (слика 3.40).

Слика 3.40. Емисии на CO₂ – референтно сценарио

3.4.2.1 Мерки/политики за ублажување на климатските промени

Во овој докторски труд, потенцијалот за намалување на емисиите на стакленички гасови во националниот транспортен сектор се анализира преку комбинација на мерки кои се дел од стратегии за ублажување:

- подобрување на возниот парк;
- воведување на горива со ниска ниво на јаглерод;
- подобрување на однесувањето во патувањето;
- унапредување на опремата во возила;
- подобрување на однесувањето на возачот.

Подобрување на возниот парк

Главната претпоставка за оваа стратегија за ублажување е дека сопствениците на возила произведени пред 2000 година ќе ги заменат до 2020 година. Ова е во согласност со заклучокот дека од енергетска гледна точка, просечно возило што се користи во ЕУ не ја оправдува неговата промена се додека не достигне старост од 20 години [160]. Поради релативно нискиот животен стандард и политиката на Владата на Република Македонија со која се овозможи увоз на користени возила, купување на користени возила постана секојдневие. Разгледаните категории на возила според оваа стратегија за ублажување се следниве:

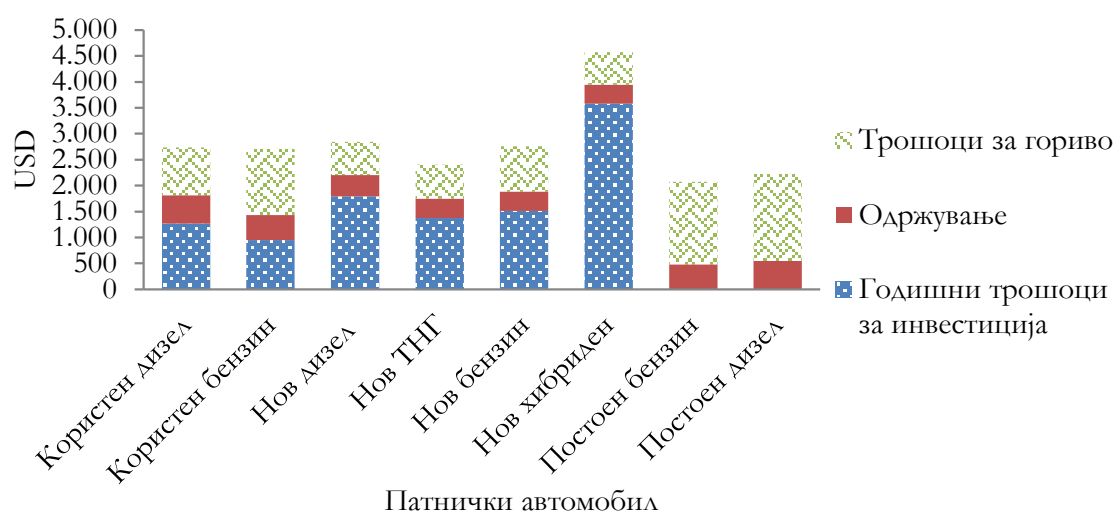
- стар автомобил – автомобил (бензин, дизел или ТНГ) произведен пред 2008 година со стандардна технологија (Euro 1, Euro 2, Euro 3 и Euro 4 до 2008)
- нов автомобил – сосема нов или користен автомобил (бензин, дизел или ТНГ) произведен по 2008 година од средната класа со напредна технологија (Euro 4 (2008), Euro 5 и Euro 6)
- употребуван автобус – автобус стар од 4 до 5 години, но со напредна технологија (Евро 4)
- нов автобус - напредна технологија (Euro 5 и Euro 6).

Податоците за сите категории на возила се прикажани во табелата 3.19.

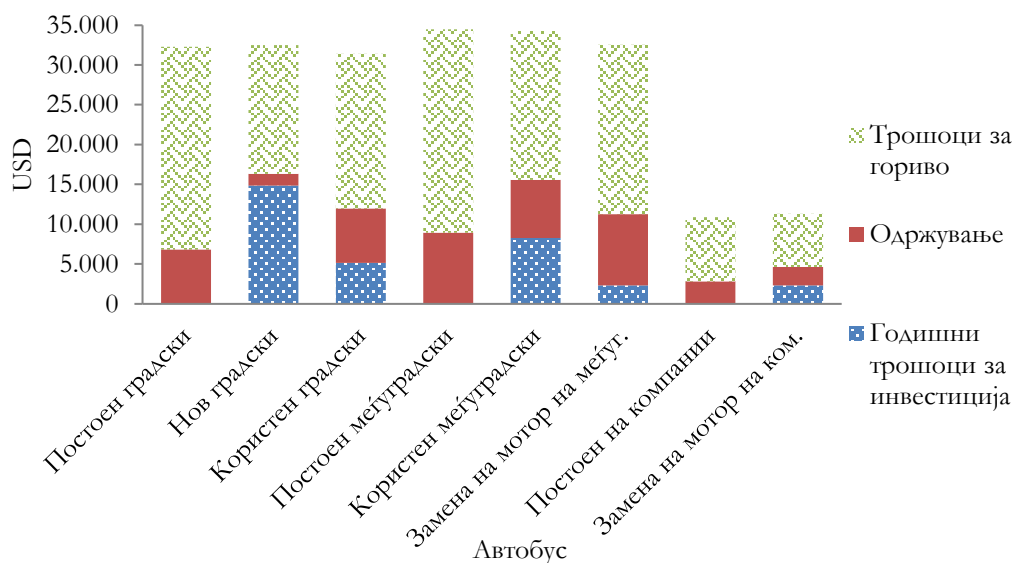
Табела 3.19. Влезни податоци за автомобили и автобуси

Категорија на возило		просечно km	просечна потрошувачка (литри/100 km)	Емисии (g/km)	Животен циклус (години)	Инвестиција (USD)
Постојно возило	бензин	9.000	10	228		
	дизел	9.000	8	214		
Користено возило	бензин	9.000	8	183	5	4.011
	дизел	9.000	6.5	187	5	5.348
Ново возило	бензин	9.000	5.5	126	15	14.707
	дизел	9.000	4.5	120	15	17.380
	ТНГ	9.000	7	112	15	13.370
	хибрид	9.000	3.9	89	15	34.761
Пос. град. автобуси	дизел	41.072	39.3	1052		
Кор. град. автобуси	дизел	41.072	30	803	15	50.000
Нови град. автобуси	дизел	41.072	25	669	20	170.000
Пос. меѓура. автобуси	дизел	53.948	30	803		
Кор. меѓугр. автобуси	дизел	53.948	22	589	15	80.217
Пос. меѓугр. автоб. со нов мотор	дизел	53.948	25	669	10	17.000
Пос. Автоб на компан.	дизел	17.000	30	803		
Пос. автоб на комп. со нов мотор	дизел	17.000	25	669	10	17.000

Годишните трошоци за гориво, годишното работење и трошоците за одржување (регистрација, осигурување, годишна услуга и резервни делови) и ниво на инвестиции се дадени на сликите 3.41 и 3.42.



Слика 3.41. Годишни трошоци по тип на патнички автомобил



Слика 3.42. Годишни трошоци по тип на автобус

Студијата [161] покажа дека влијанието на неизвесноста врз видот на гориво кое што се користи во транспортниот сектор и емисиите на стакленички гасови е значајно и треба да се земат предвид кога се анализира иднината на возниот парк за да може да се креираат поробусни политики, со оглед на несигурностите кои постојат во реалниот свет во поглед на развојот на технологијата и однесувањето на пазарот.

Во македонски услови, основните претпоставките за возниот парк се следните:

- тековните трендови на купување, кои се во корист на дизел автомобили поради нивната помала потрошувачка на гориво;
- нов пазар за ТНГ автомобили како поевтина опција;
- сегашниот тренд во земјата за замена на старите градски автобус со нови автобуси (јавено претпријатие), како и замена на старите градски автобус со понови автобуси (приватен сектор);
- автобусите на компанијата (што се користат за транспорт на работодавачи) да бидат заменети со користени автобуси или нивните мотори да бидат заменети со дизел мотори со подобри перформанси. Замената со нови автобуси не е економски оправдана поради нискиот број на km што ги поминуваат автобусите на компаниите.

Претпоставки за 2020 година:

- 4.500 дизел автомобили на годишно ниво да бидат заменети со нови дизел автомобили;
- 6.000 бензински автомобили на годишно ниво да бидат заменети со нови дизел автомобили;
- 7.000 бензински автомобили на годишно ниво да бидат заменети со нови бензински автомобили;
- 500 бензински автомобили на годишно ниво да бидат заменети со хибридни автомобили;
- 2.000 бензински автомобили на годишно ниво да бидат заменети со нови автомобили на ЛПГ;
- 1.500 дизел автомобили на годишно ниво да бидат заменети со нови автомобили на ЛПГ;
- 10 градски автобуси на годишно ниво да бидат заменети со нови;
- 35 автобуси на годишно ниво да бидат заменети со користени автобуси;

- 20 меѓуградски автобуси на годишно ниво да бидат заменети со користени автобуси;
- 25 дизел мотори на меѓуградски автобуси на годишно ниво да бидат заменети со дизел мотори со подобри перформанси;
- 30 дизел мотори од автобусите на компанијата на годишно ниво да бидат заменети со дизел мотори со подобри перформанси.

Воведување на горива со ниска содржина на јаглерод

Дизел гориво може да се замени со воведување на биодизел, додека во случај на бензин, биогоривото е етанол. Република Македонија како земја кандидат за членство во ЕУ, во согласност со Директивата за обновливи извори на енергија (2009/28/ЕС), треба да достигне 10% застапеност на обновливи извори на енергија во транспортот до 2020.

Претпоставка за 2020 година е дека ќе се воведат 10% учество на биодизел односно етанол во вкупната потрошувачка на дизел односно моторен бензин.

Подобрување на однесувањето на патувањето

Разгледаните мерки во оваа стратегија за ублажување вклучуваат употреба на јавен превоз (наместо приватни автомобили) и одење или возење велосипед наместо возење по кратки растојанија.

Во првата мерка се претпоставува дека едно лице дневно поминува 10 km до и од работа, или годишно поминува 2.000 km (200 работни денови x 10 km). Вкупните годишни трошоци ако се користи приватен автомобил би изнесувале 544 USD (280 USD за трошоците за гориво и 264 USD за паркирање). Ако се користи јавен автобус, вкупните годишни трошоци се 217 USD (40 билети за 10 возења x 5,4 USD) за автобуски билети. Годишната заштеда би изнесувала 327 USD.

Во втората мерка се претпоставува дека наместо автомобил за кратко растојание (2 km), лицето би одело пеш или со велосипед. Годишната заштеда е 72 USD (главно заштеди на трошоците за гориво). Оваа мерка е повеќе применлива во малите градови каде што луѓето го користат својот автомобил за кратки растојанија. Претпоставените стапки на продор на овие мерки во 2020 година се базираат на анализите на статистички податоци [162].

Претпоставка за 2020 година:

- бројот на лица кои користат јавен превоз ќе се зголеми за 40.000 и
- бројот на луѓе кои пешачат или користат велосипед наместо патнички автомобил на кратки растојанија ќе се зголемат за 30.000.

Унапредување на опремата за возила

Разгледаните мерки во рамките на оваа стратегија за ублажување вклучуваат користење на лубрикант со ниска вискозност наместо конвенционален лубрикант и користење на гуми со низок отпор на триење наместо конвенционалните гуми. Напредната опрема за возилото ја намалува потрошувачката на гориво за 1,6% во случај на гуми со мал отпор на триење и за 4,6% во случај на масло за низок вискозитет.

Претпоставените стапки на продор за овие мерки во 2020 година се засноваат на анализите на статистички и царински податоци и истражувања на пазарот за гуми и масла.

Претпоставка за 2020 година:

- 300.000 автомобили ќе користат гуми со мал отпор и
- 300.000 возила ќе користат лубрикант со низок вискозитет.

Подобрување на однесувањето на возачот

Оваа стратегија вклучува кампањи за подигнување на свеста насочени кон подобрување на однесувањето на возачот кое значително влијае врз потрошувачката на

горивото. Кампањите треба да допрат до возачите и притоа да им се укажат следните работи:

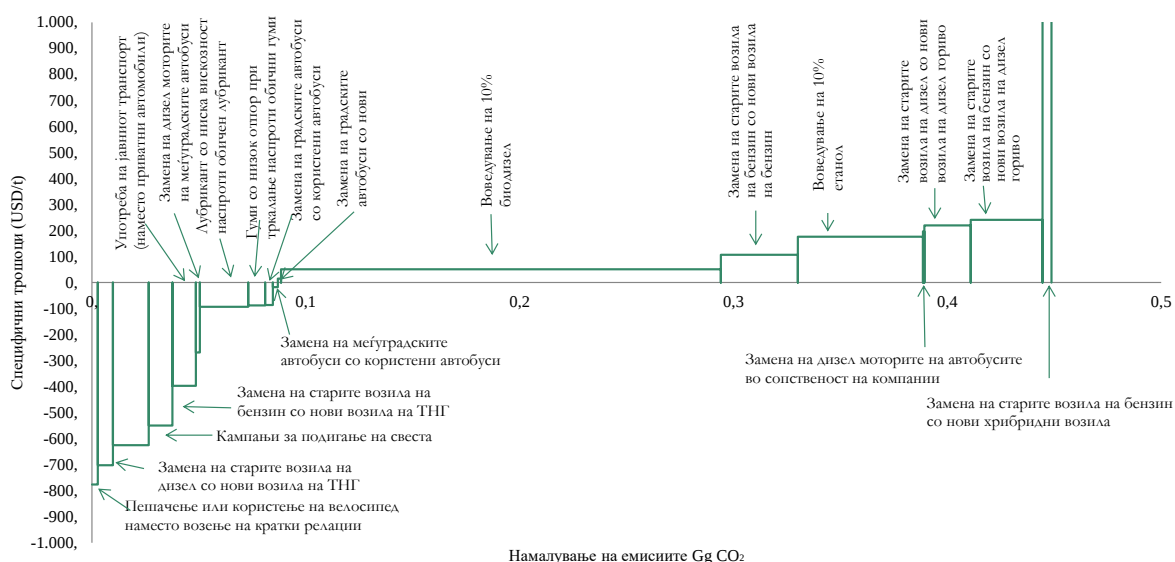
- ▶ климатизацијата во возилата може да ја зголеми потрошувачката на гориво за 8%;
- ▶ брзото забрзување и силното сопирање може да ја намалат економичноста на возилото до 33% на автопатот и 5% околу градот;
- ▶ работењето во место троши гориво, па затоа е подобро да го исклучите моторот ако чекате повеќе од една минута. Ова може да ја намали потрошувачката за 3%;
- ▶ возењето со 80 km/h наместо 110 km/h може да ја намали потрошувачката на гориво за 30%;
- ▶ возењето со гуми со притисок на воздухот при 50 kPa под препорачаниот притисок ја зголемува потрошувачката на гориво за 2% и 4% во градските и приградските населби, соодветно.

Врз основа на трошоците за слични кампањи преземени од Владата во последниве години, се претпоставува дека секоја година ќе бидат потрошени 200.000 USD за кампањи за подигнување на свеста насочени кон подобрување на однесувањето на возачот.

Претпоставка за 2020 година е дека вкупната потрошувачка на гориво ќе се намали за 1%.

3.4.3 Крива на маргинални трошоци за ублажување

Резултатите добиени за специфичните трошоци и количината на намалените емисиите на CO₂ за секоја од мерките за ублажување се прикажани во форма на крива на маргинални трошоци за ублажување (слика 3.43). Иако придобивките врз животната средина и економијата се пресметани посебно за секоја мерка, со цел да се олесни приоритизацијата, резултатите се презентирани на ниво на стратегијата за ублажување. Соодветната MAC крива е прикажана на сликата 3.44.



Слика 3.43. Крива на маргинален трошок за ублажување во потсекторот транспорт за 2020 година, по мерки



Слика 3.44. Крива на маргинален трошок за ублажување во потсекторот транспорт за 2020 година, по стратегии

Трошоците за намалување во 2020 година се движат од -625 до 98 USD/t CO₂. Вкупното остварливо намалување (доколку сите опфатени опции се имплементираат со претпоставената стапка на продор) во 2020 година се проценува на 0,45 Mt CO₂, или 22% од емисиите на ВАУ 2020 (2 Mt CO₂). Најголем придонес во намалувањето на CO₂ емисиите има стратегијата „воведувањето на нискојаглеродни горива“ со годишно намалување од 0,26 Mt CO₂, а потоа следува „подобрување на возниот парк“ со годишно намалување од 0,12 Mt CO₂.

Економски најисплатлива стратегија за ублажување е „подобрување на однесувањето на возачот“, по што следуваат стратегиите „подобрување на однесување при патувањето“ и „унапредување на опремата за возила“. Овие три стратегии се од типот „win-win“ опции (со негативни специфични трошоци). Од друга страна, стратегиите за ублажување со релативно високи маргинални трошоци се „воведување на горива со ниска употреба на јаглерод“ и „подобрување на флотата на возила“.

3.4.4 Анализа на осетливост

Според студија [163] каде се пресметани маргиналните трошоци во потсекторот транспорт во Обединетото Кралство е покажано дека претходно направените напори и очекувања за идните политики на јаглерод имаат значително влијание врз трошоците за намалување и воопшто на формата и структурата на MAC кривата.

Во македонски услови, влијанието поврзано со политиката на оданочување на ТНГ, како и нивото на продор на пазарот на компримиран природен гас (КПГ) може да има големо значење за зголемување на нивното учество во транспортот. Сегашниот данок на нафта во Република Македонија изнесува 80 EUR за 1.000 kg [164], додека даноците за други горива се исти како во ЕУ. Според неодамна предложеното законодавство на ЕУ, данокот на ТНГ ќе се зголеми од сегашните 125 EUR за 1.000 kg до 500 EUR за 1.000 kg [165]. Пресметките спроведени со највисокиот данок на ЕУ покажаа значително намалување на економската ефективност на стратегијата за ублажување „подобрување на возниот парк“, бидејќи соодветната бројка се зголемува од 98 на 164 USD/t CO₂.

Употребата на КПГ значително варира меѓу земјите на ЕУ. Италија и Бугарија имаат највисок удел на КПГ во потрошувачката на гориво во патниот сообраќај од околу 2,5%. Во периодот од 2000 до 2010 година бројот на возила на КПГ во Италија се зголеми од 320.000 на 730.000 возила, додека во Шпанија од 912 до 2539 возила [166].

На крајот од 2017 година во Република Македонија има само три КПП станици. Трошоците за инсталација на КПП системот се движат од 1.800 до 2.070 USD, што ја прави опцијата КПП многу привлечна од економски аспект. Иако горивото е релативно евтино, главниот проблем кој го попречува користењето на КПП е територијалната покриеност со КПП станиците. Развојот на инфраструктурата на КПП е силно поврзана со достапноста на природниот гас, така што во ситуација кога мрежата за пренос и дистрибуција на природен гас е неразвиена, застапеноста на КПП е неизвесна и тешко е да се предвиди. Целта на овој дел од докторскиот труд е да го истакне потенцијалот кој го има КПП за постигнување на намалување на емисиите на стакленички гасови по ниска цена.

Ако Република Македонија го следи бугарскиот или италијанскиот пример, бројот на КПП возила во 2020 година ќе достигне 20.000, што значи дека 5% од етанолот може да биде заменет со КПП. Бидејќи воведувањето на КПП е „win-win“ мерка, таа значително ќе ја подобри економската ефективност на стратегијата „воведување на горива со ниска употреба на јаглерод“, намалувајќи ги специфичните трошоци од 91 на 72 USD/t CO₂. Вкупното намалување на емисиите ќе се намали од 22% на 21% поради повисокиот фактор на емисија на КПП.

Овие бројки се индикативни и силно зависат од претпоставките. Затоа, многу е важно тие континуирано да се ревидираат и тоа во редовни временски интервали и да се аплицираат во развиената методологија.

3.4.5 Дискусија

3.4.5.1 Приоритет на стратегиите за ублажување

Резултатите прикажани во претходното поглавје служат за адресирање на економските аспекти и аспектите за животна средина од предложените мерки за ублажување на климатските промени. Иако се многу важни, овие две димензии не се доволни за сеопфатна проценка на мерките, па како што е препорачано во [167] клучот е во идентификување на вистински оптимални решенија за транспортните проблеми. За подобро креирање на политиките, критично е да се истражи и оцени и изводливоста на стратегијата за ублажување, бидејќи може да има случаи кога мерките за ублажување се со високи перформанси (еколошки или економски) или но не можат да се реализираат поради одредени бариери кои се специфични за земјата, како на пример финансиски, институционални, законодавни, административни или технички (инфраструктура и празнини во синџирот на снабдување, вклучување на многу засегнати страни со различни интереси, како и недостаток на релевантни податоци, студии и знаења воопшто).

Според ова, станува јасно дека дополнителните придобивки можат да помогнат, мерките за ублажување на климатските промени да бидат економски оправдани. Оттука, поголемиот дел од дополнителните придобивки поврзани со стратегиите за ублажување на климатските промени во потсекторот транспорт се директно поврзани со здравјето на луѓето, вклучувајќи:

- ▶ подобрен квалитет на воздухот поради намалени емисии на загадувачки супстанции во воздухот;
- ▶ зголемување на физичката активност како резултат на некористење на автомобили (возење велосипед и пешачење);
- ▶ намалување на бројот и/или сериозноста на сообраќајните незгоди;
- ▶ намалени нивоа на амбиентална бучава поради потивки возила со ниска употреба на јаглерод;
- ▶ индиректни ефекти поврзани со ефектите на животниот циклус на возилата, енергетските превозници или инфраструктурата.

Другите дополнителни придобивки поврзани со стратегиите за ублажување на климатските промени, особено со зајакнувањето на употребата на горивата со ниско ниво на јаглерод, вклучуваат диверзификација на приходите во руралните средини и создавање на нови работни места.

3.4.5.2 Политички препораки

Намалувањето на емисиите на стакленички гасови бара широк политички консензус. Стратегиите за ублажување на климатските промени кои треба да се применат во националниот патен транспорт, се оценети од засегнатите страни во потсекторот транспорт, земајќи ја предвид нивната економска ефективност, еколошката ефективност, изводливоста, мерливоста и дополнителните придобивки. Резултатите се следните:

- приоритет 1: воведување на горива со ниска употреба на јаглерод;
- приоритет 2: подобрување на однесувањето на возачот;
- приоритет 3: подобрување на однесувањето во патувањето;
- приоритет 4: подобрување на возниот парк;
- приоритет 5: унапредување на опремата за возила.

Воведување на горива со ниска употреба на јаглерод

Според [10] потребно е Владата да усвои правилник со кој ќе се дефинира начинот како да се обезбеди учеството на биогоривата во вкупната потрошувачка на енергија во транспортот. Се препорачува ова да се направи со дефинирање на индикативна траекторија за учеството на биогоривата во вкупната количина на горива или акциски план за биогорива. За таа цел потребни се мерки со кои Република Македонија ќе го промовира користењето на биогоривата без значително зголемување на цените на горивото (со намалување на акцизата за биогоривата и воведување зголемена акциза за нафтени продукти што не се користат во транспортот). Покрај тоа, како дел од програмата за развој на земјоделството, потребно е да се стимулира производството на домашните сировини за биогорива преку поддршка на производителите на биогорива и тоа со загарантиран откуп, поволни кредитни линии, итн.

КПП има значителен потенцијал за намалување на емисиите на стакленички гасови и тоа со ниски (дури и негативни) трошоци. Сепак, повисоката искористеност е условена со гасификација на земјата. Некои примери за поддршка на КПП вклучуваат: Италија - грантови до 2.000 EUR за купување ново КПП возило и грантови до 650 EUR за конвертирање на возило (до 2009) [166]; Шпанија - грантови до 2.000 евра за нови автобуси или камиони за одбивање, намалување на данок на природен гас како гориво за возила (приближно 6,5 пати пониско од дизелот) и грантови до 60.000 евра за бензински пумпи.

Подобрување на однесувањето на возачот

Минимизирање на непотребното сопирање следејќи го ограничувањето на брзината, предвидување на активностите на другите возачи и избегнување на прекумерното забрзување, може да ја намали потрошувачката на гориво за неколку проценти. Студиите кои што ја промовираат оваа стратегија, укажуваат на тоа дека е тешко да се одржат придобивките без редовни кампањи за подигнување на свеста и обука на возачите.

Подобрување на однесувањето на патувањето

Оваа стратегија вклучува повеќе активности насочени кон промоција на одржливи начини на транспорт и патување. Спроведувањето на некои од овие мерки бара големи инвестиции и мора да биде дел од поголемите национални проекти. Во овој докторски труд се размислува за тоа да се користи јавен превоз или велосипед наместо автомобил, како и да се замени користењето на автомобилот за помали растојанија со одење. Ова ќе се овозможи доколку:

- се обноват автобусите од јавениот превоз со цел да се зголеми нивната употреба,

- се промовира поголема употреба на велосипед, што вклучува инвестиции во инфраструктурата за велосипедска мрежа, како и јавни кампањи за нивна поголема употреба.

Подобрување на возниот парк

Како што е препорачано во [168], промоцијата и поддршката на оваа мерка треба да се постигне преку регулаторни и фискални мерки што ги спроведува Владата. Можните политички мерки може да бидат насочени кон стимулации за купување и користење на „чисти“ и енергетски ефикасни автомобили. Оттука, првата група мерки може да вклучува разни шеми, како што се:

- намалување на даноците за набавка на нови енергетски ефикасни автомобили и задржување на истите постојни трошоци за други автомобили;
- намалување на даноците за набавка на нови енергетски ефикасни возила и зголемување на даноците за други автомобили;
- обезбедување на банкарски кредити со пониски каматни стапки, ако се купи нов енергетски ефикасен автомобил. Разликата од комерцијалните стапки може да биде покриена од страна на Владата, но може да се направат и други финансиски аранжмани меѓу владата и комерцијалните банки.

Втората група мерки за политики вклучува шеми како што се:

- пониски трошоци за регистрација на возила за енергетски ефикасни автомобили;
- намалување на трошоците за паркирање во центарот на градот за енергетски ефикасни автомобили;
- пониска еколошка такса и данок на имот за енергетски ефикасни автомобили.

Унапредување на опремата за возила

Оваа стратегија има за цел да го промовира користењето на напредната опрема (т.е. гумите со низок отпор и маслото со мала вискозност) што може значително да придонесе за намалување на потрошувачката на горивото. Понатаму, можно е да се намали потрошувачката на гориво за уште неколку проценти преку оптимално одржување на возилото. Овде, повторно, редовните кампањи за подигнување на свеста и обуката на возачите се клучни фактори за успех.

3.4.6 Анализа на политики и мерки во потсекторот транспорт

Со зголемување на ефикасноста на конвенционалните возила може да се придонесе кон намалување на емисиите на стакленички гасови, но само до одредено ниво затоа што сепак и ефикасноста е конечна. Електричните возила може да придонесат кон намалување на емисиите на стакленички гасови но тие се контроверзни/спорни за земји каде за производство на електрична енергија се користи главно јаглен.

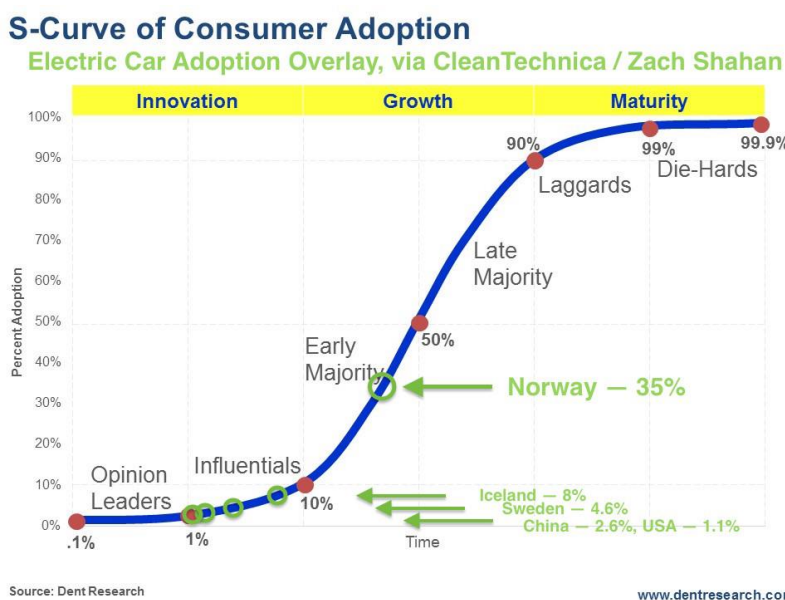
Обединувањето на потсекторите транспорт и енергетски индустрии се гледа низ призмата токму на електричните возила. На нив се гледа како на една од најдобрите опции кои може да послужат за декарбонизација на транспортот, но од друга страна да помогнат и во поголема интеграција на обновливите извори на енергија. Како дополнителна придобивка од воведувањето на електричните возила е и драстичното намалување на локалното загадување, а со тоа подобрување на животот на луѓето.

Претходната методологија (GASMO) која е прилагодена за транспортот е добра за да може да се дефинираат одредени политики и мерки но е општа. Потребна е методологија на повисоко ниво која што на најекономски начин преку најразлични финансиски механизми ќе овозможи креирање на одржлив транспорт. Целта во овој дел од докторатот е да се направи аналитичко моделирање со чија помош ќе се овозможи исфрлање од

употреба на високојаглеродни автомобили, воведување на нискојаглеродни автомобили како и зголемување на уделот на хибридни и електрични автомобили, и сето тоа преку финансиски механизми. Дополнително, со помош на предложената методологија се проценува придонесот на електрификацијата на транспортот за зголемување на уделот на обновливите извори на енергија.

Како основа за моделирањето направено во овој дел од докторскиот труд се користат влезните податоци и сценаријата (Референтно сценарио, Сценарио за ублажување и Поамбициозно сценарио за ублажување) развиени во претходното поглавје (Патеки за одржлив развој на енергетскиот систем преку ублажување на климатските промени). Дополнително, на моделирањето направено во транспортниот дел на MARKAL-Македонија моделот, во овој дел од докторскиот труд, моделирани се сите постојни еколошки такси во Република Македонија, како и нови предложени такси и субвенции.

Продорот на PHEV, BEV возилата и хибридниите возила со дизел мотор (како најнови технологии), е моделирано на начин каде е претпоставено дека тие ќе се развиваат според „S“ кривата, земајќи ги во предвид искуствата од другите држави (слика 3.45).



Слика 3.45. „S“ крива на продирање на електричните возила по држави

Анализата на влијанието на електричните автомобили врз продорот на обновливите извори за производство на електрична енергија бара да се направи моделирање на часовно ниво. За таа цел резултатите добиени со помош на MARKAL моделот се внесени во EnergyPLAN моделот.

За анализите во сценаријата се користат возила со капацитет на батерија од 70 kWh и 85 kWh, батерии што ги користи најмоќниот производител на електрични возила за долги дистанци Tesla [169], кој воедно го поставува и стандардот за овој тип на возила. Според првичните податоци, стапката на деградација на батеријата е помала од очекуваното и иако Tesla првично претпоставуваше 30% деградација на батеријата по 160.000 km, податоците покажуваат таа е многу помала и се движи во границите од 15% до 20%.

Направените анализи во [170] покажуваат дека дури и во часовите со врвно оптоварување повеќе од 80% од возилата се паркирани. Кога се во прашање електричните возила тие во периодот на мирување може да се приклучат на мрежата со што обезбедуваат доволно капацитет за балансирање на системот. Некои електрични возила веќе имаат паметен полнач кој реагира на цените на електричната енергија, односно добива сигнал кога е евтина тарифа и во тој момент батериите на возилото се полнат. Овој систем лесно може да се прошири понатаму за да послужи за започнување на процедурата за

стабилизација на мрежата и користење на складирање за вишокот на енергија присутен во мрежата, но исто така ако е потребно и да се повлече енергија од батеријата, односно таа да се користи за напојување во мрежата. Корисникот ќе одлучи колку време автомобилот ќе биде достапен за балансирање на системот.

За потребите на овој труд е претпоставено дека најмногу 20% од електричните возила ќе се полнат за време на најголемо оптоварување (потрошувачка) во текот на денот. Исто така, се претпоставува дека најмногу 70% од паркираните електрични автомобили ќе бидат приклучени на мрежа. Дополнително, ефикасноста на полнењето односно конверзија на електричната енергија од мрежата во батеријата, претпоставена е да биде 90%. За тоа како се користат автомобилите внесена е крива за 8.784 часа со тоа што во текот на еден ден се претпоставува дека автомобилите од 24 часот до 7 наутро се паркирани, потоа од 8 часот до 19 часот се движат и на крај од 20 часот до 24 исто така се паркирани.

3.4.7 Оцена на ефекти

Во оваа фаза на распределба на пазарот на електрични автомобили, сè уште се неопходни политики за поддршка со цел да се намалат бариерите кон оваа технологија. Таква околина со политики за поддршка овозможува раст на пазарот со тоа што ги прави возилата привлечни за потрошувачите, ги намалуваат ризиците за инвеститорите и ги охрабруваат производителите кои се подготвени да развијат бизнис струи за електрични возила во големи размери да почнат да ги спроведуваат нивните планови. Особено, овие фактори овозможуваат широка понуда на модели на потрошувачите, што е клучно за да се поттикне растот на продажбата. Механизмите на политики за поддршка можат да се групираат во четири главни категории: поддршка за истражување и развој на иновативни технологии; цели, мандати и прописи; финансиски стимулации; и други инструменти (првенствено наметнати во градовите) за да се дозволи зголемување на вредноста на електричните возила. Јавните набавки (како добар пример за следење) исто така се погодни за олеснување на продорот на електрични возила.

Во ова поглавје се прикажани одредени политики и мерки кои би ја дефинирале насоката на развој на потсекторот транспорт во Република Македонија. Од направените анализи на состојбата во транспортот во Република Македонија, заклучно со крајот на 2017 година, може да се заклучи дека еколошките такси се базираат на моќноста на моторот (при регистрација на возилото) и зафатнината на цилиндарот (при увоз на употребувани патнички моторни возила). Во цената на горивата за транспорт вклучена е еколошка такса која зависи од типот на горивото и тоа дизел горивото има повеќе од двојно помала такса од моторните бензини. При увоз на патничко моторно возило, акцизата којашто се плаќа зависи од вредноста на возилото, така што тие со помала вредност плаќаат помала акциза. Притоа, важно е да се потенцира дека автомобилите на хибриден погон се ослободени од акциза.

Врз основа на сето ова, и имајќи ги предвид практиките и политиките на развиените земји во Европа и светот, може да се заклучи дека овие еколошки такси би можеле во иднина да зависат директно од CO₂ емисиите кои се добиваат при согорување на горивото кое што го користи, а се декларираат од страна на производителот на автомобилот. Во таа насока се и предложените мерки во рамките на овој докторски труд. Имено, за воведување на CO₂ такса, предложени се следните мерки:

- еколошката такса при увоз на употребувани возила, да важи и за нови возила и таа да зависи од CO₂ емисиите;
- еколошката такса при регистрацијата на возилото, наместо само од моќноста на возилото да зависи и од CO₂ емисиите;

- еколошката такса на горивата да се изедначи за моторните бензини и за дизел горивото и да се зголеми.

Како дополнителна финансиска мерка за промоција на возилата со ниски емисии на CO₂ при увоз на вакво возило предложени се следните политики:

- ослободување од акцизи, не само за хибридните возила, туку и за електричните возила;
- намалување на ДДВ од 18% на 5% за хибридните и за електричните возила.

Како една од мерките која што се предлага е и изедначување на акцизата на дизелот и моторниот бензин, нешто што е случај во земјите од Европа како и нашето опкружување.

3.4.7.1 Еколошка такса при регистрацијата на возилото

Во рамките на оваа мерка не се предвидува воведување на нова такса туку се предвидува измена на методологијата за пресметување на постојната еколошка такса при регистрација на возило. Имено, се предлага таксата да зависи директно од декларираната вредност на возилото за CO₂ емисии која пак зависи од просечната потрошувачка на возилото и типот на гориво. Според предложената методологија се предвидува поделба на возилата во 15 категории така што во првата категорија припаѓаат оние со нула емисии на g CO₂/km (BEV), а во последната се оние кои што имаат емисии поголеми од 300 g CO₂/km. Во зависност од категоријата во која се наоѓа возилото се одредува коефициент изразен во денари/g CO₂/km и за да се пресмета еколошката такса овој коефициент се множи со декларираната вредност на gCO₂/km за секое возило. Се предвидува да има три години период на адаптација во кој овие коефициенти постепено се зголемуваат почнувајќи од 2018 година.

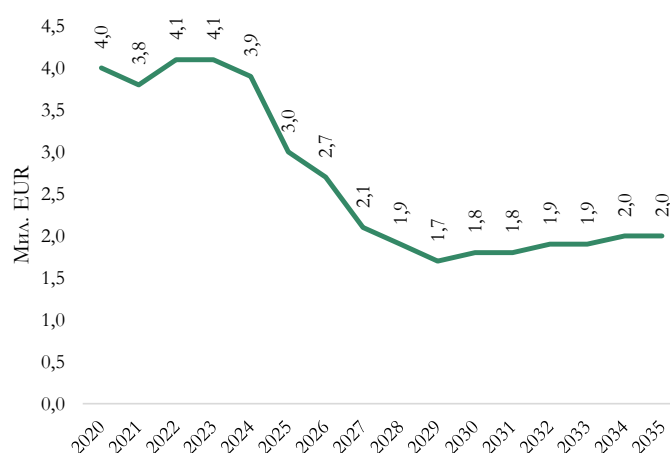
При креирањето на овие коефициенти е водено сметка за социјалниот аспект. Имено, земено е таксата за хибридните возила во периодот 2020-2035 година да биде како максималната еколошка такса на крајот на 2017 година (210 денари). Во табелата 3.20 даден е и пример за тоа колку би изнесувале еколошките такси за секоја категорија за периодот 2020-2035 година, под претпоставка дека декларираните емисии се еднакви на горната граница од секоја категорија.

Возилата кои немаат декларација за количеството на CO₂ се предвидува да влезат во категоријата над 300 g CO₂/km.

Со примена на новата методологија за пресметување на еколошката такса и со користење на MARKAL моделот се добива дека оваа такса сама по себе, нема да влијае на промената на возниот парк во Република Македонија во однос на Референтното сценарио во периодот до 2035 година. Сепак, од голема важност е дека од оваа еколошка такса ќе се соберат значителни финансиски средства кои може да се искористат за директно субвенционирање на возила со ниски емисии на CO₂ како што се хибридните и електричните. На сликата 3.46 се прикажани финансиските средства добиени од оваа такса по години. На почетокот од овој период како резултат на стариот возен парк и возила со високи емисии на CO₂ оваа такса изнесува околу 4 милиони EUR. Бидејќи станува збор за период на планирање од речиси 20 години, до тогаш секое семејство би требало да го замени или да купи нов автомобил кој што ќе биде со поголема ефикасност од постојните. Како резултат на тоа парите собрани од оваа такса ќе се намалат и во 2035 година ќе бидат околу 2 милиони EUR.

Табела 3.20. Нови еколошки (CO₂) такси при регистрација на возило

Гранични вредности на CO ₂ (g CO ₂ /km)		Коефициент по години (денари/g CO ₂ /km)			Пример (денари)
Од	До	2018	2019	2020-2035	2020-2035
0	0	0,0	0,0	0,0	0
1	65	1,3	1,3	1,3	81
66	90	1,9	1,9	1,9	169
91	100	1,9	1,9	2,5	250
101	110	2,5	2,5	3,1	344
111	120	2,5	3,1	3,1	375
121	130	3,1	3,8	4,4	569
131	140	3,8	4,4	5,0	700
141	160	4,4	5,0	5,6	900
161	180	5,0	6,3	6,9	1.235
181	200	5,6	6,9	8,1	1.625
201	225	6,3	8,1	9,4	2.109
226	250	6,9	8,8	10,6	2.662
251	300	7,5	10,0	11,9	3.563
301		8,1	11,3	13,8	>3.563



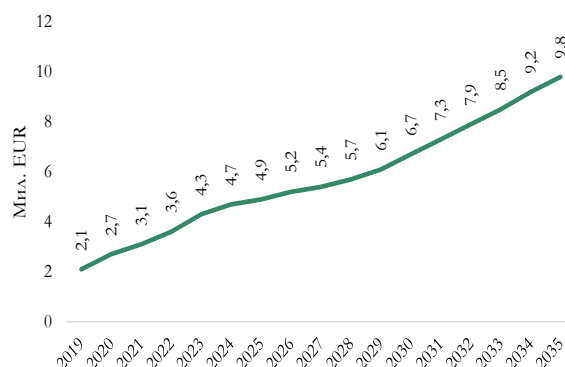
Слика 3.46. Вкупно финансиски средства собрани од еколошката такса при регистрација на возила

3.4.7.2 Еколошка такса на горива

Се предвидува промена на цената на еколошкиот додаток кој се издвојува за животна средина со секој купен литар на гориво заклучно со крајот на 2017 година и негово издначување за сите типови на нафтени продукти кои се користат во транспортот. Од 0,08 денари/литар (цена на крајот на 2017 година) за моторен бензин и 0,03 денари/литар за дизел во 2018 година се предвидува дека ќе се зголеми на 0,3 денари за литар и овој додаток секоја година ќе се менува до 2035 година пропорционално за да во 2035 година достигне 2 денари/литар. Исто така, се предвидува овој додаток да важи и за течниот нафтен гас.

Со примена на новите вредности за еколошката такса на горивата и со користење на MARKAL моделот се добива дека и оваа такса сама по себе, нема да влијае на промената на возниот парк во Република Македонија во однос на Референтното сценарио во периодот

до 2035 година. Сепак, и во овој случај се добиваат значителни финансиски средства кои исто така може да бидат искористени за директно субвенционирање на возила со ниски CO₂ емисии. На сликата 3.47 се прикажани финансиските средства добиени по основ на оваа такса, на годишно ниво. На почетокот, односно во 2019 година, вкупните средства добиени од еколошката такса на горивата изнесува околу 2,1 милиони EUR. Со зголемувањето на оваа еколошка такса до 2 денари/литар во 2035 година и вкупните собрани средства од оваа такса ќе се зголемат до околу 9,8 милиони EUR.



Слика 3.47. Вкупно финансиски средства собрани од еколошката такса купување на гориво

3.4.7.3 Еколошка такса при увоз

Во рамките на оваа мерка се предвидува плаќање на еколошка такса при увоз, не само на употребувани, туку и на нови возила. Притоа, се предвидува оваа такса да не зависи од зафатнината на цилиндарот, туку повторно од декларираните вредности на возилото за CO₂ емисии. Повторно, како и кај еколошката такса при регистрација на возила, се предвидува поделба на возилата според 15 категории, така што секоја категорија има различен коефициент изразен во денари/g CO₂/km (табела 3.21). За да се пресмета вкупната такса која треба да ја плати едно возило треба да се помножи соодветниот коефициент за тоа возило со декларираната вредност на емисии дадена во gCO₂/km. Се предвидува да има три години период на адаптација во кој овие коефициенти постепено се зголемуваат почнувајќи од 2018 година. Во споредба со Европските земји, при определувањето на овие коефициенти земен е предвид социјалниот аспект и стандардот во Република Македонија. Имено, земено е таксата за возила со декларираните емисии кои припаѓаат на категоријата 121-130 g CO₂/km (тука припаѓа автомобил на дизел гориво со декларирана потрошувачка од 5 литри/100 km или автомобил на моторен бензин со декларирана потрошувачка од 5,7 литри/100 km) во периодот 2020-2035 година да биде слична како максималната еколошка такса која се одвојува согласно законот заклучно со 2017 година (3.500 денари). Во табелата 3.21 даден е и пример за тоа колку би изнесувале еколошките такси за секоја категорија поединечно за периодот 2020-2035 година, под претпоставка дека декларираните емисии се еднакви на горната граница од секоја категорија.

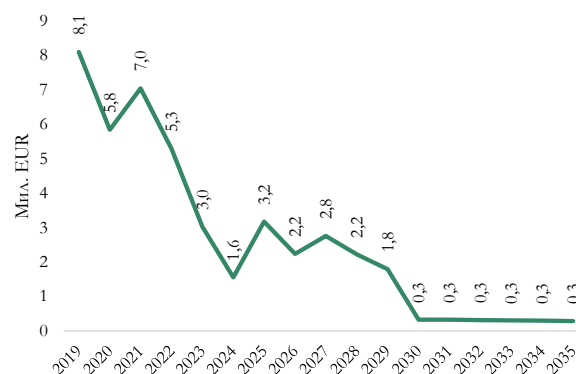
Возилата кои немаат декларација за количеството на CO₂ се предвидува да влезат во категоријата над 300 g CO₂/km.

Со примена на новите вредности за еколошката такса за употребувани и нови возила и со користење на MARKAL моделот се добива дека и оваа такса сама по себе, нема да влијае на промената на возниот парк во Република Македонија во однос на Референтното сценарио во периодот до 2035 година. Сепак, и во овој случај се добиваат значителни финансиски средства кои исто така може да бидат искористени за директно субвенционирање на возила со ниски CO₂ емисии. На сликата 3.48 се прикажани финансиските средства добиени од оваа такса, на годишно ниво. На почетокот, односно во 2019 година, вкупните средства добиени од еколошката такса при увоз на возило изнесува

околу 8,1 милиони EUR. Во анализираниот период од 20 години, секое семејство би требало да го замени или да купи нов автомобил кој што ќе биде со поголема ефикасност од постојниот. Како резултат на тоа парите собрани од оваа такса ќе се намалат и во 2035 година ќе бидат околу 0,3 милиони EUR.

Табела 3.21. Нови еколошки (CO₂) такси при увоз на возило

Гранични вредности на CO ₂ (g CO ₂ /km)		Коефициент по години (денари/g CO ₂ /km)			Пример (денари)
О _A	Д _o	2018	2019	2020-2035	2020-2035
0	0	0	0	0	0
1	65	10	10	10	650
66	90	15	15	15	1.350
91	100	15	15	20	2.000
101	110	20	20	25	2.750
111	120	20	25	25	3.000
121	130	25	30	35	4.550
131	140	30	35	40	5.600
141	160	35	40	45	7.200
161	180	40	50	55	9.877
181	200	45	55	65	13.000
201	225	50	65	75	16.875
226	250	55	70	85	21.296
251	300	60	80	95	28.500
301		65	90	110	>28.500



Слика 3.48. Вкупно финансиски средства собрани од еколошката такса при увоз на возила

3.4.8 Изедначување на акцизата на дизел горивото со акцизата на моторниот бензин

Според последниот извештај од Global Petrol Prices [171] (од 25.09.2017), Република Македонија е петта по ред земја со најниска цена на дизел горивото во Европа веднаш зад Русија, Белорусија, Молдавија и Украина, а од друга страна е осма земја со најниска цена на моторниот бензин. Доколку се направи споредба на тоа за колку проценти се разликува цената на дизелот од цената на моторниот бензин (одлука на Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија (18.09.2017)) ќе се види дека во Македонија таа разлика

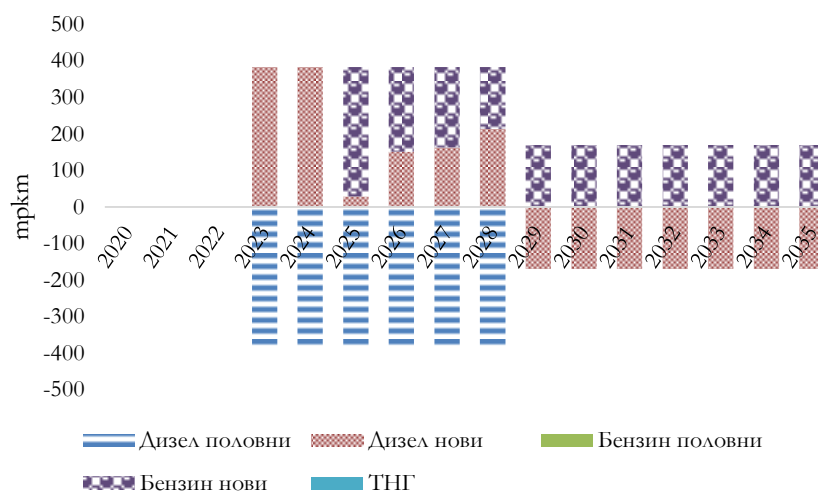
изнесува речиси 23%, односно дизел горивото е за 23% поевтино од моторниот бензин. Таа разлика варира од држава до држава, на пример во:

- Србија дизел горивото има за 3,4% повисока цена во однос на моторниот бензин;
- Албанија, цените на дизел горивото и на моторниот бензин се исти;
- Бугарија цената на дизел горивото е за 1% пониска во однос на моторниот бензин;
- Хрватска, цента на дизел горивото е за 8,7% пониска во однос на моторниот бензин;
- Словенија цента на дизел горивото е за 4,7% пониска во однос на моторниот бензин.

Како што може да се забележи во Република Македонија таа разлика е најголема, а тоа пред сè се должи на пониската акциза што се плаќа за дизел горивото. Според одлуката на Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија (18.09.2017), акцизата за дизел горивото изнесува 12,15 денари/литар, додека за моторните бензини е околу 22 денари/литар (БС-95 22 денари/литар, БС-98 21,73 денари/литар).

Во овој докторски труд се предвидува изедначување на акцизата на дизел горивото со акцизата на моторниот бензин. Ова изедначување би одело постепено со цел во 2025 година акцизите за овие нафтени продукти да се изедначат. Изедначувањето би почнало од 2018 година.

Како резултат на изедначување на акцизата за дизел горивото со акцизата на моторниот бензин купувањето на половни дизел возила после 2023 година нема да биде исплатливо (слика 3.49). Наместо половни дизел возила поинсплатливо ќе биде купување на нови дизел возила и возила на бензин. Исто така, во периодот после 2029 година определен број на нови дизел возила во Референтното сценарио ќе бидат заменети со нови возила на бензин.



Слика 3.49. Разлика во патнички km со примена на мерката за изедначување на акцизата на дизел горивото со акцизата на моторниот бензин во однос на Референтното сценарио

3.4.9 Намалување на акциза и ДДВ при увоз на возилата

Постојат голем број на начини преку кои може да се овозможи поголема интеграција на хибридниите и електричните возила во транспортот. Дел од нив се опишани со претходните четири мерки, но тие сами за себе се мали, па како резултат на тоа потребно се и дополнителни механизми. Најголем проблем со малата застапеност на овие возила, е нивната високата цена споредена со конвенционалните возила. Еден од механизмите за поголема застапеност е со помош на индиректно субвенционирање, а тоа е намалување на акцизата при увоз како и намалување на данокот на додадена вредност.

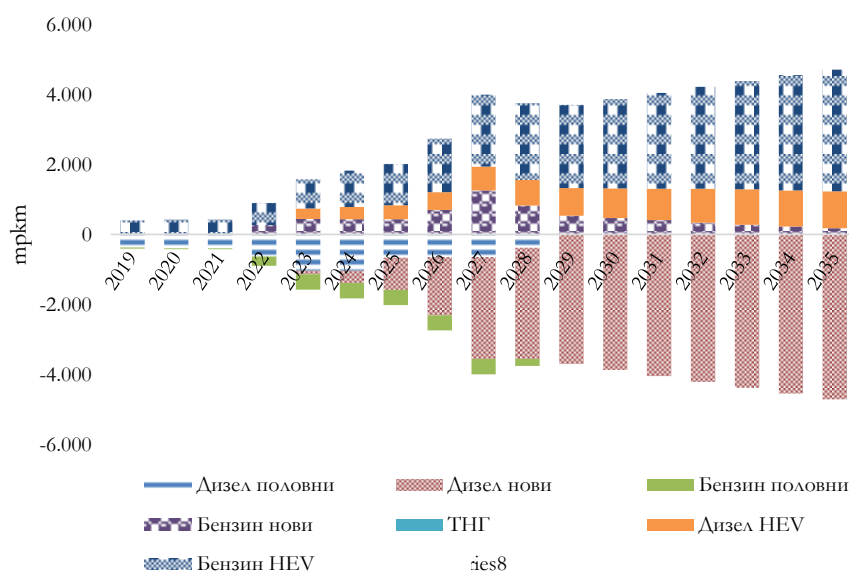
Во овој докторски труд е анализиран ефектот од продолжување на политиката за укинување на акцизата при увоз на хибридни возила, нешто што заклучно со крајот на 2017 година постои во Република Македонија, а дополнително на ова е намален и данокот на додадена вредност од 18% на 5% и тоа не само за хибридни возила туку и за електричните возила.

Како резултат на оваа мерка се постигнува:

- ▶ намалување на купувањето на половни дизел автомобили почнувајќи од 2019 година и на нивно место купување на хибридни автомобили на моторен бензин (слика 3.50);
- ▶ од 2021 година наместо купување на половни автомобили на моторен бензин и нови дизел автомобили (Референтно сценарио), купување на хибридни автомобили на моторен бензин и хибридни дизел автомобили (слика 3.50);
- ▶ намалување на CO₂ емисиите во 2035 година за 10% во однос на делот на патнички автомобили во Референтното сценарио.

Овозможување на поголем продор на хибридни возила е очигледно добро од аспект на енергетска ефикасност и намалување на емисиите на стакленички гасови. Од друга страна тие на некој начин се транзициона технологија, односно претходник на електричните возила. Имајќи предвид дека хибридите многу бавно ќе се шират според вообичаените пазарни правила, бидејќи се поскапи од конвенционалните автомобили, а и подолго време ја задржуваат вредноста како половни возила, неопходно е да се субвенционира првичната пенетрација на пазарот. Резултатите покажаа дека потребно е само индиректно субвенционирање преку укинување на акциза и намалување на данокот на додадена вредност и не е потребно дополнително директно субвенционирање. Потребно е да се пронајде механизам како индиректното субвенционирање да важи само за високо ефикасните хибридни возила, со емисии помали од 90 gCO₂/km со што ќе се избегне субвенционирањето на скапите автомобили кај кои хибридната технологија е повеќе за луксуз отколку за ефикасност на возилото, што би било несоодветно од социјален аспект.

Како што може да се види од сликата 3.50, нема продор на електрични автомобили затоа што само укинувањето на акцизата и намалување на ДДВ не е доволно за тие да бидат конкурентни на пазарот.



Слика 3.50. Разлика во патнички km со примена на мерката намалување на акциза и ДДВ при увоз на возилата во однос на Референтното сценарио

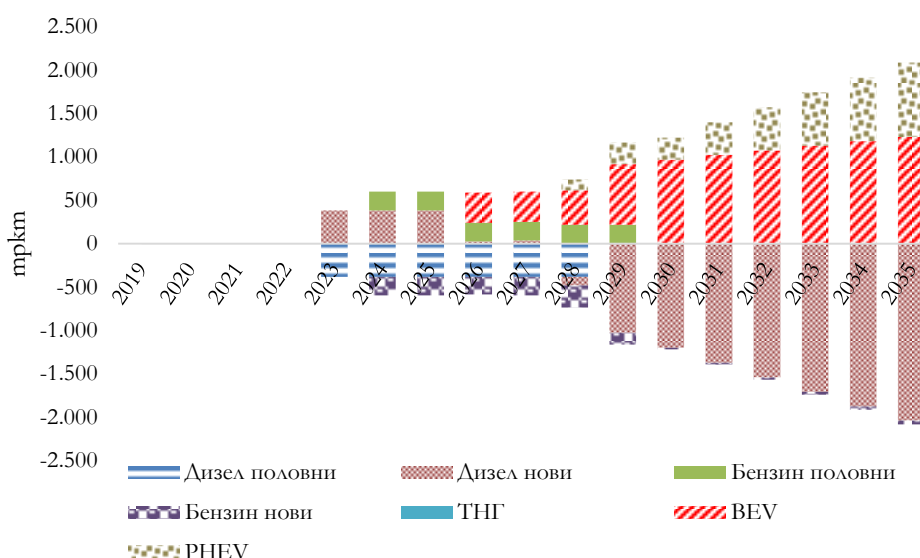
3.4.10 Субвенции на електрични автомобили

За да електричните автомобили постанат конкурентни на пазарот и се овозможи нивен продор, во овој докторски труд анализирани се два случаи:

1. директно субвенционирање и
2. укинување на акциза и намалување на ДДВ од 18% на 5% при увоз и дополнително директно субвенционирање.

Во првиот случај се воведуваат директни субвенции од 10.000 EUR за секое купено ново електрично возило (BEV) и 7.000 EUR за секое купено ново PHEV возило. Резултатите покажуваат дека:

- ▶ само со воведување на директни субвенции, електричните автомобили би станале конкурентни дури во 2026 година и би ги замениле новите дизел возила кои се купуваат во Референтното сценарио (слика 3.51);
- ▶ во 2035 година околу 2.000 mрkm (милиони патнички километри) кои во Референтното сценарио се опслужуваат со нови дизел возила ќе се заменат со електрични возила (слика 3.51);
- ▶ учеството на електричните возила во вкупните mрkm во 2035 година би изнесувало околу 19% (11,3% BEV и 8% PHEV);
- ▶ намалување на CO₂ емисиите во 2035 година за 14% во однос на делот на патнички автомобили во Референтното сценарио.



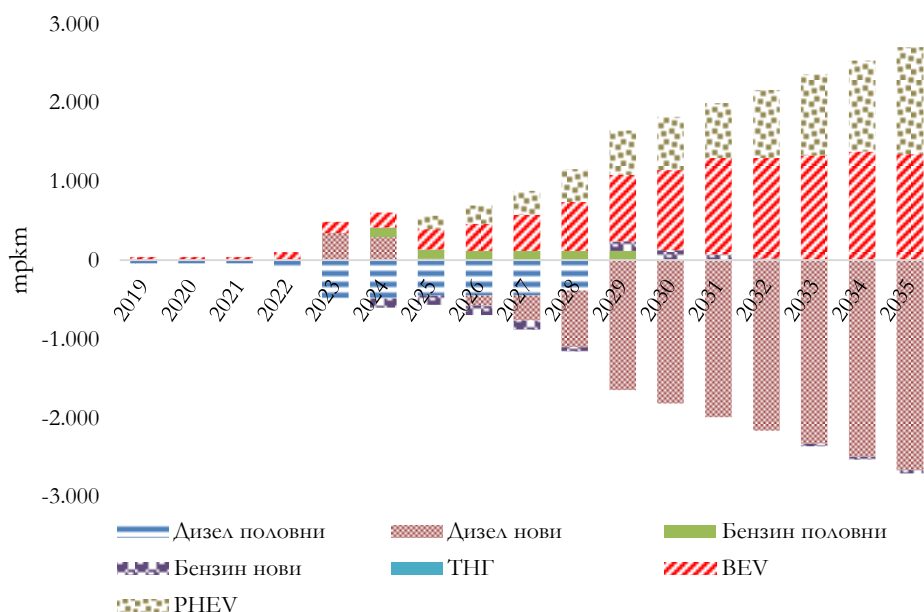
Слика 3.51. Разлика во патнички km со примена на мерката директни субвенции за електричните возила во однос на Референтното сценарио

Во вториот случај направена е анализа на тоа што ќе се случи ако се воведо механизам на директно и индиректно субвенционирање, односно ако покрај укинување на акцизите и намалување на ДДВ од 18% на 5% се даваат и директни субвенции.

Во овој дел направена е анализа на осетливост и се добива дека:

- ▶ директните субвенции во овој случај се далеку пониски отколку во првиот случај каде што се даваат само директни субвенции (слика 3.52);
- ▶ директните субвенции би биле променливи во текот на целиот период, почнувајќи од 7.000 EUR за BEV во 2019, па постепено намалувајќи се на 3.500 EUR во 2035 година, додека за PHEV почнуваат од 3.500 EUR и се намалуваат на 1.500 EUR (слика 3.52);

- ▶ продорот на електричните возила започнува во 2019 година (слика 3.52);
- ▶ околу 3.000 mpkm во 2035 година кои во Референтното сценарио се опслужуваат со нови дизел возила ќе се заменат со електрични возила (слика 3.52);
- ▶ учеството на електричните возила во вкупните mpkm би изнесувало околу 25% (12,5% BEV и 12,5% PHEV) (слика 3.52);
- ▶ намалување на CO₂ емисиите во 2035 година за 17% во однос на делот на патнички автомобили во Референтното сценарио.



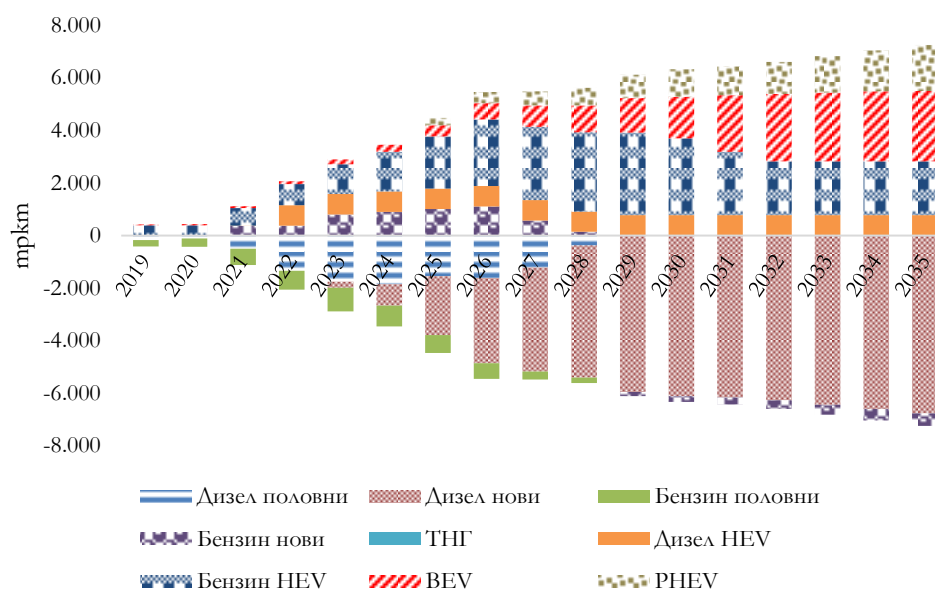
Слика 3.52. Разлика во патнички km со примена на мерката укинување на акциза и намалување на ДДВ од 18% на 5% при увоз и дополнително директно субвенционирање во однос на Референтното сценарио

3.4.11 Сценарио „Зелен, а паметен“

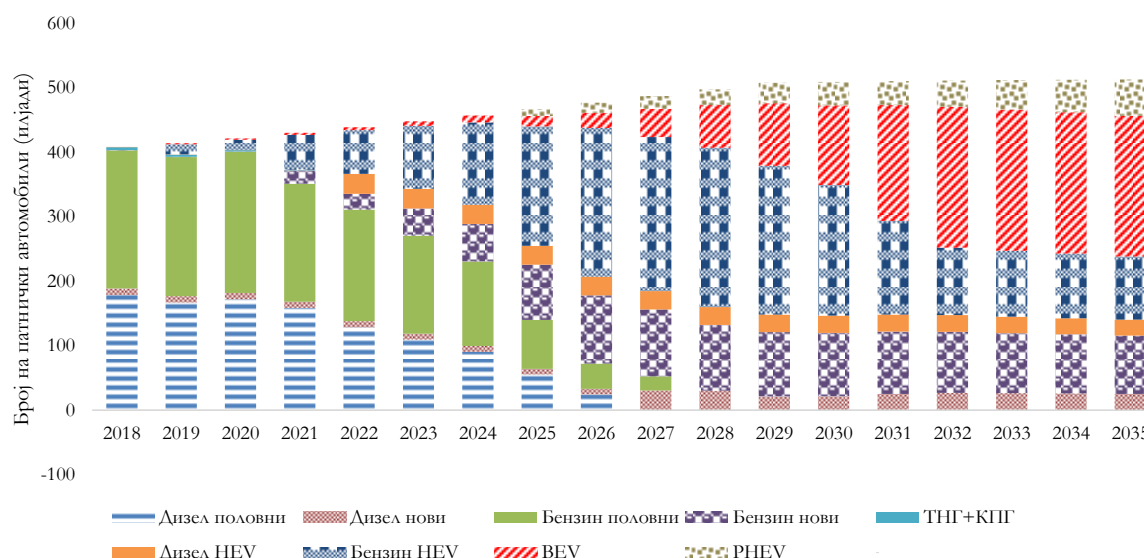
Како што може да се заклучи од претходно образложените мерки, секоја мерка сама за себе може и да не придонесува многу за воведување на нискојаглеродни возила во Република Македонија. Согласно на тоа потребно е имплементирање истовремено на повеќе мерки за да се овозможи постепена декарбонизација на потсекторот транспорт во кој е најтешко намалување на емисиите на стакленички гасови. За таа цел, во овој докторски труд креирано е сценарио „Зелен, а паметен“ каде сите претходно образложени мерки се имплементирани заедно. Според ова сценарио се добива:

- ▶ почнувајќи од 2019 година се предвидува постепен продор на хибридните и електричните возила (слика 3.53);
- ▶ во периодот после 2026 година намалување на учеството на хибридните возила и нивна замена со PHEV;
- ▶ учеството на хибридните возила во вкупните mpkm во 2035 година би изнесувало 25,9% (18,8% моторен бензин и 7,1% дизел)
- ▶ учеството на електричните возила во вкупните mpkm во 2035 година би изнесувало 40,8% (24,7% BEV и 16,1% PHEV);
- ▶ околу 40% учество на BEV во вкупниот број на возила во 2035 година кое пред сè, се должи на тоа што од возилата за низ град во 2035 година се предвидува 80% да бидат електрични, а остатокот од 20% хибридни (слика 3.54);

- намалување на емисиите на стакленички гасови за 35% во 2035 година во категоријата патнички автомобили во однос на Референтното сценарио или 10% во однос на вкупните емисиите во потсекторот транспорт во Референтното сценарио.

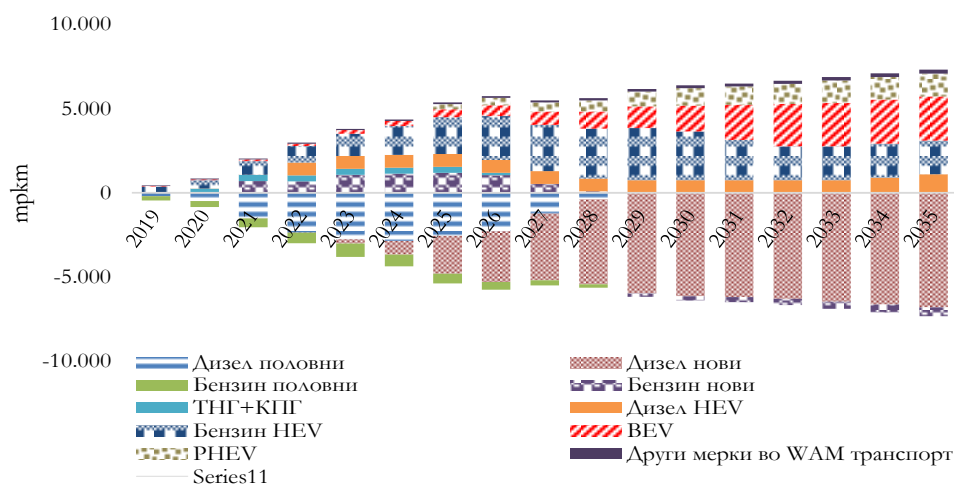


Слика 3.53. Разлика во патнички km во сценариото „Зелен, а паметен“ во однос на Референтното сценарио



Слика 3.54. Број на патнички автомобили

Направена е и анализа што ако сите мерки се применат во WAM сценариото од претходното поглавје (Патеки за одржлив развој на енергетскиот систем преку ублажување на климатските промени). Генерално гледано во транспортот во категоријата патнички автомобили нема некоја разлика доколку сите мерки се применат во WAM сценариото (слика 3.55). Намалувањето на емисиите на стакленички гасови во категоријата патнички автомобили и во ова сценарио изнесува 35% во однос на Референтното сценарио.

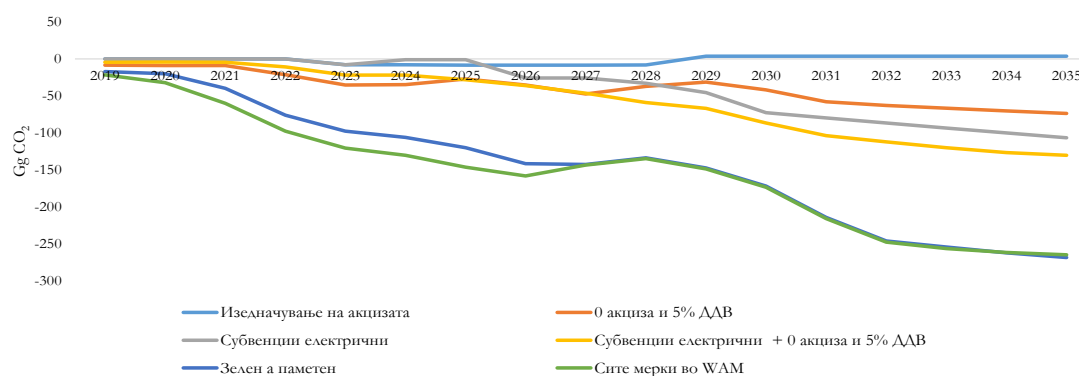


Слика 3.55. Разлика во патнички km во сценариото WAM од SBUR со сите мерки во транспортот во однос на Референтното сценарио

Овде мора да се нагласи дека директните и индиректните субвенции на електрични и хибридни возила треба постојано да се контролираат за да не настане деградирање на пазарот на патнички автомобили. Во таа насока беше направена анализа на осетливост која покажа дека кај хибридните возила почнувајќи од 2020 година данокот на додадена вредност може постепено да се зголемува и во 2035 година да достигне 15%, а хибридните автомобили се уште да бидат конкурентни на пазарот.

3.4.12 Намалување на емисиите на стакленички гасови

Во поглед на намалување на емисиите на стакленички гасови, секоја од предложените мерки има различно влијание. Така, најмало намалување на емисиите има мерката изедначување на акцизите на горивата, и во 2035 година емисиите на стакленички гасови се исти како и во Референтното сценарио (слика 3.56). Најголемо намалување има со помош на мерката директно субвенционирање на електрични автомобили заедно со укинување на акцизите и намалување на ДДВ на 5%. Во овој случај, емисиите на стакленички гасови во 2035 година се редуцирани за 17%. Доколку се применат сите мерки во WEM_SBUR (Зелен, а паметен) или во WAM_SBUR намалувањето на емисиите во 2035 година изнесува околу 35% во однос на Референтното сценарио. Важно е да се потенцира дека емисиониот фактор за електричните возила не се базира на европски или Македонски емисионен фактор кој ја зема структурата на моменталниот енергетски систем (технологии и горива кои се користат за производство на електрична енергија), туку се базира на комбинацијата на технологии и горива кои се предвидени во WAM сценариото во SBUR.



Слика 3.56. Намалување на емисии на стакленички гасови во однос на референтното сценарио

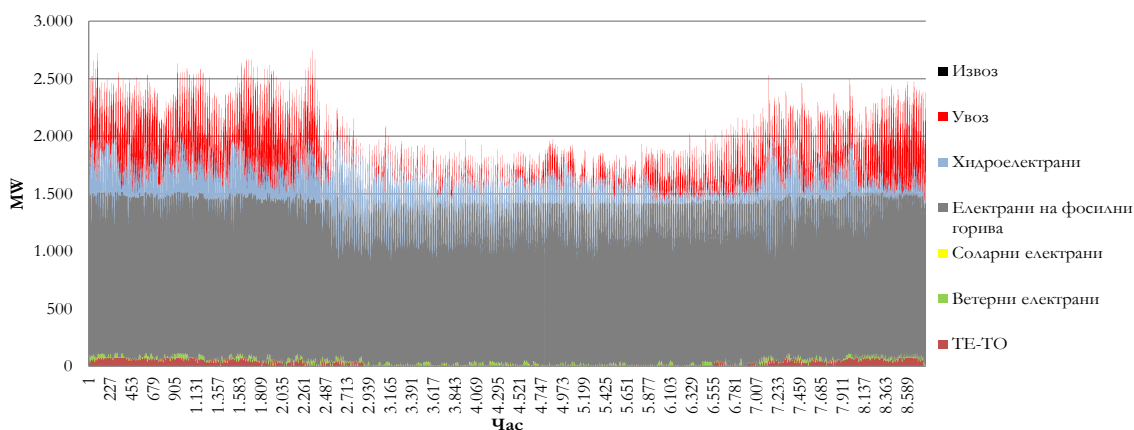
3.4.13 Дополнителни придобивки од електрификацијата на транспортот

Електричните возила освен за директно намалување на емисиите на CO₂ во транспортот, исто така, значајно може да придонесат и за зголемување на застапеноста на обновливите извори на енергија за производство на електрична енергија. Во делот „Анализа на политики и мерки во потсекторот транспорт“, од ова поглавје е кажано дека според направените анализи вообичаено возилата се паркирани 80% од времето. Ако се работи за електрични возила тие може во тој период постојано да бидат приклучени на електричната мрежа и да се користат за паметно полнење, односно кога има евтина електрична енергија на пазарот на електрична енергија или за балансирање на системот. Според тоа, паметното полнење може да служи како одговор на побарувачката и на производството и да овозможи поголемо продирање на обновливите извори на енергија во енергетскиот систем со занемарливи дополнителни трошоци, бидејќи батериите и полначите се плаќаат од корисниците. За дополнителните трошоци да бидат мали потребно е паметно да се планира зголемувањето на застапеноста на електричните возила.

За таа цел, во овој докторски труд направена е часовна анализа на сценаријата развиени во претходното поглавје (Патеки за одржлив развој на енергетскиот систем преку ублажување на климатските промени), надополнети со предложените мерки во транспортниот систем во категоријата патнички автомобили.

3.4.13.1 Референтно сценарио (SBUR_WOM)

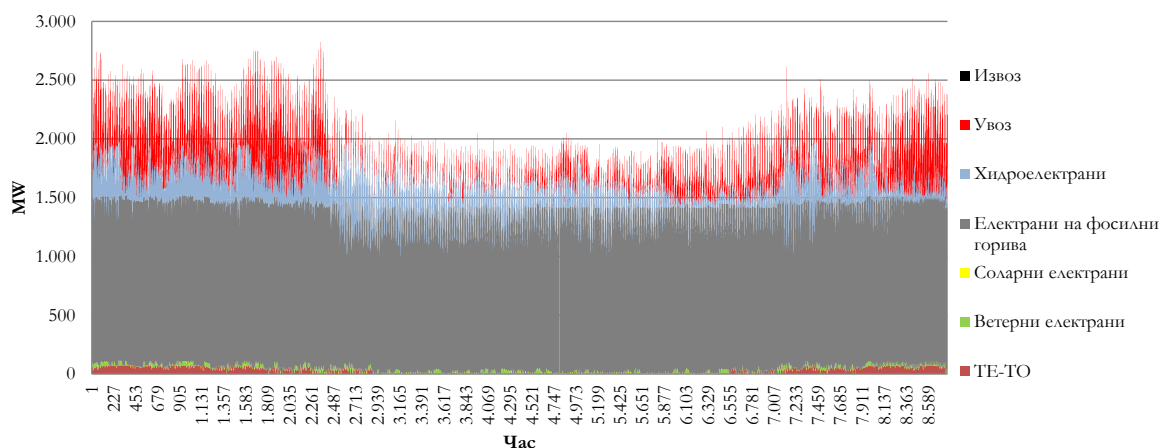
Резултатите добиени од EnergyPLAN моделот покажуваат дека во Референтното сценарио (SBUR_WOM), обновливите извори во производството на електрична енергија учествуваат со 12,7%. Исто така, од сликата 3.57, може да се забележи дека во системот нема проблеми во однос на критичен извоз на електрична енергија што укажува на тоа дека системот е добро балансиран.



Слика 3.57. Производство, увоз и извоз на електрична енергија во 2035 година – SBUR_WOM сценарио

3.4.13.2 Референтно сценарио (SBUR_WOM) со мерки во транспортот

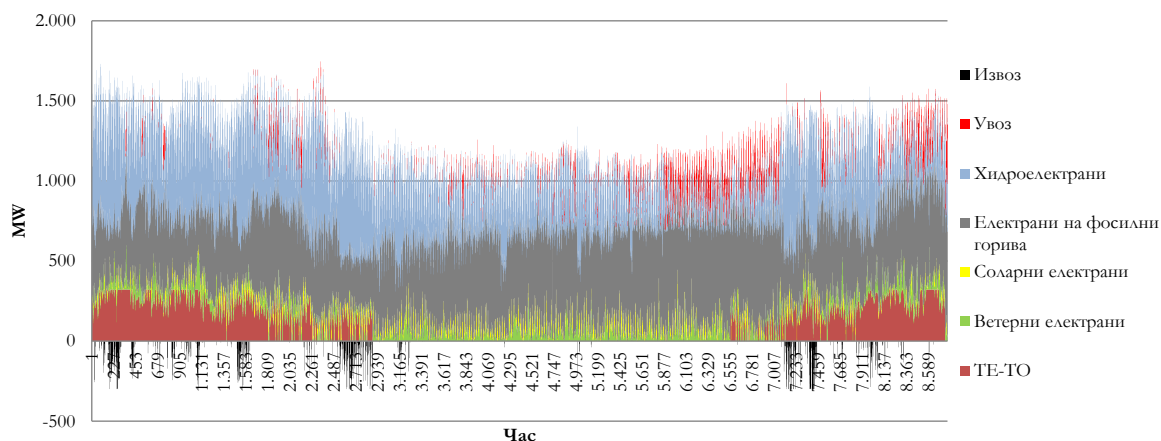
Доколку во Референтното сценарио се вклучат и мерките во транспортот, кои се во насока на негова електрификација, од сликата 3.58 може да се забележи дека повторно нема критичен извоз на електрична енергија. И во овој случај учеството на обновливите извори за производство на електрична енергија учествуваат со 12,7%. Како резултат на примена на мерките во транспортниот систем со возила кои трошат помалку во однос на конвенционалните возила се допринесува за намалување на CO₂ емисиите за 1% во однос на Референтното сценарио.



Слика 3.58. Производство, увоз и извоз на електрична енергија во 2035 година – SBUR_WOM сценарио со мерки во транспортот

3.4.13.3 Поамбициозно сценарио за ублажување (SBUR_WAM)

Реализација на Поамбициозното сценарио за ублажување од Вториот двогодишен извештај за климатски промени придонесува за драстично зголемување на учеството на обновливите извори во производство на електрична енергија. Според ова сценарио во 2035 година учеството на обновливите извори се предвидува да биде 39,7% од вкупното производство. Иако има драстично намалување на емисиите на стакленички гасови за 50% во однос на Референтното сценарио, од часовната распределба на производството, увозот и извозот на електрична енергија (слика 3.59), може да се забележи дека се појавуваат часови во кои има критичен извоз и тоа во 10% од часовите во текот на годината. Овој критичен извоз достигнува и до 300 MW, а минималниот изнесува 10 MW. Овој проблем допринесува за дебаланс во системот и за негово решавање се потребни дополнителни финансиски средства.

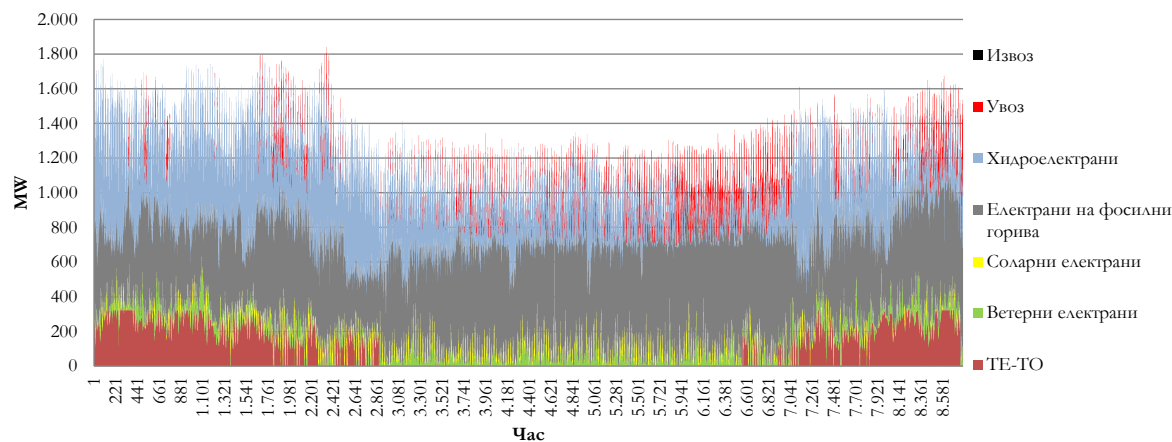


Слика 3.59. Производство, увоз и извоз на електрична енергија во 2035 година – SBUR_WAM сценарио

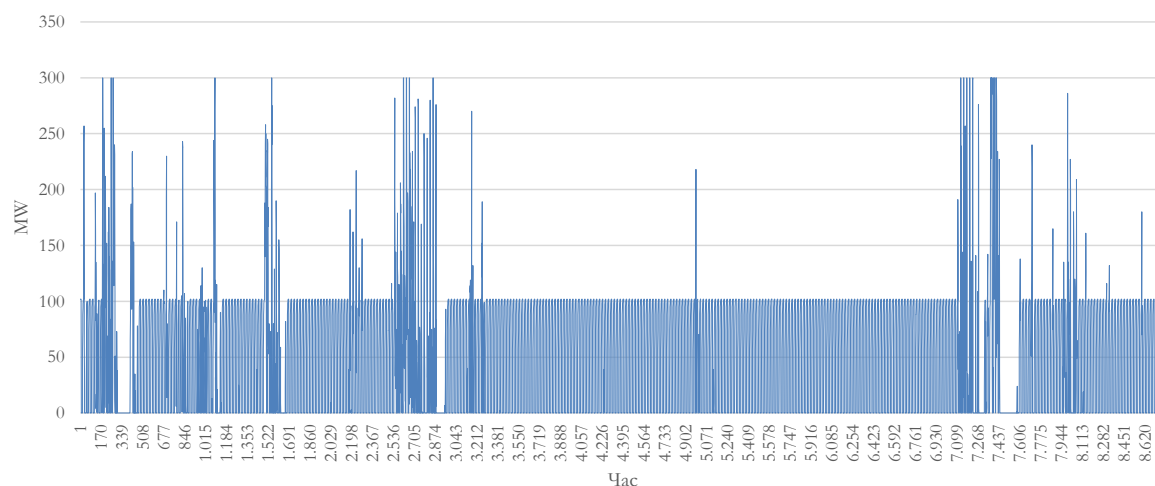
3.4.13.4 Поамбициозно сценарио за ублажување (SBUR_WAM) со мерки во транспортот

Еден од начините за решавање на проблемот со критичниот извоз кој се појавува со поголемото вклучување на обновливите извори на енергија е вклучувањето на електричните автомобили. Според тоа, доколку се применат предложените мерки во транспортот, од слика 3.60 може да се забележи дека критичниот извоз ќе се намали на нула. Во овој случај, учеството на обновливите извори во вкупното производство се зголемува за 1,4% и изнесува

41,1%. Часовната распределба на полнењето на автомобилите е прикажана на сликата 3.61, каде што може да се забележи дека во критичните часови е искористен потенцијалот на електричните автомобили.

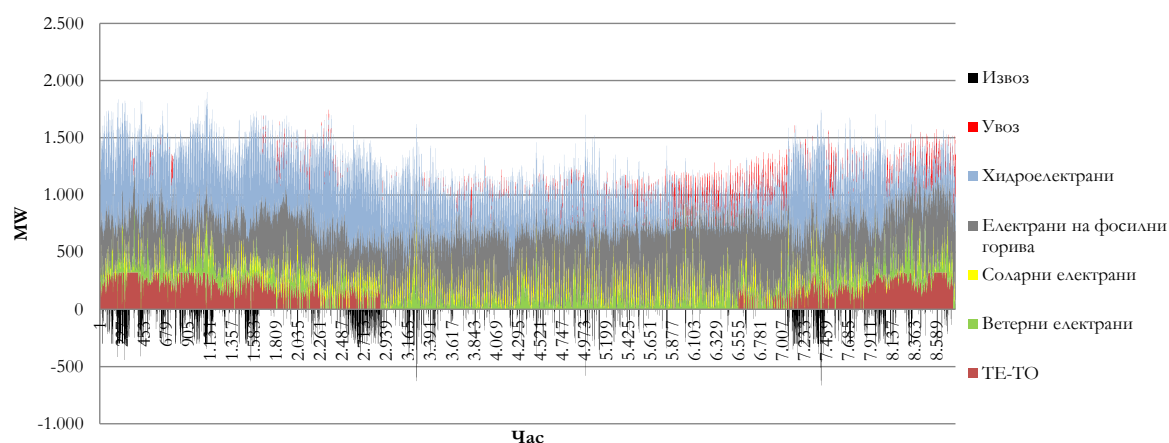


Слика 3.60. Производство, увоз и извоз на електрична енергија во 2035 година – SBUR_WAM сценарио со електрификација на транспортот

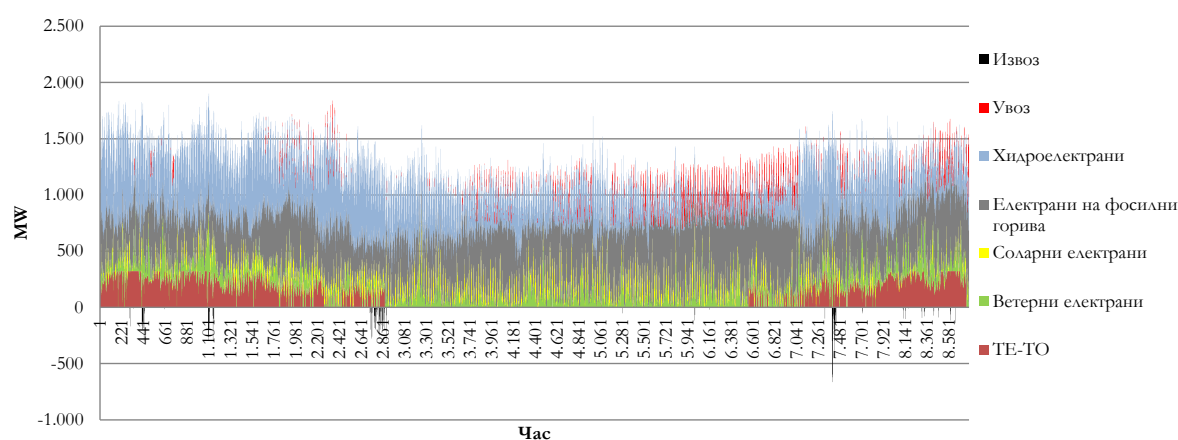


Слика 3.61. Полнење на електричните автомобили во 2035 година - SBUR_WAM сценарио со електрификација на транспортот

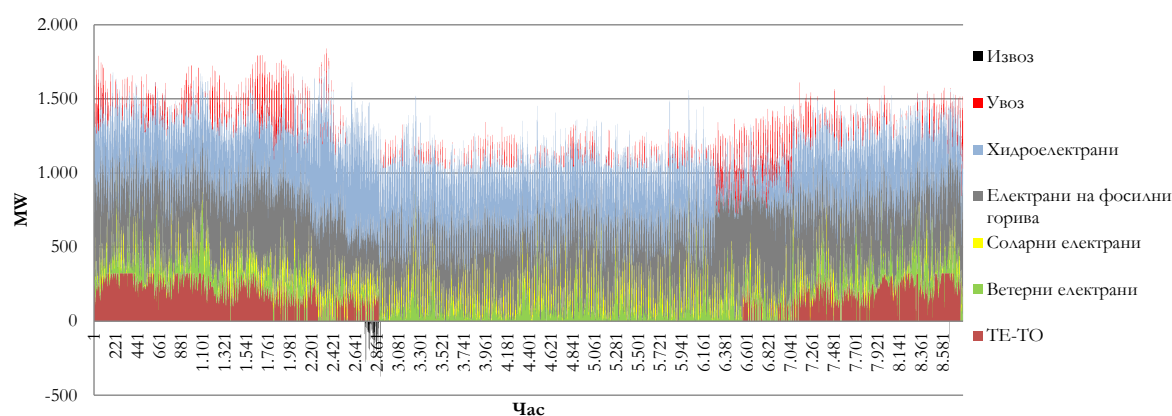
За да се испитаат максималните можностите на електричните автомобили за поголем продор на обновливи извори на енергија, беше креирано и сценарио со вклучување на двојно повеќе ветерни (600 MW) и фотонапонски (400 MW) електрани во однос на SBUR_WAM сценариото. Во овој случај уделот на обновливите извори на енергија во вкупното производство достигнува околу 50%. Доколку во системот не се вклучени мерките од транспортниот систем, може да се забележи (слика 3.62) дека во 24% од часовите има критичен извоз. Со примена на предложените мерки во транспортот, уделот на часови во кои има критичен извоз на годишно ниво се намалува на 2% (слика 3.63). Дополнително на тоа, доколку се направи паралелна оптимизација на акумулациите на хидроелектрани и електричните автомобили, тогаш уделот на критичните часови се сведува на помалку од 1% (слика 3.64).



Слика 3.62. Производство, увоз и извоз на електрична енергија – двојно повеќе ветерни и фотонапонски електрани во однос на SBUR_WAM сценарио



Слика 3.63. Производство, увоз и извоз на електрична енергија – двојно повеќе ветерни и фотонапонски електрани во однос на SBUR_WAM сценарио со електрификација на транспортот



Слика 3.64. Производство, увоз и извоз на електрична енергија – двојно повеќе ветерни и фотонапонски електрани во однос на SBUR_WAM сценарио со електрификација на транспортот и оптимизација на хидроелектраните

3.5 Анализа на топлинска енергија во потсекторот згради

Според Светската здравствена организација (СЗО) околу 6,5 милиони годишно или 18.000 луѓе дневно умираат како резултат на загадувањето на воздухот. Се смета дека тоа е четвртиот по големина „убиец“ на луѓето веднаш после крвниот притисок, неправилната исхрана и пушењето. Оттука се поставува прашањето колку се дозволените концентрации

на штетни супстанции за да се намали смртноста. Критериумите кои што се поставени од страна на СЗО, претставени во Упатството за квалитетот на воздухот (Air Quality Guidelines), се доста високи:

- просечна годишна концентрација за $PM_{2.5}$ не треба да надминува $10 \mu g/m^3$, односно 24 часовна концентрација $25 \mu g/m^3$;
- просечна годишна концентрација за PM_{10} не треба да надминува $20 \mu g/m^3$, додека 24 часовна концентрација не треба да надминува и $50 \mu g/m^3$.

Според овие вредности, граѓаните во Скопската котлина се постојано изложени на повисоки концентрации од дозволените. Годишен извештај за квалитетот на животната средина на Министерството за животна средина и просторно планирање за 2015 година (МЖСПП) покажува дека просечната годишна концентрациите на $PM_{2.5}$ во 2015 за Центар изнесувала $40,14 \mu g/m^3$, а за Карпош $50,51 \mu g/m^3$. Од друга страна, концентрацијата на PM_{10} во овие две општини на градот Скопје изнесувала $72,82 \mu g/m^3$ и $57,06 \mu g/m^3$, соодветно. Проблемот со загадувањето на воздухот во градот Скопје е стар проблем, а за тоа говорат и годишните извештаи од МЖСПП, каде на пример, за 2005 година е регистрирана просечна годишна концентрација во Центар од $104,09 \mu g/m^3$, а во Карпош од $92,01 \mu g/m^3$.

За да се премине кон решавање на проблемот со загадување за градот Скопје потребно е најпрво да се одредат најголемите загадувачи. За таа цел, релевантни институции во изминатите години направија серија на анализа и студии за да утврдат во кој период од годината се јавуваат најголемите концентрации на загадувачки супстанции. Согласно овие студии највисоките концентрации, кога се анализираат просечните месечни или дневни концентрации, се јавуваат во текот на зимскиот период за време на грејната сезона. Овие наоди укажуваат дека греењето е најголемиот загадувач на воздухот во Скопската котлина, и тоа загревањето на домаќинствата во најголем дел. Ваквите наоди се потврдуваат и во студијата изработена од страна на Финскиот метеоролошки институт во рамките на „твининг“ проект со МЖСПП каде е пресметано дека 90% од вкупните емисии на РМ честичките доаѓаат од загревање на домаќинствата.

Иако овие студии покажуваат колкава е стапката на загадувањето и укажуваат на тоа кои се загадувачите, сепак информациите и податоците кои тие ги содржат се општи и како такви не се доволни за соодветно планирање и реализација на успешни активности на микро ниво. Од таа причина, во јануари 2017, УНДП во соработка со Град Скопје и Министерството за животна средина и просторно планирање спроведе истражување за начините на греење на домаќинствата, на репрезентативен примерок од 5044 домаќинства од целиот Скопски регион (сите 17 општини). Наодите се анализирани и резултатите презентирани во извештајот „Научно – истражувачката студија: Како се загреваат домаќинствата во Скопје?“. Како дел од Вториот двогодишен извештај за климатски промени направено е моделирање на резултатите од анкетата на UNDP во MARKAL-Скопје моделот (Студија за греење на градот Скопје анализа на политики и мерки - СТУГРЕС). Резултатите се прикажани во продолжение.

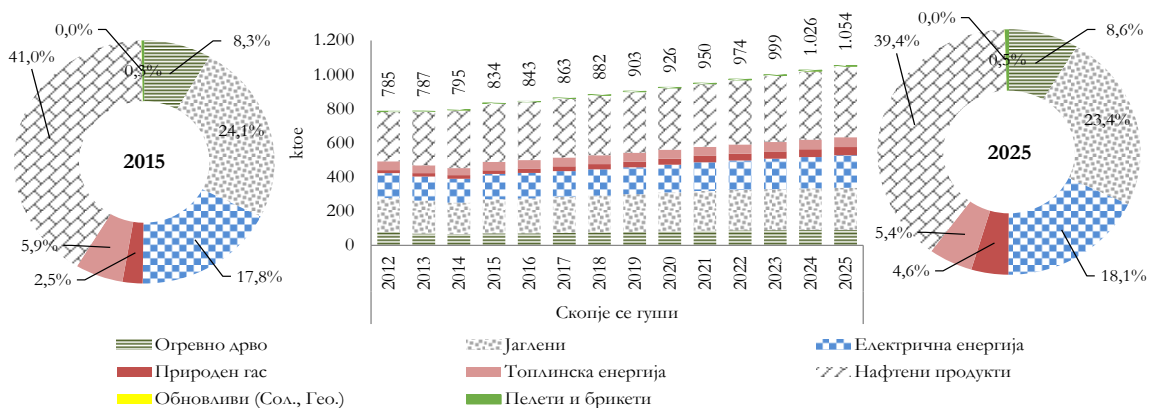
3.5.1 Референтно сценарио – Скопје се гуши

Потрошувачка на енергија

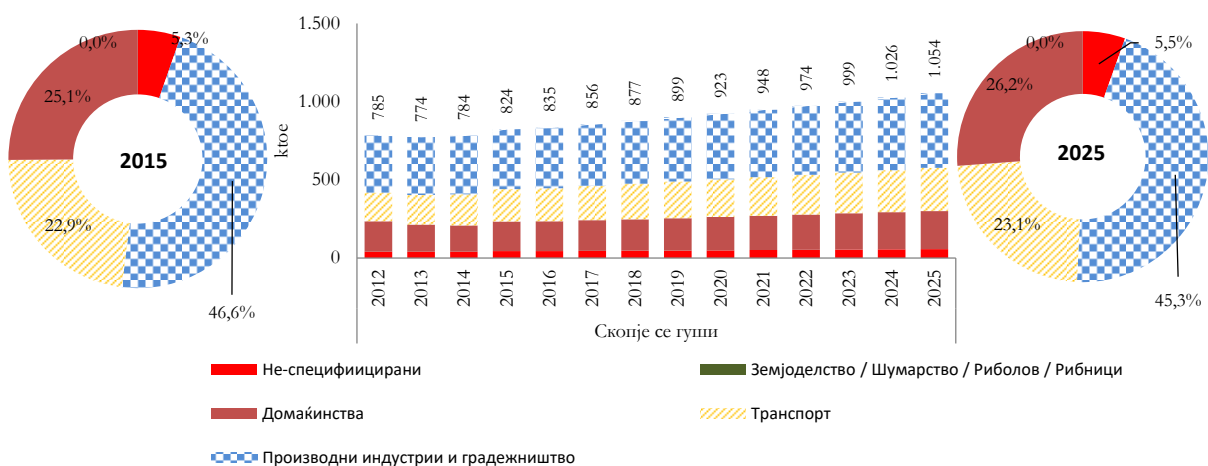
Земајќи ги во предвид трошоците за енергенти, цената за инсталирање на нова технологија, ефикасноста на технологиите, нивниот животен век, како и ограничувањето дека во сценариото „Скопје се гуши“ не може да се користат технологии понови од оние што постојат во 2015 година, MARKAL моделот врз основа на најниски трошоци, а истовремено земајќи ги во предвид потребите од енергија во секој од потсекторите, за финалната потрошувачка на енергија по енергенти (слика 3.65) се добива:

- зголемување на финалната потрошувачка за 26,3% во 2025 во однос на 2015 година;

- ▶ континуирано доминантно учество на нафтените продукти во текот на целиот период од околу 40%;
- ▶ втор енергент со најголемо учество во текот на целиот период се јаглените со околу 24% (99% се користи во потсекторот производни индустрии и градежништво), а трет е електричната енергија со околу 18%;
- ▶ од обновливи извори најзастапено е огревното дрво со околу 8,5% (над 95% се користи во домаќинствата) и пелетите и брикетите со околу 0,4% во текот на целиот период.



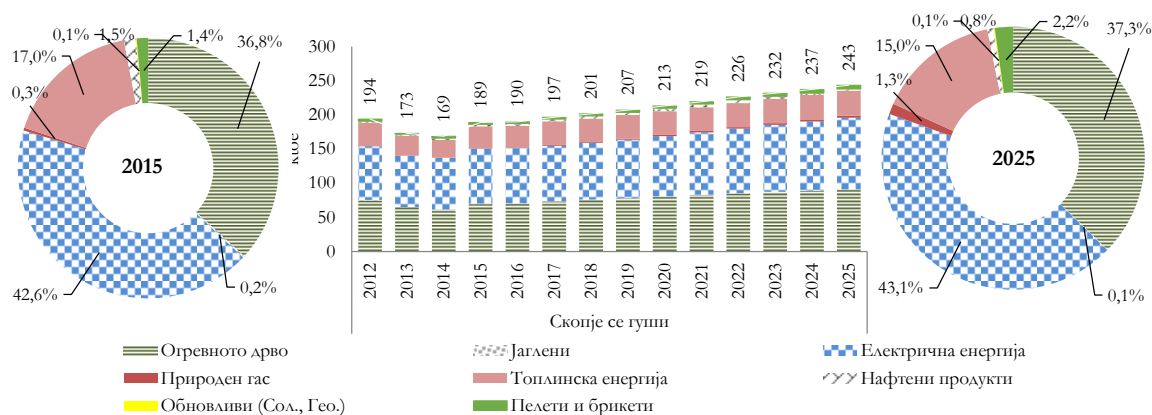
- ▶ речиси половина од потрошувачката на енергија е од потсекторот производни индустрии и градежништво (околу 45% во текот на целиот период);
- ▶ домаќинствата и транспортот имаат приближно исто учество во финалната потрошувачка на енергија од 26% и 23%, соодветно во 2025 година како во 2015 година.



За целите на овој докторски труд од интерес е потсекторот домаќинства, а особено соодносот на енергенти кој се користи во овој потсектор. Од резултатите добиени може да се заклучи (слика 3.67):

- ▶ вкупното зголемување на финалната потрошувачка на енергија од 28,8% во 2025 година (243 ktoe) во однос на 2015 година (189 ktoe);

- ▶ доминантно учество имаат електричната енергија и огревното дрво, со заедничко учество од околу 80% во текот на целиот период;
- ▶ учество на огревното дрво од 37% во текот на целиот период;
- ▶ благо намалување на учеството на топлинската енергија од 17% во 2015 на 15% во 2025 година;
- ▶ благо зголемување на учеството на пелетите и брикетите од 1,4% во 2015 на 2,2% во 2025 година.

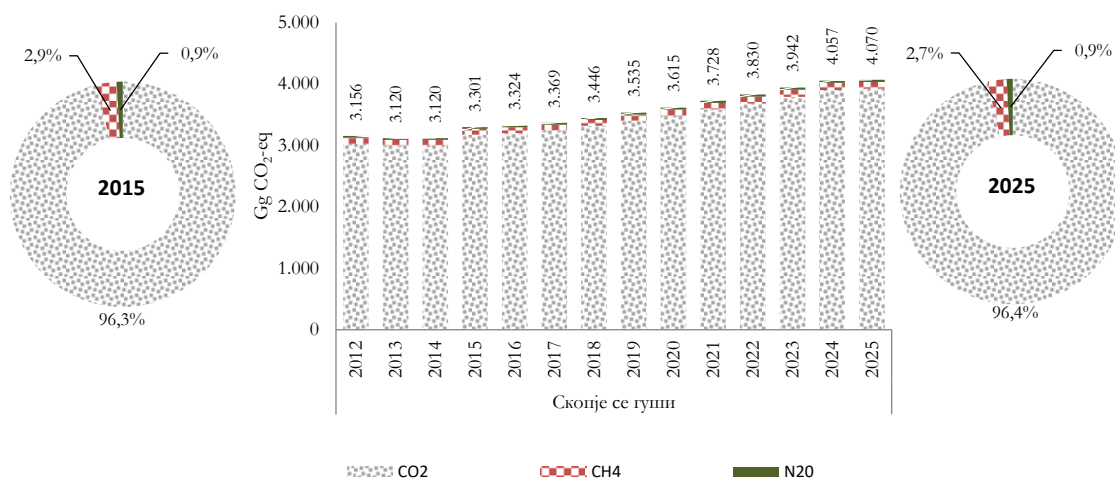


Слика 3.67. Финална потрошувачка на енергија по енергенти во потсекторот домаќинства во сценариото „Скопје се гуши“

Емисиите на стакленички гасови

Затоа што се работи за референтно сценарио нема имплементација на мерки/политики за намалување на емисиите на стакленички гасови, нема ниту воведување на ограничувања за колку тие да изнесуваат во текот на периодот од 2015-2025 година. Како резултат на тоа вкупните емисиите на стакленички гасови континуирано се зголемуваат (слика 3.68) и притоа може да се извлечат следните заклучоци:

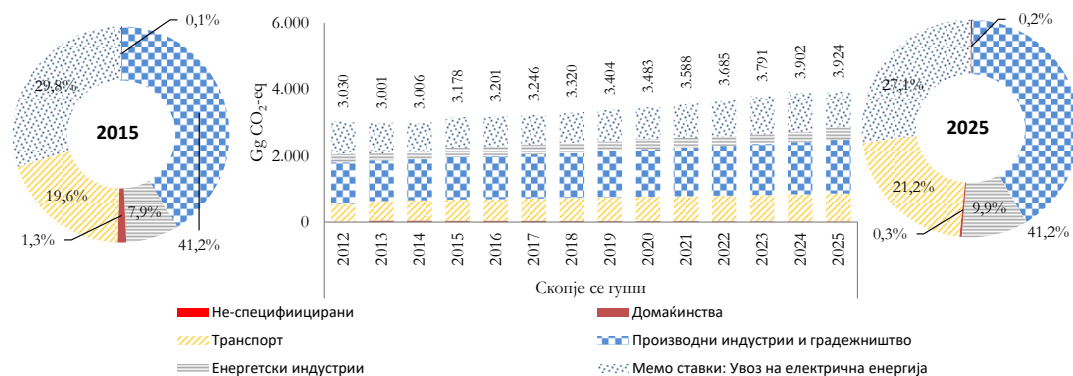
- ▶ пораст за 23,3% во 2025 (4.070 Gg CO₂-eq) година во однос на 2015 (3.301 Gg CO₂-eq);
- ▶ доминантно учество на CO₂ од 96% во текот на целиот период;
- ▶ учество на CH₄ од 2,7% и на N₂O од 0,9% во 2025 година.



Слика 3.68. CO₂-eq емисии по гасови во сценариото „Скопје се гуши“

Анализите по поединечни гасови, по потсектори покажуваат:

- ▶ зголемување на CO₂ емисиите за 23,5% во 2025 во однос на 2015 година и доминантно учество на Производните индустрии и градежништво со околу 41% во текот на целиот период (слика 3.69);
- ▶ големата потрошувачка на огревното дрво и електрична енергија овозможуваат потсекторот домаќинства да има минимално учество во CO₂ емисиите со 0,3% во 2025 година (слика 3.69);



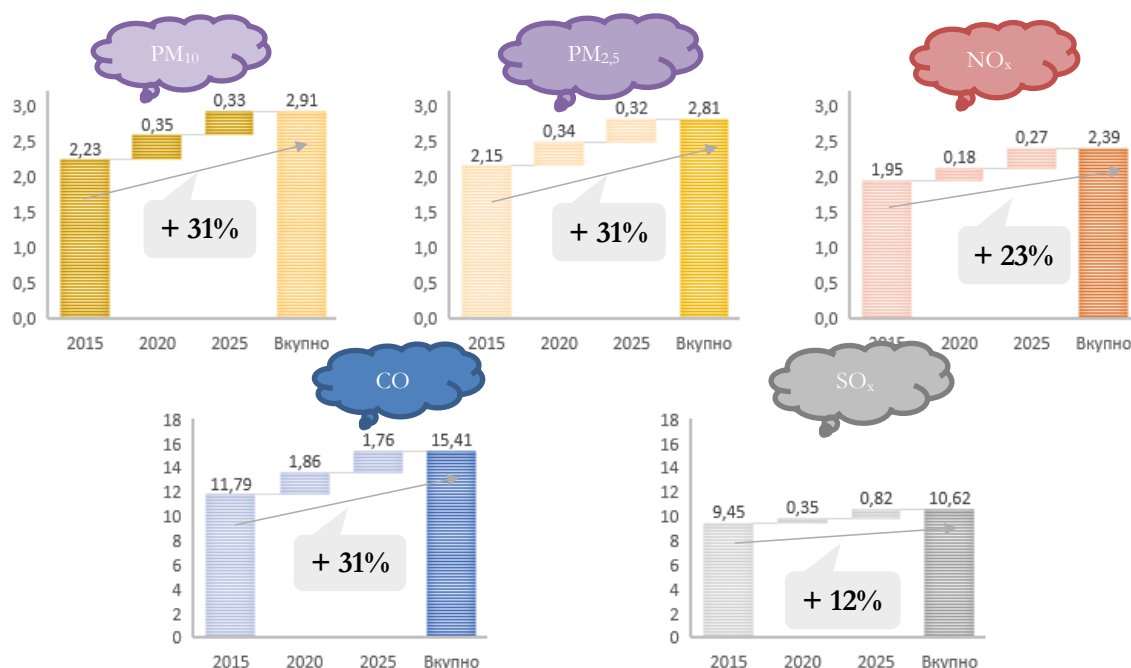
Слика 3.69. CO₂ емисии по потсектори во сценариото „Скопје се гушти“

Локални емисии

За потребите на овој докторски труд, MARKAL моделот беше прилагоден да може како излезен резултат за секоја технологија којашто се користи за греење во потсекторот домаќинство да ги пресметува и локалните емисии, притоа користејќи ја Ниво 2 методологијата за емисиони фактори пропишана од Европската агенција за животна средина. Врз основа на потрошувачката на енергенти, а пред се на потрошувачката на огревно дрво, технологиите кои се користат за греење и нивната ефикасност, како и развојот на потсекторот домаќинства во градот Скопје добиени се следните резултати (слика 3.70):

- ▶ континуирано зголемување на локалните емисии;
- ▶ најголемо зголемување на PM₁₀, PM_{2,5} и CO за по 30,5% во 2025 во однос на 2015 година;
- ▶ зголемување на NO_x за 23% во 2025 во однос на 2015 година;
- ▶ зголемување на SO_x за 12,4% во 2025 во однос на 2015 година.

Резултатите покажуваат дека огревното дрво е најголемиот локален загадувач. Од друга страна, тоа е обновлив извор на енергија, и како таков е поволен за намалување на емисиите на стакленички гасови (CO₂ емисиите од согорувањето на огревното дрво не се земаат во предвид затоа што се смета дека тоа за време на својот животен век има исто толку апсорбирано). Доколку не се преземат одредени мерки за намалување на локалното загадување тоа не само што нема да се намали туку и би се зголемило.



Слика 3.70. Локални емисии во сценариото „Скопје се гушти“ [kt]

3.5.2 Скопје дише

Во истражувањата направени во овој докторски труд, а како дел од Студијата за греење на градот Скопје анализа на политики и мерки – СТУГРЕС финансирана од UNDP анализирани се ефектите врз намалувањето на загадувањето од три мерки и тоа изградба на енергетски ефикасни згради, промена на начинот на греење (ефикасни технологии) и зголемено прифаќање на централното греење. Доколку се имплементираат трите мерки заедно нивниот ефект нема да биде прост збир во однос на параметрите коишто се анализираат. Поради тоа овие три мерки се искористени за креирање на сценарио „Скопје дише“ со чија помош е анализиран ефектот од нивната заедничка имплементацијата. Претпоставките направени за секоја од мерките поединечно се вградени и во самото сценарио.

Потребни финансии

Затоа што мерката изградба на ефикасни згради во голем дел се препокрива со останатите две мерки, ефектите од овие мерки во поглед на број на домаќинства се намалени. Во ова сценарио се предвидува дека во 2025 година во урбана средина:

- ▶ 55,1% од домаќинствата (околу 126.700) ќе бидат опфатени со една од мерките;
- ▶ 15.600 домаќинства ќе ги исполнуваат најстрогите критериуми за енергетски ефикасен објект;
- ▶ 20.400 домаќинства ќе користа поефикасни печки на огревно дрво;
- ▶ 7.280 домаќинства ќе користат печки на пелети;
- ▶ 16.280 домаќинства ќе користат топлотни пумпи;
- ▶ 2.700 домаќинства ќе користат печки на природен гас;
- ▶ ќе се зголеми бројот на домаќинства коишто го користат системот за централно греење за околу 21% во 2025 во однос на 2015 година.

Во рурална средина се предвидува дека:

- ▶ 42% од домаќинствата (околу 25.400) ќе бидат опфатени со една од мерките;

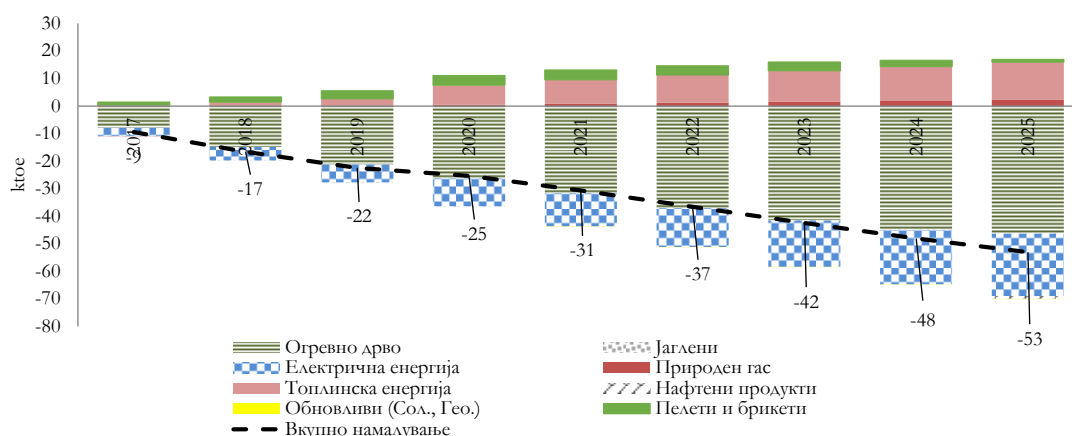
- 2.500 домаќинства ќе ги исполнуваат најстрогите критериуми за енергетски ефикасен објект;
- 3.900 домаќинства ќе користат поефикасни печки на огревно дрво;
- 850 домаќинства ќе користат печки на пелети;
- 3.100 домаќинства ќе користат топлотни пумпи;
- 260 домаќинства ќе користат печки на природен гас.

За реализација на ова сценарио потребни се 356 мил. EUR за периодот од 2017 до 2025 година. Дополнително се потребни 212 мил. EUR за изградба на нови ТЕ-ТО.

Заштеда на финална потрошувачка на енергија

Имплементирањето на сите мерки доведува до значително намалување на финалната потрошувачка на енергија во потсекторот домаќинства, којашто во 2025 година достигнува 22% споредено со сценариото „Скопје се гуши“ (слика 3.71). Останатите резултати покажуваат:

- најголемо намалување кај огревно дрво за 50%;
- намалување на електричната енергија за околу 45%;
- зголемување на топлинската енергија за околу 37%;
- зголемување на природниот гас за 70%.

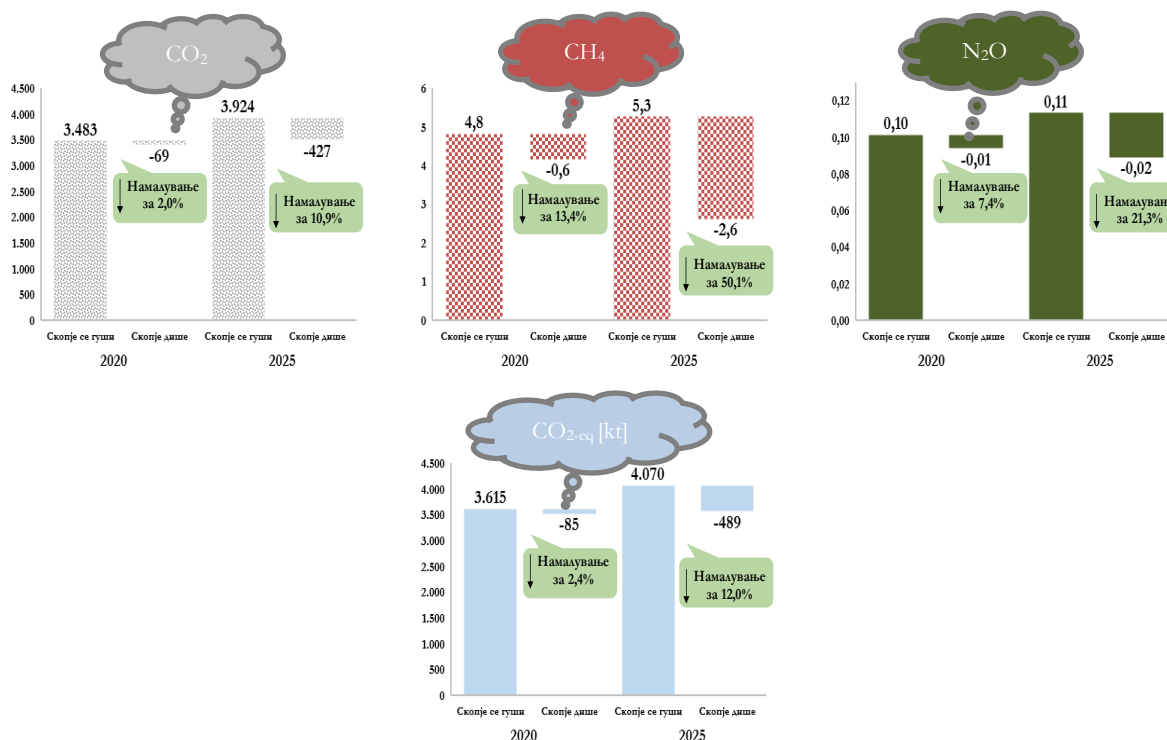


Слика 3.71. Заштеда на финална потрошувачка на енергија по енергенти кај сценариото „Скопје дише“ во однос на сценариото „Скопје се гуши“

Намалување на емисиите на стакленички гасови

Намалувањето на финалната потрошувачката (особено на огревно дрво) и отворањето на новите ТЕ-ТО придонесуваат за:

- намалување на емисиите на CO₂ за околу 11%,
 - значително намалување на емисиите на CH₄ за околу 50%,
 - намалување на N₂O за околу 21%,
- во 2025 година во однос на сценариото „Скопје се гуши“ (слика 3.72).



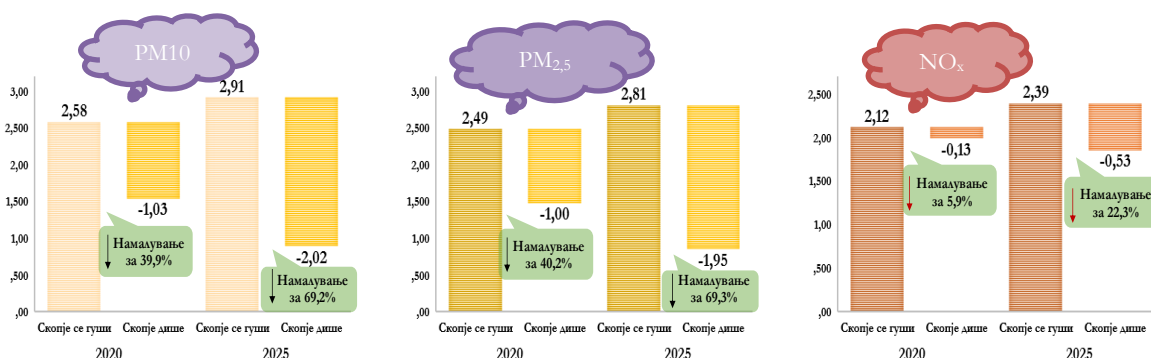
Слика 3.72. Намалување на емисии на стакленички гасови кај сценариото „Скопје дише“ во однос на сценариото „Скопје се гуши“

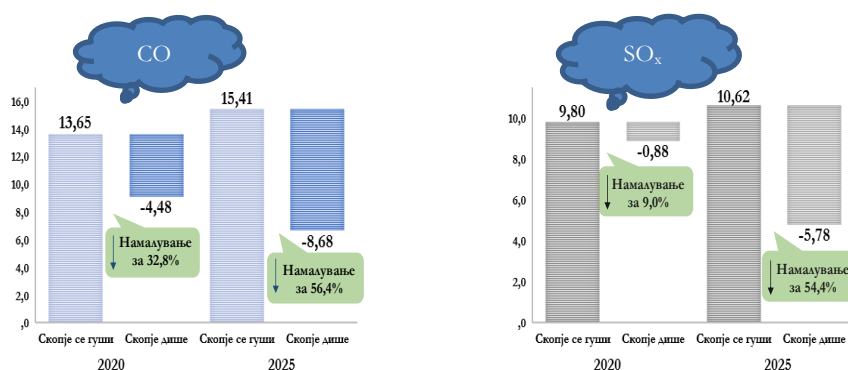
Намалување на локалните емисии

Името на сценариото „Скопје дише“ најдобро може да се оправда и опише со помош на сликата 3.73. Имено, во ова сценарио има:

- ▶ енормно намалување на PM₁₀ и PM_{2,5} емисиите од околу 70%,
- ▶ драстично намалување на CO и SO_x емисиите од околу 55%,
- ▶ намалување на NO_x емисиите од околу 22%,

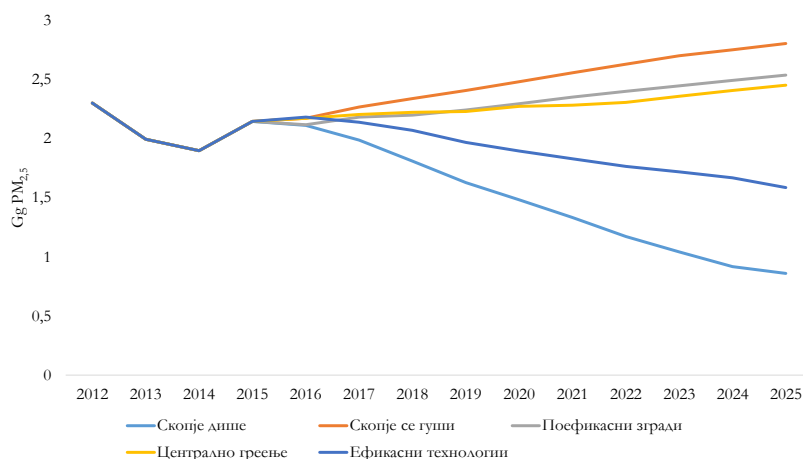
во 2025 година во однос на сценариото „Скопје се гуши“.





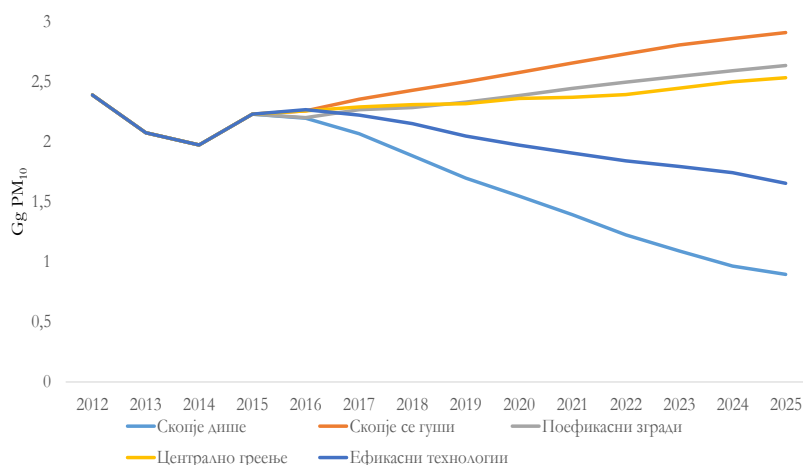
Слика 3.73. Намалување на локалните емисии кај сценариото „Скопје дише“ во однос на сценариото „Скопје се гуши“

Континуираното намалување на PM_{2,5} како една од најштетните честички е дополнително прикажано на сликата 3.74 и јасно се гледа дека во однос на честичките од загревање на домовите во 2015 година има намалување за 60 %. Дополнително на сликата прикажани се и локалните емисиите од трите мерки поединечно.



Слика 3.74. Споредба на PM_{2,5} во сценаријата „Скопје се гуши“ и „Скопје дише“ и секоја мерка поединечно

Во однос на 2015 година, PM₁₀ се предвидува да се намалат за 60% (слика 3.75), CO за 43%, NO_x за 4,4% и SO_x за 50% во 2025.



Слика 3.75. Споредба на PM₁₀ во сценаријата „Скопје се гуши“ и „Скопје дише“ и секоја мерка поединечно

3.6 Креирање на политики на регионално ниво

Постигнување на одржлив развој на регионално ниво е од огромно значење и за да се дојде до тоа потребно е да има одредено усогласување на политиките кои се преземаат во секоја држава која е дел од некој регион. Во таа насока се и директивите кои се креираат во Европската унија, а кои потоа се имплементираат во секоја од државите членки поединечно. Од друга страна, за земјите коишто претендираат да станат дел од ЕУ потребно е директивите преку Енергетската заедница соодветно да ги транспонираат и во своето законодавство. Од друга страна од голема важност е и при креирање на обврските што ги наметнува Енергетската заедница да се земаат предвид спецификите на секоја земја членка поединечно.

3.6.1 Имплементирање на Директива за Енергетска ефикасност во договорните страни на Енергетската заедница

Министерскиот совет на Енергетската заедница во 2013 година препорача транспонирање на Директивата за енергетска ефикасност со одредени прилагодувања. За таа цел, беше креирана студија која што ја финансираше Енергетската заедница (во која кандидатот активно учествуваше). MARKAL-Македонија моделот е поврзан со MARKAL/TIMES моделите на останатите договорни страни на Енергетската заедница со што е креиран регионален модел. Еден дел од анализите направени во рамките на оваа студија се дел од овој докторски труд, а се однесуваат на транспонирање на член 3 и член 5 од Директивата за енергетска ефикасност.

Сценарија

Со цел да се анализира влијанието на членовите од Директивата за енергетска ефикасност врз договорните страни на Енергетската Заедница најпрво е развиено референтно сценарио во кое е претпоставено постигнување на целта на Директивата за заштеда на енергија од 9% до 2018, целта за обновливи извори на енергија до 2020, како и имплементирање на Директивата за големи енергетски постројки.

За разлика од Европската Унија каде има поставено глобална цел за енергетска ефикасност во 2020 година (од 20%) и 2030 година (од 30%), Енергетската Заедница не го следи овој модел, туку предлага за секоја од договорните страни да има одредена индикативна цел за енергетска ефикасност. Во рамките на овој докторски труд, а како дел од студијата направена за Енергетската Заедница, анализирани се три сценарија за исполнување на членот 3 од Директивата за ЕЕ:

1. Цел за ЕЕ 20-30% - Национална цел за енергетска ефикасност за намалување од 20% на финалната потрошувачка на енергија до 2025 и 30% до 2030;
2. Цел за ЕЕ 19-27% - Национална цел за енергетска ефикасност за намалување од 19% на финалната потрошувачка на енергија до 2025 и 27% до 2030;
3. Цел за ЕЕ 18-25% - Национална цел за енергетска ефикасност за намалување од 18% на финалната потрошувачка на енергија до 2025 и 25% до 2030.

Секое од овие три сценарија е споредено со референтното сценарио.

Годишната стапка на подобрување на ефикасноста која ќе биде потребна од страна на секоја поединечна договорна страна на Енергетската заедница, за постигнување на трите различни цели започнуваат од 1% во периодот од 2009-2018, а достигнуваат најмногу 2% во периодот 2025-2030 во сценариото „Цел за ЕЕ 20-30%“ (табела 3.22).

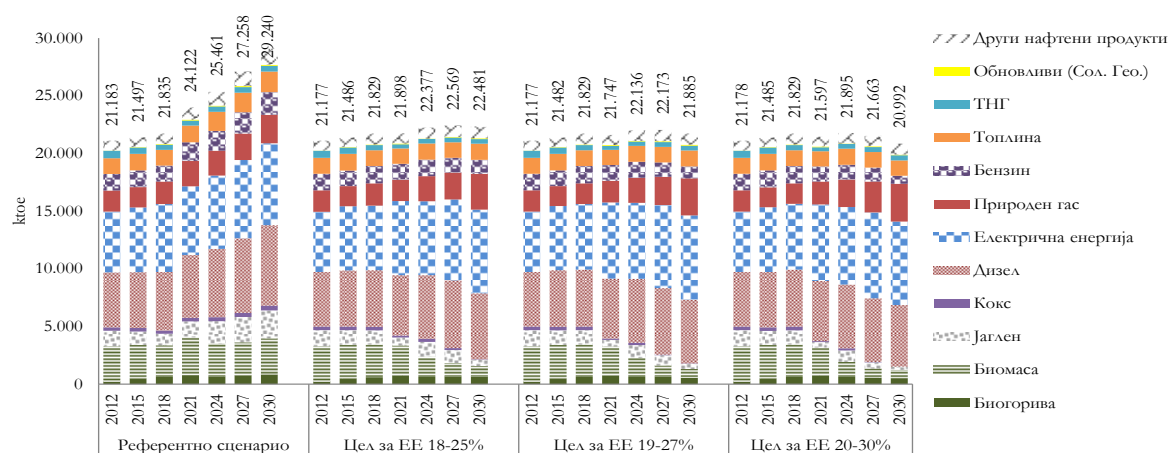
Големи заштеди во финалната потрошувачка на енергија по гориво, за регионот (без Украина), се постигнуваат преку намалување на употребата на биомаса, јаглен, дизел и бензин (слика 3.76). Има мали намалувања на кокс, топлинска енергија и други нафтени продукти. Од друга страна, има зголемување на потрошувачката на електрична енергија и природен гас, особено во подоцнежните периоди. Значителни намалувања се потребни во

периодот од 2021 до 2030 година во сите случаи. Нивото на намалување на финалната потрошувачка на енергија е слично во секое од сценаријата, освен во периодот по 2025 година, каде што сценаријата „Цел за ЕЕ 20-30%“ и „Цел за ЕЕ 19-27%“ покажуваат зголемување на намалувањата.

Табела 3.22. Годишна стапка на подобрување на ефикасноста по временски периоди за секоја од поставените цели

Временски период	Сценарио		
	Цел за ЕЕ 20%-30%	Цел за ЕЕ 19%-27%	Цел за ЕЕ 18%-25%
2009-2018	1,00 %/година	1,00 %/ година	1,00 %/ година
2018-2025	1,57 %/година	1,43 %/ година	1,29 %/ година
2025-2030	2,00 %/година	1,60 %/ година	1,40 %/ година

Кумулативните резултати покажуваат дека во договорни страни на Енергетска заедница разликата во заптедите на енергија е само дополнителни 2% помеѓу најамбициозното сценарио и сценариото „Цел за ЕЕ 18-25%“. Сликата е речиси идентична ако се погледне вкупно потребната енергија (табела 3.23). Во поглед на изградбата на нови производствени капацитети, во регионот без Украина, сценариото „Цел за ЕЕ 18-25%“ покажува благо намалување споредено со референтното сценарио, но во другите две сценарија за да се постигнат целите за енергетска ефикасност потребно е замена на уредите со поефикасни уреди на електрична енергија, што пак предизвикува зголемување на инсталираниот капацитет. Сепак, ситуацијата за Украина во поглед на инсталираниот капацитет е комплетно различна. Имено, секое сценарио бара дополнителен капацитет, но зголемувањето е драматично во сценариото „Цел за ЕЕ 20-30%“, што ја потенцира потребата од поголемо имплементирање на мерки за енергетска ефикасност во потсекторот згради.



Слика 3.76. Финална потрошувачка на енергија по гориво за секое сценарио

Табела 3.23. Кумулативни метрики за сценаријата 2015-2030 – разлика со референтното сценарио

Сценарио	Финална енергија		Примарна енергија		Изградба на електрани	
	SECC	Украина	SECC	Украина	SECC	Украина
Референтно	448.237 [ktoe]	1.551.378 [ktoe]	627.647 [ktoe]	2.515.958 [ktoe]	12,98 [GW]	8,70 [GW]
Цел за ЕЕ 18-25%	-11,23%	-12,53%	-8,35%	-8,75%	-0,13%	14,27%
Цел за ЕЕ 19-27%	-12,15%	-13,26%	-8,74%	-8,75%	0,85%	40,47%
Цел за ЕЕ 20-30%	-13,35%	-14,12%	-9,08%	-10,14%	2,10%	58,57%

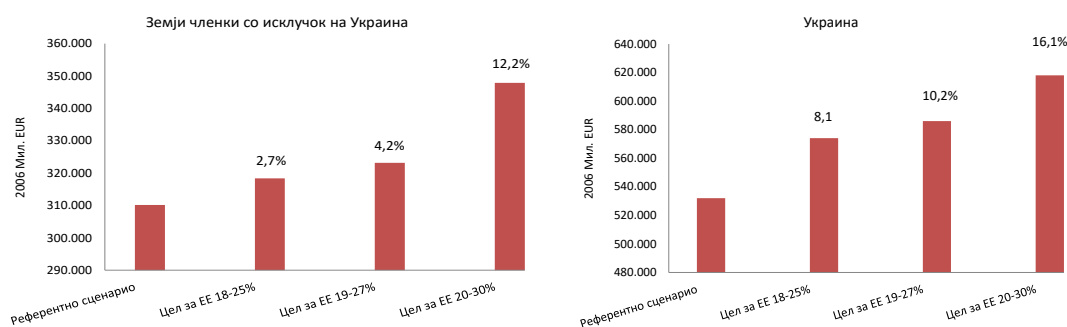
Самото намалување на финалната потрошувачка на енергија дополнително допринесува и за други придобивки, како што се: зголемување на енергетската сигурност, како и придобивки врз економијата и животната средина, коишто се мерат преку намалувањето на: увозот, трошоците за гориво и CO₂ емисиите (табела 3.24). Интересно е да се забележи дека овие придобивки не се многу различни за трите анализирани сценарија и се во опсегот од 10% до 15%.

Табела 3.24. Енергетска сигурност и придобивки врз животната средина од ЕЕ целите – кумулативни вредности за 2015-2030

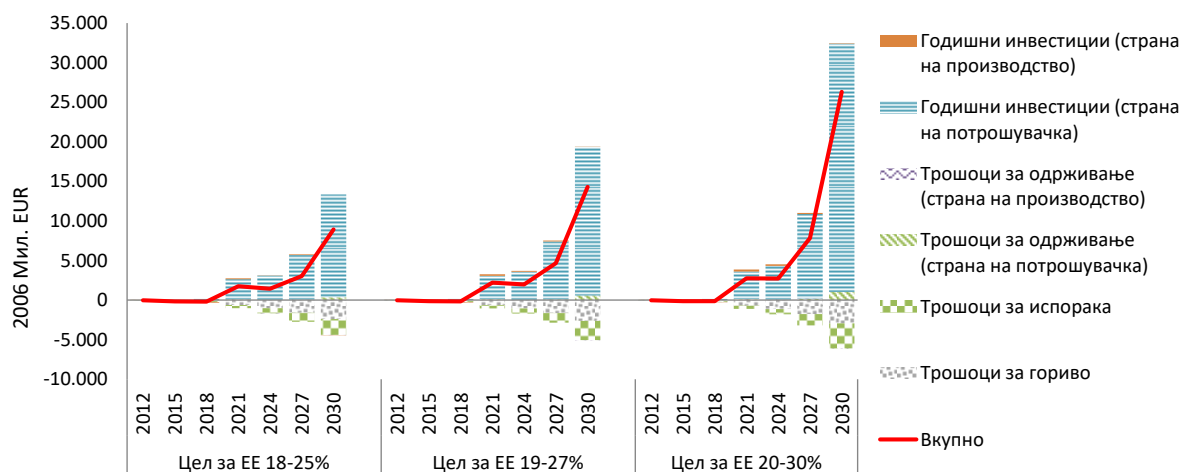
Сценарио	Увоз		Трошоци за гориво		CO ₂ емисии	
	SECC	Украина	SECC	Украина	SECC	Украина
Референтно	266.218 [ktoe]	740.369 [ktoe]	182.872 [2006 MEUR]	448.789 [2006 MEUR]	1.687.315 [kt]	5.384.617 [kt]
Цел за ЕЕ 18-25%	-11,3%	-12,1%	-9,4%	-11,7%	-8,0%	-11,7%
Цел за ЕЕ 19-27%	-12,1%	-13,3%	-10,0%	-12,6%	-8,3%	-12,2%
Цел за ЕЕ 20-30%	-12,6%	-11,2%	-11,0%	-11,9%	-8,8%	-14,6%

Исполнувањето на целите за ЕЕ во сценариото „Цел за ЕЕ 18-25%“ ги зголемуваат вкупните дисконтирани трошоци за целиот енергетски систем за само 2,7% во однос на референтното сценарио, додека во сценариото „Цел за ЕЕ 19-27%“ се зголемуваат а 4,2%. Драматично зголемување има во сценариото „Цел за ЕЕ 20-30%“ од 12,2% споредено со референтното сценарио (слика 3.77). Најголем дел од зголемувањето на трошоците се должи на купување на поефикасни уреди (слика 3.78).

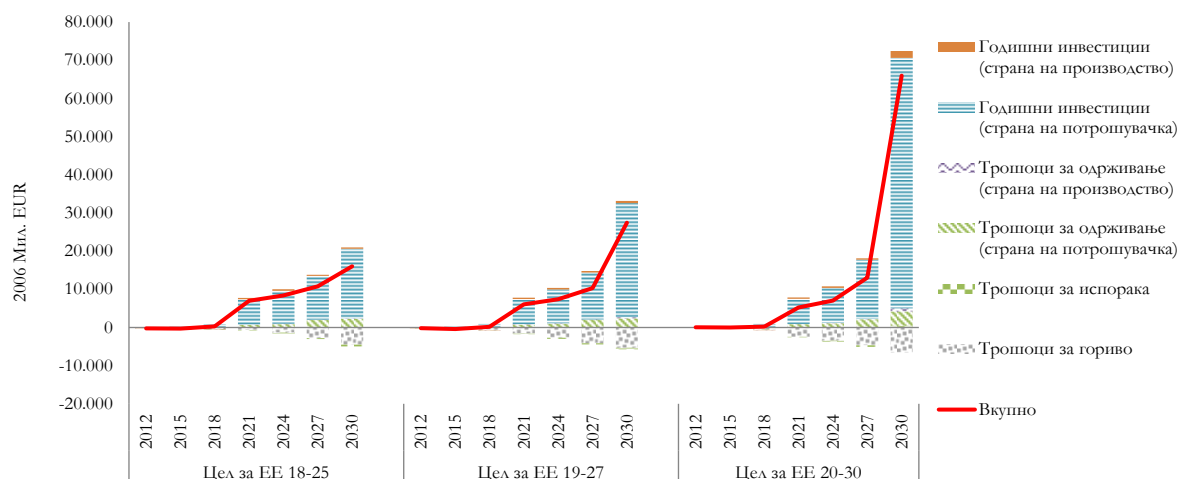
Потребата од поефикасни уреди кои користат електрична енергија и зголемувањето на инсталираниот капацитет во Украина придонесуваат за зголемување на вкупните дисконтирани трошоци за 8,1%, 10,2% и 16,1% во сценаријата „Цел за ЕЕ 18-25%“, „Цел за ЕЕ 19-27%“ и „Цел за ЕЕ 20-30%“, соодветно. Исто како и кај останатите држави, и во Украина најголем дел од трошоците се однесуваат на купување на поефикасни технологии (слика 3.79).



Слика 3.77. Вкупни дисконтирани трошоци за енергетските системи за секое од сценаријата



Слика 3.78. Разлика во вкупните дисконтирани трошоци на енергетскиот систем (за регионот без Украина) за сите сценарија во однос на референтното сценарио, по тип на трошок



Слика 3.79. Разлика во вкупните дисконтирани трошоци на енергетскиот систем (за Украина) за сите сценарија во однос на референтното сценарио, по тип на трошок

Остварувањето на цели повисоки од дефинираните во сценариото „Цел за ЕЕ 18-25%“ резултираат во нагло зголемување на вкупните трошоци на енергетскиот систем во однос на референтното сценарио. Истовремено, зголемувањето на кумулативните заштеди на енергија се во опсегот од 10%-20%. Врз основа на овие анализи, Секретаријатот на Енергетската Заседница го прифати сценариото „Цел за ЕЕ 18-25%“ како најсоодветно за имплементација во нејзините договорни страни.

Член 5 – Реновирање на згради

Со членот 4 од Директивата за ЕЕ се бара воспоставување на долгорочна стратегија за инвестирање во реновирањето на згради од потсекторите домаќинства и комерцијален со цел да се подобри нивната енергетска ефикасност. Со членот 5 се наметнува обврска за годишно реновирање од минимум 3% од вкупните површини на зградите (кои се греат или ладат) кои се во сопственост или ги користат телата на централната власт.

Просечната цена на реновирање за секој тип на зграда и вообичаената заштеда на енергија како резултат на реновирањето се пресметани врз основа на податоците за Република Чешка и други држави во регионот (табела 3.25).

Табела 3.25. Трошоци за реновирање на згради (EUR/m²)

Мерки	Цена на мерка (EUR/m ²)
	Канцеларии/едукација/здравствени згради
Замена на прозорци	26
Надворешна изолација (100 mm)	25
Изолација на кров - закосен	12
Изолација на кров - рамен	7
Изолација на под	3
Изолација на приземје	18
Изолација на подот до подрумот	6
Регулација на системот за греење	4
Инсталација на единица за регенерација на топлина и распределба на воздухот	31

Врз основа на процената на површината на јавните згради на централната власт и податоците за трошоците за обнова, пресметани се годишните трошоци за секоја држава (табела 3.26).

Табела 3.26. Проценети годишни трошоци за реновирање на зградите на централната власт (Милиони EUR - недисконтирани)

Земја	Годишни трошоци за реновирање на 2% од зградите на централната власт	Годишни трошоци за реновирање на 3% од зградите на централната власт	Зголемување на цената
Албанија	5.093	7.639	2.546
БиХ	8.603	12.905	4.302
Косово	3.507	5.261	1.754
Македонија	2.149	3.223	1.074
Молдавија	4.702	7.053	2.351
Црна Гора	4.351	6.527	2.176
Србија	25.208	37.812	12.604
Украина	77.001	115.501	38.500
Вкупно	130.614	195.921	65.307

Зголемувањето на цената при стапка на реновирање од 3% во однос на стапка на реновирање од 2% е вкупно 65,3 милиони евра годишно, со тоа што 59% се во Украина, 19,3% во Србија и 6,6% во Босна и Херцеговина. Останатите земји имаат удел од 2% до 4%.

Вкупната површина за обнова на зградите варира од околу 20.000 m² во Република Македонија до 65.000 m² во Босна и Херцеговина, до над 200.000 m² во Србија и до речиси 650.000 m² во Украина. Затоа, може да се препорача целта за обнова на зградите во сопственост на Централната власт да биде 2%. Стапката од 2% е особено погодна за земјите со висок процент на објекти во сопственост или на користење од централната власт како Црна Гора или Украина. Земјите каде јавните згради имаат мал удел во комерцијалните згради би можеле да усвојат повисока стапка од 3% доколку можат да го преземат дополнителниот финансиски товар.

3.6.2 Регионален пазар на електрична енергија

Подолг период за регионот на Југоисточна Европа и во рамките на Енергетската заедница се разгледуваат разни начини за воспоставување на регионално тргување со електрична енергија и тоа: регионалното спојување на националните пазари преку механизмот на пазарно спојување, платформа за регионално балансирање и регионална алокација на преносен капацитет.

Типично за регионот на Југоисточна Европа е високиот степен на фрагментација на пазарите поради малата големина на земјите или малите национални пазари на електрична енергија со критична ликвидност.

Се очекува дека регионализацијата на трговијата значително ќе ги зголеми придобивките од пазарите на електрична енергија, а тоа ќе придонесе до зголемување на прекуграничната размена на електрична енергија.

Земјите од опкружувањето на Република Македонија формираа или имаат донесено одлука да формираат свои организирани пазари за електрична енергија или да креираат заеднички. Во Република Македонија се разгледуваат можните опции за отворање на сопствен организиран пазар на електрична енергија со јасна намера за понатамошна регионална интеграција или уште во почетокот присоединување со некој од веќе воспоставените пазари.

Воспоставувањето на организиран пазар на електрична енергија во Република Македонија станува неопходно од повеќе причини и тоа:

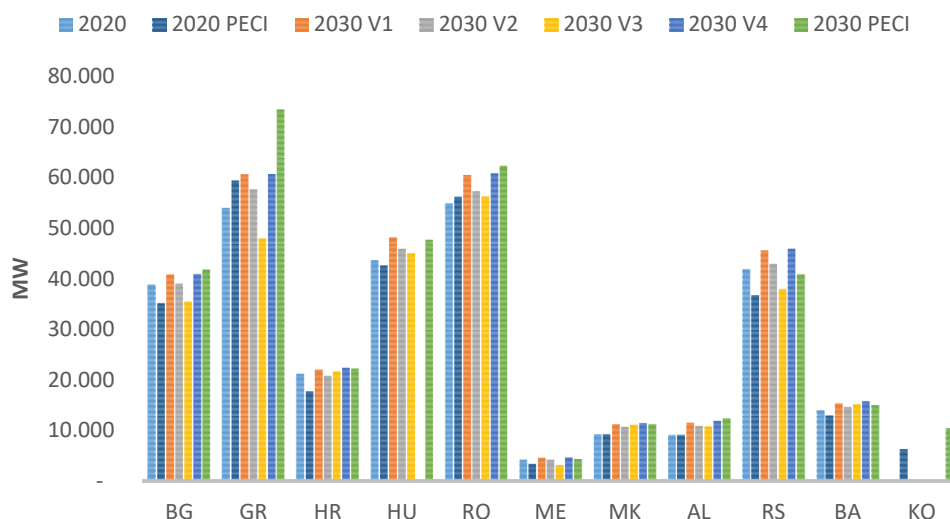
- ▶ постигнување на референтна цена на електричната енергија;
- ▶ создавање на транспарентни и недискриминаторни пазарни услови за тргување со електрична енергија;
- ▶ привлекување на нови учесници со цел да се избегне пазарната моќ на поединечни субјекти и со цел да се организира ликвидно и ефикасно тргување;
- ▶ вклучување во трендовите во регионот и искористување на понатамошно спојување на пазарот на електрична енергија;
- ▶ исполнување на обврските преземени од членството во Енергетската заедница.

Во овој докторски труд направена е анализа за тоа како би се развивал регионот на земјите од Западен Балкан (анг. Western Balkan - WB6) заедно со нивните соседи и која би била цената - маргиналната цена која би се постигнала во секоја од државите во 2020 и 2030 година.

Очекувана побарувачка од електрична енергија WB6+N-EU

За да се анализира развојот на регионот, потребни се многу податоци, како што се прогнозираните производни капацитети, потрошувачката на електрична енергија, регионалните цени на горивата и маргиналните трошоци за електрична енергија. За таа цел се анализирани најновите извештаи кои постојат во регионот. За регионот WB6 е искористен најновиот извештај од Енергетската заедница за креирање на проекти кои се од интерес на Енергетската заедница (PECI) и Проектите за взаемна интерес (PMI), додека за целиот регион земени се податоците од Десетгодишниот план за развој на мрежи за 2016 подготвени од ENTSO-E.

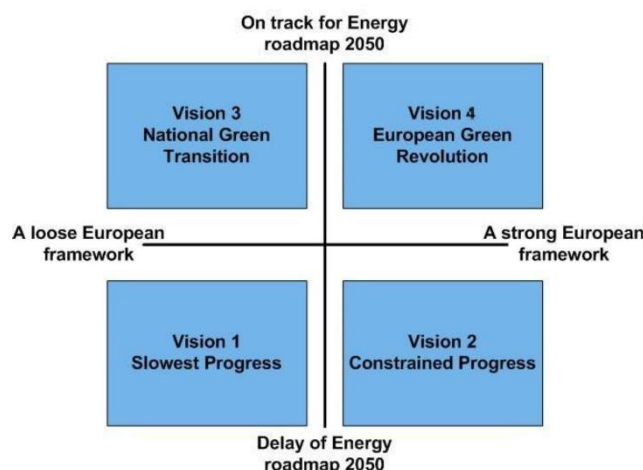
Споредбата на потрошувачката на електрична енергија од двете студии спроведени од Енергетската заедница и ENTSO-E е прикажана на сликата 3.80. Како што е прикажано, не постои значајна разлика помеѓу сценаријата во двете студии, освен за Грција во 2030 година во PECI сценариото. Исто така, потрошувачката на електрична енергија за Србија во PECI е пониска во споредба со сценаријата од ENTSO-E, бидејќи во сценаријата од ENTSO-E Косово е дел од Србија (Косовскиот оператор за пренос сè уште не е член на ENTSO-E).



Слика 3.80. Споредба на потрошувачката на електрична енергија според [80] и [172]

Затоа што нема големи разлики помеѓу потрошувачката електрична енергија во двете студии, а од друга страна, бидејќи има повеќе сценарија во студијата ENTSO-E, за целите на овој докторски труд одлучено е да се користат податоците од ENTSO-E за регионот. Потрошувачката на електрична енергија во сценариото со висок раст на БДП од MARKAL моделот е речиси идентична со потрошувачката на електрична енергија во ENTSO-E сценаријата. Затоа што во сите претходни анализи се користи сценариото од MARKAL моделот со среден раст на БДП, и овде е одлучено да се користат податоците од ова сценарио за Република Македонија.

Карактеристиките на четирите сценарија дефинирани во ENTSO-E се прикажани на сликата 3.81.

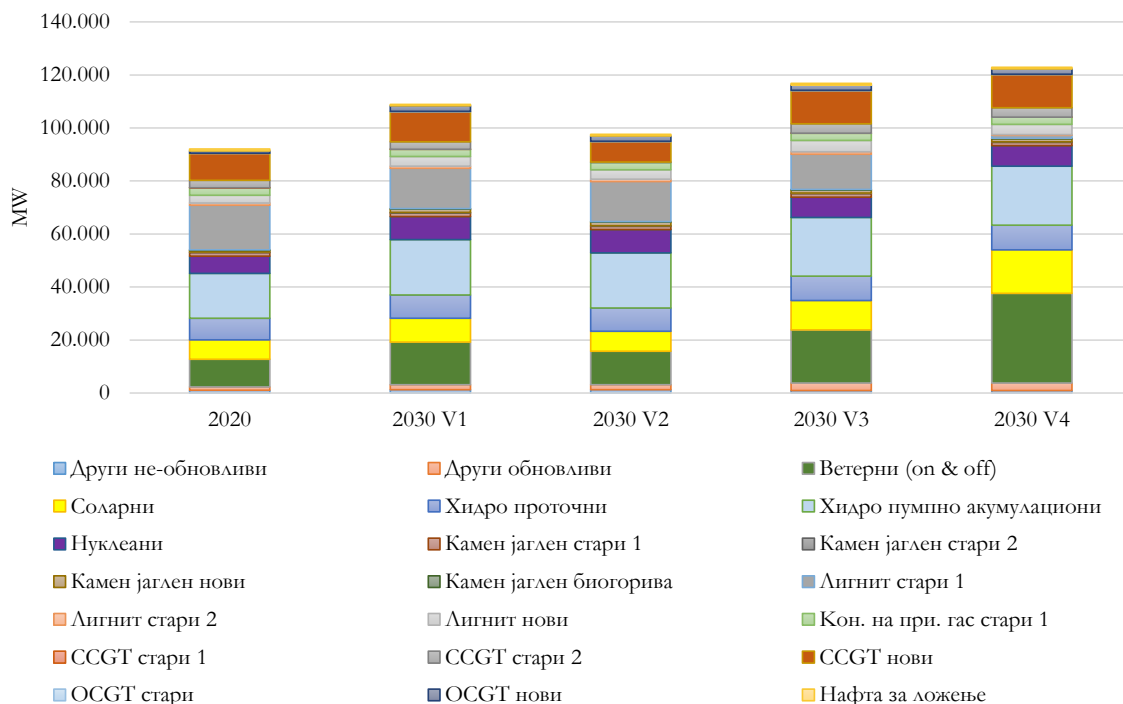


Слика 3.81. Преглед на четирите сценарија од ENTSO-E

Производствени капацитети во WB6+N-EU

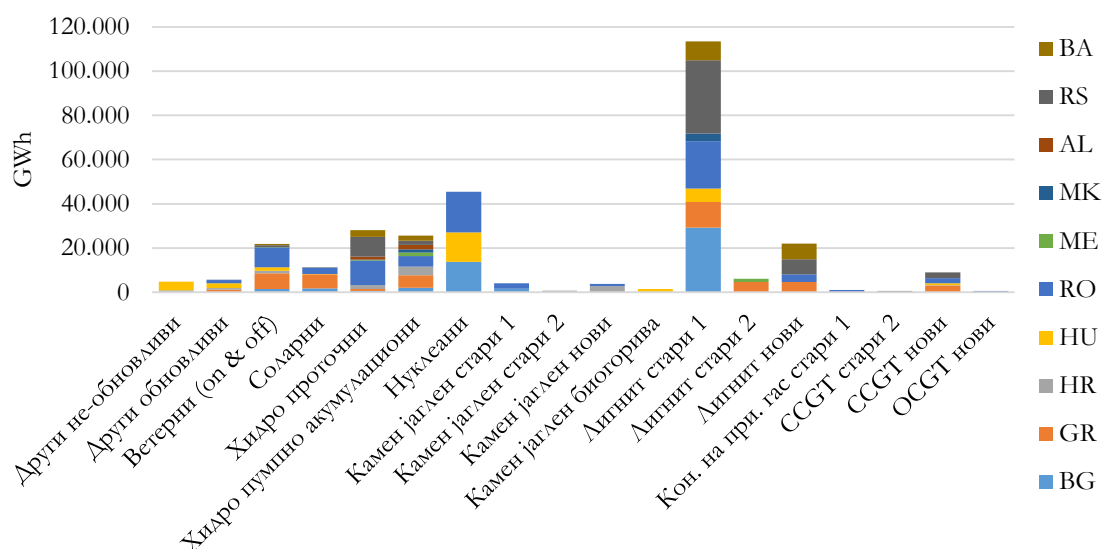
Во 2020 година во земјите од Западен Балкан и соседните земји (WB6 + N_EU) инсталираниот капацитет е проектиран на 92 GW (слика 3.82), каде што хидроелектраните имаат највисок удел - 27%, потоа јаглен - 25%, други ОИЕ (ветер, сонце и други обновливи) - 21%, гас - 18% и нуклеарни - 7%. Во сите сценарија од 2030 година инсталираниот капацитет се зголемува, достигнувајќи најголема вредност во Верзија 4 од околу 123 GW. Во

ова сценарио, инсталациониот капацитет на електраните на јаглен е намален и учествува со 7%, но се зголемува инсталираната капацитет на останатите ОИЕ, чие учество изнесува 43%.

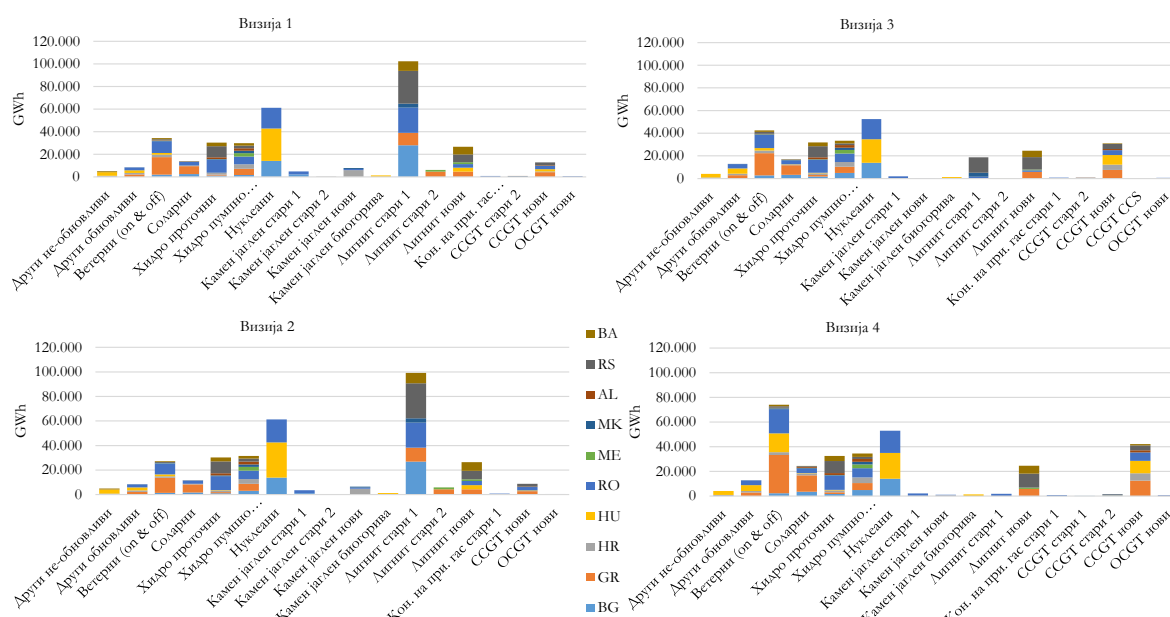


Слика 3.82. Вкупно инсталиран капацитет во WB6+N-EU за 2020

Речиси половина од производството на електрична енергија (48%) во 2020 година е од ТЕ на јаглен, од коишто најголем дел доаѓа од Србија (слика 3.83). Во 2030 година во сценаријата Визија 1 и Визија 2 ситуацијата е слична, додека во Визија 3 и Визија 4 производството од ТЕ на јаглен се сведува на минимум. Во Визија 4, во 2030 година, учеството на останатите ОИЕ во вкупното производство изнесува 36%, каде Грција, Романија и Унгарија имаат доминантно учество (слика 3.84). Во сите сценарија увозот на електрична енергија е под 8%.



Слика 3.83. WB6+N-EU производство на електрична енергија за 2020

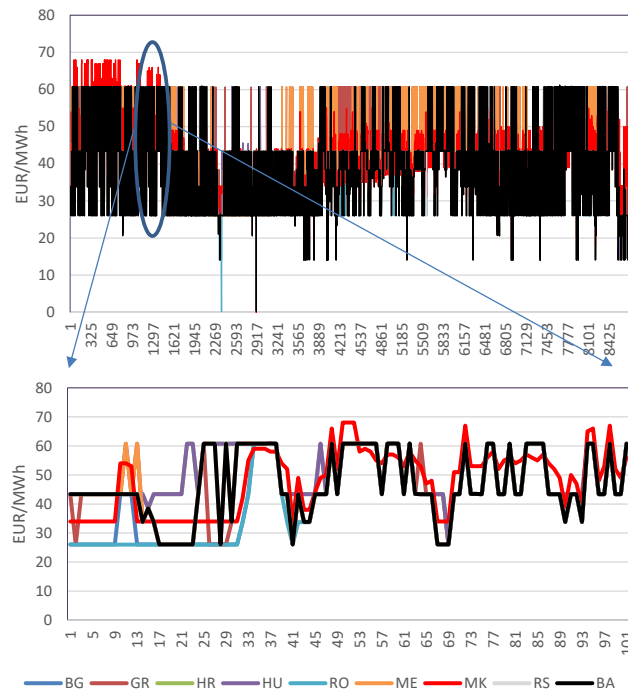


Слика 3.84. WB6+N- производство на електрична енергија за 2030

Маргинални трошоци

За да се одреди маргиналната цена на електрична енергија за Република Македонија на часовно ниво и да се стави во регионален контекст, искористени се резултатите од MARKAL моделот. Овие резултати добиени на ниво на година се влез во EnergyPLAN моделот, со чија помош се добива часовна дистрибуција на производството на електрична енергија, врз основа на маргиналната цена. Добиените резултати од EnergyPLAN моделот се додадени на резултатите од ENTSO-E кои се однесуваат на останатите анализирани држави од регионот.

Добиените резултати покажуваат дека часовната распределба на маргиналните цени во регионот во 2020 година се генерално во опсег од 25 EUR/MWh до 60 EUR/MWh, во зависност од периодот во годината (слика 3.85). Како резултат на повисоката потрошувачка во јануари, како и недостатокот на домашен капацитет, цената во Република Македонија во овој период е малку зголемена во одредени часови. Во преостанатиот период маргиналната цена во Република Македонија главно ги следи цените во регионот.

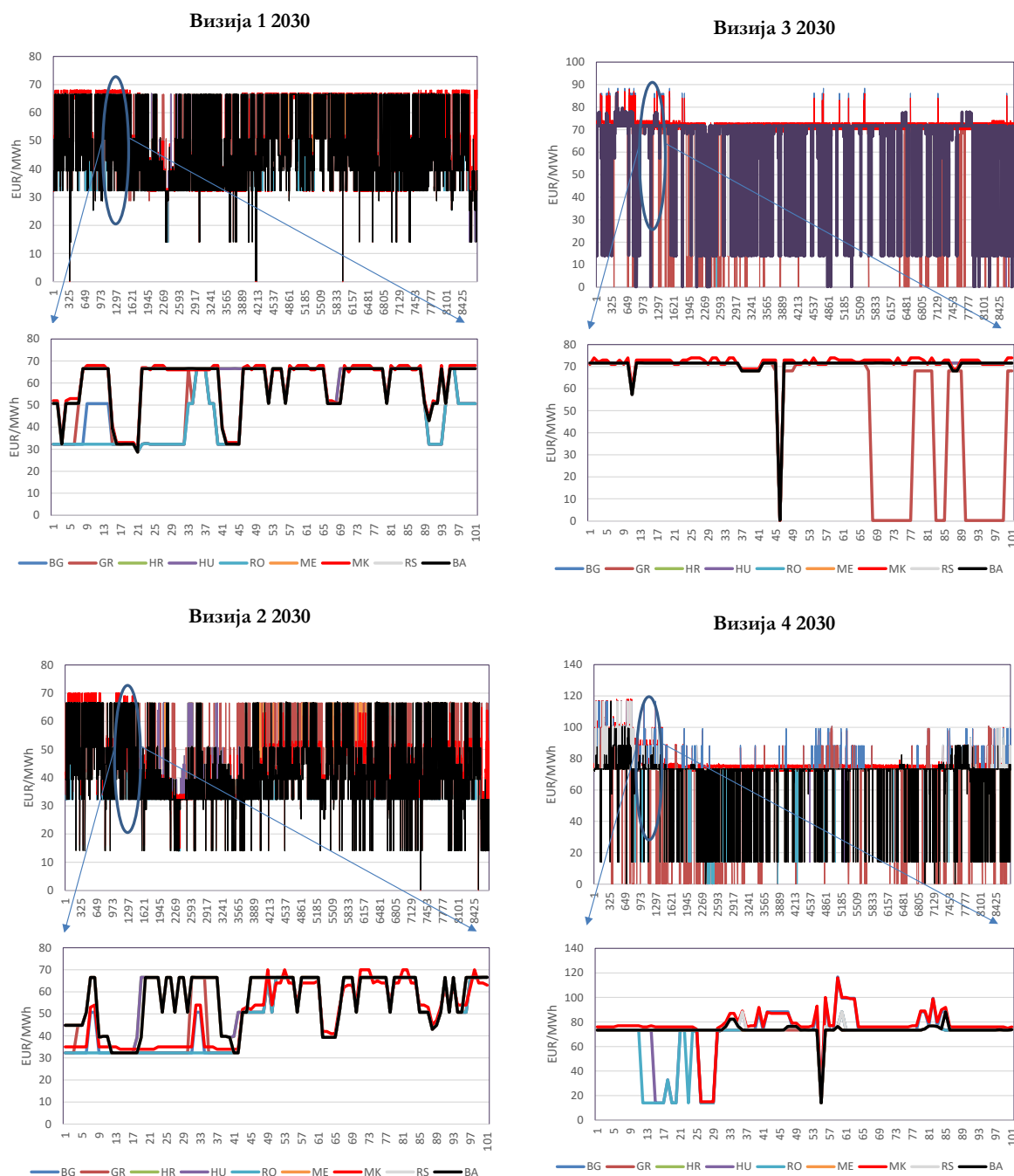


Слика 3.85. Маргинална цена во 2020

Во сценаријата Визија 1 и Визија 2 маргиналните цени се генерално слични (слика 3.86). Во двете сценарија цената се зголемува во споредба со цените од 2020 година и во основа се во опсег од 32 EUR/MWh до 67 EUR/MWh. Ова зголемување главно произлегува од изградбата на новите производни капацитети кои ја зголемуваат цената. Во сценарио Визија 2 може да се забележи почесто намалување на цените под 32 EUR/MWh.

Во преостанатите две сценарија каде што се воведуваат даноци за CO₂, што подразбира поголемо продирање на обновливи извори на енергија, се забележува голема варијација на цените. Цената во сценарио Визија 3 е во опсег од 0 до 90 EUR/MWh, додека во Визија 4 е помеѓу 0 и 120 EUR/MWh. Карактеристично за овие две сценарија е тоа што во зимскиот период кога постои очигледен недостаток на производство на електрична енергија од обновливи извори на енергија, се активираат електраните на фосилни горива, со што се зголемува маргиналната цена како резултат на високата даночна цена за CO₂. Во секое од сценаријата за 2030 година цената во Република Македонија генерално ги следи цените во регионот, особено цените во Бугарија, Србија и Босна и Херцеговина.

За појасен преглед на резултатите, Албанија не е прикажана иако има достапни податоци. Ова е затоа што Албанија има највисока цена во регионот и опсегот е многу поголем од опсегот на другите земји, што најверојатно е резултат на ограничените прекугранични капацитети на земјата.



Слика 3.86. Маргинални цени во 2030 во различни сценарија

Може да се заклучи дека предвидените производствени капацитети во регионот како целина можат да ги задоволат предвидените потреби од електрична енергија и дека евентуалното креирање на регионален пазар нема да предизвика големи ценовни шокови за секоја од државите, затоа што цените се речиси изедначени. Од големо значење е и паралелно со отворањето на нови производствени капацитети особено на ОИЕ, да се надградува и преносната мрежа во регионот согласно предвидени проекти, а најмногу тоа важи за држави како Албанија.

3.7 Можности, предизвици и анализа на осетливост при долгорочното планирање на енергетските системи

Имајќи ја во предвид неизвесност за одвивањето на иднината и тоа дека трендовите во развојот на настаните во минатото не можат да се земат како сигурни показатели на идните настани, само едно нешто е сигурно - дека сите предвидувања за развојот на енергетиката, како сите среднорочни економски предвидувања, ќе бидат погрешни [173]. Поради високата неизвесност на предвидување на идниот енергетски развој, се препорачува да се анализираат различни сценарија. Сепак, мораме да бидеме свесни дека сценаријата се алтернативни слики за тоа како може да се одвива иднината [174].

3.7.1 Фактори кои влијаат врз развојот на енергетиката

Развојот на енергетиката главно зависи од:

- ▶ растот на економијата преку бруто домашниот производ (БДП),
- ▶ пораст на бројот на жители,
- ▶ достапни извори на енергија и движење на нивните цени,
- ▶ достапни технологии за производство, пренос и потрошувачка на енергија, нивната енергетска ефикасност и трошоци,
- ▶ спроведување на одредени политики (како што се: зголемување на енергетската независност, намалување на емисиите на CO₂, SO₂, PM и NO_x, стимуланти за подобрување на енергетската ефикасност, стимулации за искористување на обновлива енергија и субвенционирање на сиромашните) и
- ▶ геополитички настани.

3.7.2 Фактори кои влијаат врз точноста на прогнозирањето на идниот развој на енергетскиот систем

Точноста на прогнозирањето на енергетскиот развој зависи од:

- ▶ точноста на планирањето на сите фактори наведени во Факторите кои влијаат врз развојот на енергетиката,
- ▶ софтверот кој се користи за планирање на енергетскиот развој и неговата способност да ги опфати факторите кои влијаат на развојот на енергијата,
- ▶ точноста на влезни податоци и
- ▶ множество на претпоставки и ограничувања.

3.7.3 Несигурностите кои ги прават разликите во моделирањето на глобално ниво

Кога се анализираат различните предвидувања за потрошувачката на енергија на глобално ниво, може да се забележат разлики, кои првенствено произлегуваат од разликите во планирањето на:

- ▶ продирање на мерките за енергетска ефикасност,
- ▶ зголемување на БДП,
- ▶ стапка на раст на потрошувачката на енергија,
- ▶ продирање на ОИЕ,
- ▶ политиките поврзани со цената на CO₂ и субвенциите за ОИЕ,
- ▶ промени во цените на технологиите за искористување на ОИЕ,
- ▶ промени во цените на изворите на енергија,
- ▶ цени за акумулација на енергија (реверзибилни хидроелектрани, батерии, итн.),

- ▶ цени за балансирање на различните извори на енергија (акумулатори на енергија, капацитет на електрани за балансирање и нивни цени, преносни капацитети, законодавство за балансирање на поголеми региони итн.) и
- ▶ сфери на интерес на имплементаторите на моделирањето (дали и како се поврзани со бизнис во енергетскиот сектор, дали од страна на производител или снабдувач на енергија или опрема или имплементаторот сака да влијае на глобалните трендови на енергетскиот развој во геополитички интереси).

3.7.4 Несигурностите кои ги прават разликите во моделирањето на енергетскиот развој на Република Македонија

Точноста на предвидувањата за потрошувачката на енергија во Република Македонија најмногу зависи од предвидените:

- ▶ зголемување на БДП,
- ▶ политики поврзани со пенетрација на мерките за енергетска ефикасност,
- ▶ политики поврзани со цената на CO₂ и субвенциите на ОИЕ,
- ▶ цени на технологии за искористување на ОИЕ,
- ▶ цените на енергентите, особено на природниот гас и на електричната енергија,
- ▶ цени за акумулација на енергија (реверзибилни хидроелектрани, батерии, итн.),
- ▶ цени за балансирање на различните изворите на енергија (акумулатори на енергија, капацитет на електрани за балансирање и нивни цени, преносни капацитети, законодавство за балансирање на поголеми региони итн.),
- ▶ неизвесности околу изградбата на магистрални гасоводи и можности за поврзување,
- ▶ неизвесности за економски изводливи резерви на јаглен за ТЕ,
- ▶ неизвесности околу нуклеарните електрани (европска политика и развој на четвртата генерација),
- ▶ искористување на Вардарската долина (систем на хидроелектрани на Вардарската долина, преместување на железничката пруга),
- ▶ се уште недефиниран потенцијал на ветерна енергија и
- ▶ несигурност за геополитичките настани, особено на регионот на Балканот.

3.7.5 Анализа на осетливост

Со користење на MARKAL-Македонија моделот, развојот на енергетскиот систем на Република Македонија се анализира во периодот до 2035 година. За да се види како одредени претпоставки влијаат на финалните резултати анализирани се неколку сценарија:

- ▶ референтно сценарио,
- ▶ сценарио со подобрена енергетска ефикасност на страната на потрошувачката (ЕЕ),
- ▶ сценарио со недостаток на електрична енергија во регионот (ЕЕ и ЕЛ),
- ▶ сценарио без нови термоелектрани на јаглен (ЕЕ без нова јаглен ТЕЦ), и
- ▶ сценарио со заситеност на регионот од електрична енергија (ЕЕ и ЕЛ. Саб.).

Во секое од сценаријата, освен во референтното сценарио, се претпоставува подобрување на енергетската ефикасност на страната на потрошувачката. Дополнително, секое од овие сценарија е анализирано со користење на три различни просечни стапки на раст на БДП - 2,24% (низок раст), 4,5% (среден раст) и 6,94% (висок раст).

Сценарио со подобрена енергетска ефикасност на страна на потрошувачката

Во ова сценарио главен акцент се дава на страната на потрошувачката. Направена е анализа на тоа колку би се променила потрошувачката на финална енергија кога би се купувале технологии со поголема ефикасност од оние во базната 2012 година како и исполнување на одредени норми во поглед на потребите за греење и ладење за новите и реновираните објекти.

Страната на снабдување е дефинирана на ист начин како и во референтното сценарија.

Сценарио со недостаток на електрична енергија во регионот

Во ова сценарио се анализира дали Република Македонија може да одигра значајна улога во регионот доколку потребите од електрична енергија постојано се зголемуваат, а во исто време нема доволно производствени капацитети во регионот. Во ова сценарио се претпоставува дека Република Македонија ќе се приклучи на нов гасовод и дека поголемите хидроелектрани можат да бидат изградени.

Сценарио без нови ТЕ на јаглен

Несигурноста во обезбедувањето на јаглен е главната причина поради која е направено ова сценарио и во кое се анализираат последиците од овој проблем. Во ова сценарио нема можност за изградба на нови ТЕ на јаглен.

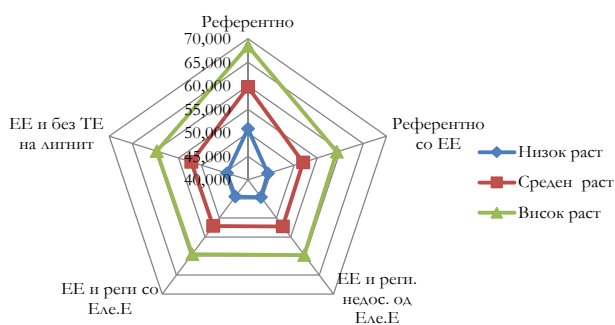
Сценарио со заситеност на регионот од електрична енергија

Во ова сценарио направена е анализа на тоа што ако зголемувањето на потребите од електричната енергија во регионот како и затворањето на веќе дотраените капацитети е проследено со отворање на доволен број на нови капацитети надвор од Република Македонија, што би значело дека нема простор за извоз на електрична енергија.

3.7.6 Резултати и дискусија

Сликата 3.87 јасно ја покажува зависноста помеѓу финалната потрошувачка на енергија, претпоставениот раст на БДП и предвидените мерки за подобрување на енергетската ефикасност кои се применети во секое од сценаријата, освен во Референтното сценарио.

Просечна стапка на пораст на финалната потрошувачка на енергија во Референтното сценарио (во кое не се предвидени мерки за енергетска ефикасност на страната на потрошувачката) изнесува 1,3%, 2,7% и 4,3% при низок, среден и висок раст на БДП соодветно. Ова претставува јасен показател за влијанието на порастот на БДП врз финалната потрошувачка на енергија. Воведувањето на мерките за енергетска ефикасност придонесува кон намалување на потребите од финална енергија за 12%-13%.

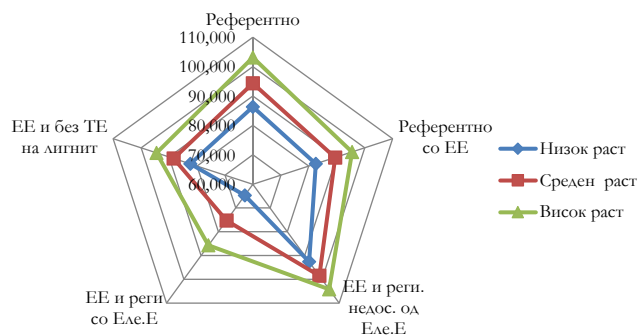


Слика 3.87. Кумулативни вредности на финалната потрошувачка на енергија [ktce]

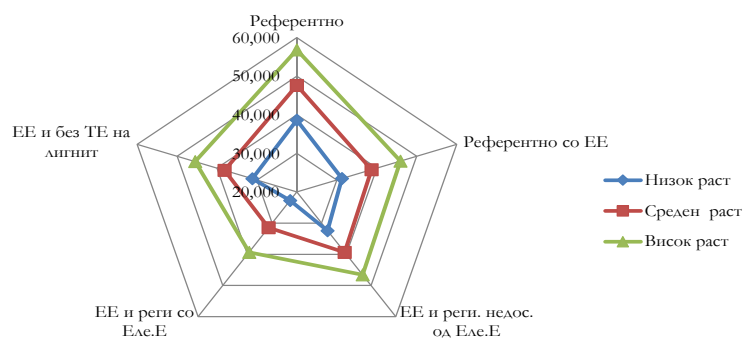
Влијанието на стапката на пораст на БДП и мерките за енергетска ефикасност врз вкупната потребна енергија е слично на нивното влијанието врз потрошувачката на финална енергија, ефикасност придонесува до намалување на вкупно потребната енергија од 4%, 5% и 7%, соодветно на растот на БДП (слика 3.88). На оваа слика е прикажана и разликата во проектираната вкупно потребна енергија за случаите со заситување и недостаток на електрична енергија во регионот. Во првиот случај одредена количина од електричната енергија се увезува како резултат на тоа вкупно потребната енергија се намалува. Од друга страна, во вториот случај, има извоз на електрична енергија и изградени се дополнителни производни капацитети и како резултат на тоа вкупно потребната енергија во ова сценарио е најголема. Оваа анализа е надополнета со анализата за нето увоз на енергија (слика 3.89). Во случај на поголем извоз на електрична енергија, потребниот увоз на вкупно потребна енергија е зголемен (природен гас или висококалоричен јаглен), бидејќи дел од него се користи за производство на електрична енергија (наменета за извоз) во електрани со одреден степен на ефикасност. Ова сценарио ќе има сосема друг тек доколку електричната енергија е увезена. Ова се рефлектира на изградбата на нови електрани за производство на електрична енергија (слика 3.90). Во сценарио каде што нема да се гради нови ТЕ на јаглен, покрај новите ТЕ на природен гас, исто така се предвидува изградба и на електрани за производство на електрична енергија од обновливи извори (главно хидроелектрани, ветерни и фотонапонски електрани). Од причина што факторот на искористеност на електрани за производство на електрична енергија од обновливи извори е помал споредено со ТЕ на јаглен или гас, инсталираниот капацитет во тоа случај е повисок.

Инсталираниот капацитет за производство на електрична енергија не е многу зависен од стапката на пораст на БДП, бидејќи во сите сценарија се градат истите капацитети со тоа што онаму каде што има најмала потреба од електрична енергија (низок раст на БДП) има најголем извоз на електрична енергија. Со зголемување на потребите се намалува извозот на електрична енергија.

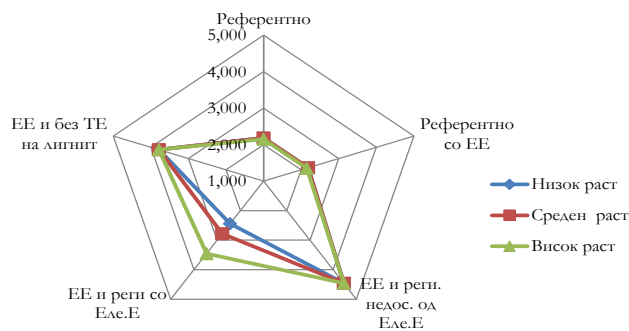
Вкупните трошоци за реализација на одредено сценарио главно зависи од стапката на раст на потрошувачката на енергија, која пак директно зависи од проектираната стапка на раст на БДП (слика 3.91). Вкупните трошоци на системот се намалуваат со воведувањето на мерките за енергетска ефикасност. Покрај горенаведените сценарија, направена е и анализа за воведување на надоместок за емисии на CO₂. Едно од сценаријата е во 2020 година CO₂ таксата да биде 10 EUR/t, во 2025 15 EUR/t и во 2030 20 EUR/t. Во друго сценарио во 2020 таксата е 20 EUR/t, 2025 25 EUR/t и во 2030 30 EUR/t. Ниту во првото сценарио, ниту во второто не се јавува поместување на некои производствени капацитет на јаглен, што значи дека и при овие цени тие се исплатливи. Ако се воведат цена од 30 EUR/t почнувајќи од 2020 па се до крајот на периодот тогаш има одложување во изградбата на новите ТЕ на јаглен, а веќе со 40 EUR/t не е економски исплатливо да се изгради електрана на увозен јаглен, а и изградбата на домашен би била исплатлива дури после 2034 година.



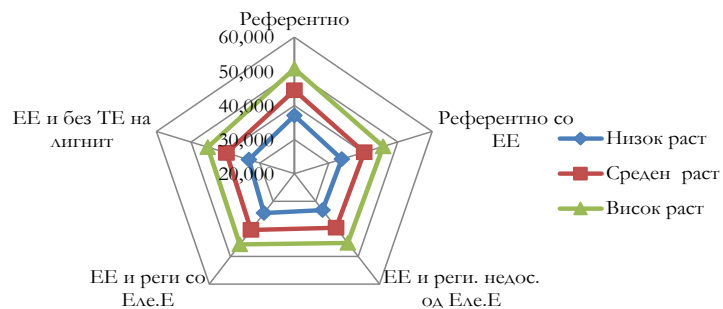
Слика 3.88. Кумулативна вкупно потребна енергија [ktoe]



Слика 3.89. Кумулативен нето увоз на енергија [ktoe]



Слика 3.90. Вкупен нов капацитет за производство на електрична енергија [MW]



Слика 3.91. Цена на системот [2012 мил. EUR]

4 ЗАКЛУЧОК

Со помош на истражувањата направени во рамките на овој докторска труд развиена и предложена е методологија за одржлив развој на енергетските системи. Оваа методологија вклучува развој на нови модели, како и искористување и прилагодување на веќе постојни модели. Бидејќи секој модел покрива одреден постулат од одржливиот развој, дополнително, во докторскиот труд направено е нивно поврзување, со цел се овозможи долгорочно планирање на енергетските системи, а притоа да се покријат трите главни постулати на одржливиот развој: животна средина, економија и социјала. Како најсеопфатен модел за долгорочно планирање, централна улога во овој докторски труд има развојот и имплементацијата на MARKAL-Македонија моделот. Особено внимание е посветено на моделирањето на влезните податоци во референтната година и проекциите на влезните податоци за потсекторите домаќинство, транспорт и производствени индустрии и градежништво, така што заради спецификите на секој потсектор, развиени се посебни модели. Дополнително, од огромно значење е и направената верификацијата на моделот. За прв пат, MARKAL моделот е искористен за моделирање на политики и мерки користејќи го пристапот „оддолу-нагоре“, со што се овозможува да се види како одредена политика или мерка влијае на целиот енергетскиот систем.

Добиените резултати во рамките на оваа докторска дисертација покажуваат дека развиената методологија, како и прилагодувањата на постојните модели за енергетско планирање, покрај методолошкиот придонес даваат и конкретни насоки и мерки за долгорочен одржлив развој на енергетските системи.

Со помош на направените истражувања во овој докторски труд добиени се резултати од кои може да се извлечат следните заклучоци:

- ▶ постојат различни и дијаметрално спротивни податоци за потрошувачката на биомаса во Република Македонија;
- ▶ пресметан е оптималниот начин за задржувањето на одржливиот карактер на биомасата за енергетски цели;
- ▶ производството на електрична енергија од отпад е економски неисплатливо решение доколку се спроведат сите фази на селекција и третман на комуналниот отпад;
- ▶ не спроведувањето на мерки за ублажување на климатските промени може да доведе до зголемување на емисиите на стакленички гасови во Република Македонија за 56% во 2035 година во однос на 2012 година, а вкупните трошоците во секторот енергетика во истиот период ќе се зголемат за 3,5 пати;
- ▶ со имплементирање на предложените 24 мерки односно политики во сценариото за ублажување на климатските промени за кои е потребно годишно да се издвојуваат по 6,75% од просечниот бруто домашен производ на Република Македонија, емисиите на стакленички гасови во Република Македонија би се зголемиле за 2,5% до 2035 година во однос на 2012 година;
- ▶ со имплементирање на предложените 35 мерки односно политики во поамбициозното сценариото за ублажување на климатските промени за кои е потребно годишно да се издвојуваат по 8,96% од просечниот бруто домашен производ на Република Македонија, емисиите на стакленички гасови во Република Македонија би се намалиле за 24,4% до 2035 година во однос на 2012 година;
- ▶ имплементирањето на дел од предложените мерки односно политики ќе придонесе за отворање на 6.200 домашни „зелени“ работни места.

Социјалниот аспект освен преку бројот на работните места е изразен и преку локалното загадување предизвикано од енергетскиот сектор, односно од начинот на загревање на домаќинствата во Град Скопје. Заклучокот од овој дел е дека количеството на $PM_{2,5}$ може да се намали за 60% до 2025 година во однос на 2015 година со вложување од 356 мил. EUR за периодот од 2017 до 2025 година.

Во продолжение на докторскиот труд е анализиран транспортниот сектор и примена на одредени предложени мерки и политики со цел да се овозможи негова промена во насока на одржлив развој. Притоа можат да се издвојат следните заклучоци:

- ▶ потребно е да се направи промена на методологиите за пресметување на еколошките такси и собраните средства да се искористат за директно субвенционирање на електрични возила;
- ▶ постепено изедначување на акцизите на дизел горивото со акцизите на моторниот бензин;
- ▶ ослободувањето од плаќање на акциза за хибридниот и електричниот возила;
- ▶ намалување на ДДВ од 18% на 5% за хибридниот и електричниот возила;
- ▶ директно субвенционирање на електричните возила.

Дополнително од анализите во овој дел може да се заклучи дека електричните возила можат значително да придонесат за интеграција на производството на електрична енергија од обновливи извори, со тоа што ќе се користат за складирање на енергија во часовите кога има вишок на производство, односно за балансирање на системот.

Постигнувањето на одржлив развој на енергетските системи на регионално ниво е од суштинско значење, па заради тоа во докторскиот труд е анализиран и ефектот на имплементација на Директивата за енергетска ефикасност врз договорните страни на Енергетската заедница. Притоа, добиените резултати се прифатени од Енергетската заедница и наметнати како обврска за нејзините договорни страни. Во делот за регионална соработка опфатено е и креирањето на регионален пазар и неговото влијание врз

електроенергетскиот сектор во Република Македонија. Бидејќи влезните податоци директно влијаат на добиените резултати, дополнително направена е анализа на осетливост, чии резултати ја илустрираат промената на развој на енергетскиот систем во зависност од промената на клучните влезни податоци.

Развиените научни методи, како и нивната примена за планирање на одржлив развој на енергетските системи, предложени во овој докторски труд им овозможуваат на креаторите на политиките на државно и регионално ниво полесно да донесат одлуки за понатамошниот целокупен развој на енергетските системи, почнувајќи од користењето на примарните ресурси, политиките за производство на електрична и топлинска енергија, преносот на енергија, како и политиките насочени кон крајните корисници.

Како можните понатамошни истражувања се примена на развиената методологија на други енергетски системи и/или на други земји, дополнително разработување на делот кој се однесува на комерцијалниот и услужен сектор, дополнување на моделот со дел за „demand response“, како и овозможување на моделот како резултат да го дава локалното загадување од сите потсектори.

5 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Commission on Environment W. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development n.d.
- [2] World Energy Outlook 2014. 2014. doi:10.1049/ep.1977.0180.
- [3] Mao G, Zou H, Chen G, Du H, Zuo J. Past , current and future of biomass energy research : A bibliometric analysis. *Renew Sustain Energy Rev* 2015;52:1823–33. doi:10.1016/j.rser.2015.07.141.
- [4] Chinnici G, Amico MD, Rizzo M, Pecorino B. Analysis of biomass availability for energy use in Sicily. *Renew Sustain Energy Rev* 2015;52:1025–30. doi:10.1016/j.rser.2015.07.174.
- [5] Gaigalis V, Skema R. Analysis of fuel and energy transition in Lithuanian households sector and its sustainable development in compliance with the EU policy. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;37:273–87. doi:10.1016/j.rser.2014.05.031.
- [6] Weldemichael Y, Assefa G. Assessing the energy production and GHG (greenhouse gas) emissions mitigation potential of biomass resources for Alberta. *J Clean Prod* 2015. doi:10.1016/j.jclepro.2015.08.118.
- [7] Kumar A, Kumar N, Baredar P, Shukla A. A review on biomass energy resources , potential , conversion and policy in India. *Renew Sustain Energy Rev* 2015;45:530–9. doi:10.1016/j.rser.2015.02.007.
- [8] Rothe A, Moroni M, Neyland M, Wilnhammer M. ScienceDirect Current and potential use of forest biomass for energy in Tasmania. *Biomass and Bioenergy* 2015;80:162–72. doi:10.1016/j.biombioe.2015.04.021.
- [9] Furtula M, Glavonjic B, Danon G. Wood biomass for energy in Montenegro. *Therm Sci*

- n.d.
- [10] Research Center for Energy and Sustainable Development - MANU. Strategy for utilisation of the renewable energy sources in the Republic of Macedonia by 2020 2010. http://www.uncsd2012.org/content/documents/677Strategy_for_utilization_RES_Macedonia.pdf (accessed November 23, 2015).
 - [11] ICEIM-MANU. Strategy for energy development in the Republic of Macedonia until 2030. 2010.
 - [12] Yu B, Li X, Qiao Y, Shi L. Low-carbon transition of iron and steel industry in China: Carbon intensity, economic growth and policy intervention. *J Environ Sci (China)* 2015;28:137–47. doi:10.1016/j.jes.2014.04.020.
 - [13] Lin B, Xie C. Reduction potential of CO₂ emissions in China's transport industry. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;33:689–700. doi:10.1016/j.rser.2014.02.017.
 - [14] Karali N, Xu T, Sathaye J. Reducing energy consumption and CO₂ emissions by energy efficiency measures and international trading: A bottom-up modeling for the U.S. iron and steel sector. *Appl Energy* 2014;120:133–46. doi:10.1016/j.apenergy.2014.01.055.
 - [15] Moya JA, Pardo N. The potential for improvements in energy efficiency and CO₂ emissions in the EU27 iron and steel industry under different payback periods. *J Clean Prod* 2013;52:71–83. doi:10.1016/j.jclepro.2013.02.028.
 - [16] How much energy is consumed in U.S. residential and commercial buildings? - FAQ - U.S. Energy Information Administration (EIA) n.d. <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=86&t=1> (accessed August 18, 2017).
 - [17] Saboori B, Sapri M, bin Baba M. Economic growth, energy consumption and CO₂ emissions in OECD (Organization for Economic Co-operation and Development)'s transport sector: A fully modified bi-directional relationship approach. *Energy* 2014;66:150–61. doi:10.1016/j.energy.2013.12.048.
 - [18] Seixas J, Simões S, Dias L, Kanudia A, Fortes P, Gargiulo M. Assessing the cost-effectiveness of electric vehicles in European countries using integrated modeling. *Energy Policy* 2015;80:165–76. doi:10.1016/j.enpol.2015.01.032.
 - [19] He D, Liu H, He K, Meng F, Jiang Y, Wang M, et al. Energy use of, and CO₂ emissions from China's urban passenger transportation sector – Carbon mitigation scenarios upon the transportation mode choices. *Transp Res Part A Policy Pract* 2013;53:53–67. doi:10.1016/j.tra.2013.06.004.
 - [20] Pongthanaisawan J, Sorapipatana C. Greenhouse gas emissions from Thailand's transport sector: Trends and mitigation options. *Appl Energy* 2013;101:288–98. doi:10.1016/j.apenergy.2011.09.026.
 - [21] Siskos P, Capros P, De Vita A. CO₂ and energy efficiency car standards in the EU in the context of a decarbonisation strategy: A model-based policy assessment. *Energy Policy* 2015;84:22–34. doi:10.1016/j.enpol.2015.04.024.
 - [22] Nejat P, Jomehzadeh F, Taheri MM, Gohari M, Abd. Majid MZ. A global review of energy consumption, CO₂ emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries). *Renew Sustain Energy Rev* 2015;43:843–62. doi:10.1016/j.rser.2014.11.066.
 - [23] Mata É, Sasic Kalagasidis A, Johnsson F. Energy usage and technical potential for energy saving measures in the Swedish residential building stock. *Energy Policy* 2013;55:404–14. doi:10.1016/j.enpol.2012.12.023.
 - [24] Fathy AA, Elbages MS, El-schiemy RA, Bendary FM. Static transmission expansion planning for realistic networks in Egypt. *Electr Power Syst Res* 2017;151:404–18. doi:10.1016/j.epsr.2017.06.007.

- [25] Ahmed T, Mekhilef S, Shah R, Mithulananthan N, Seyedmahmoudian M, Horan B. ASEAN power grid : A secure transmission infrastructure for clean and sustainable energy for South-East Asia. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;67:1420–35. doi:10.1016/j.rser.2016.09.055.
- [26] Janda K. Influence of renewable energy sources on transmission networks in Central Europe. *Energy* 2017;108:524–37. doi:10.1016/j.enpol.2017.06.021.
- [27] Lumbleras S, Ramos A, Banez-chicharro F. Optimal transmission network expansion planning in real-sized power systems with high renewable penetration. *Electr Power Syst Res* 2017;149:76–88. doi:10.1016/j.epsr.2017.04.020.
- [28] Li Y, Lukszo Z, Weijnen M. The impact of inter-regional transmission grid expansion on China's power sector decarbonization. *Appl Energy* 2016;183:853–73. doi:10.1016/j.apenergy.2016.09.006.
- [29] Chen J, Thorp JS, Dobson I. Cascading dynamics and mitigation assessment in power system disturbances via a hidden failure model. *Int J Electr Power Energy Syst* 2005;27:318–26. doi:10.1016/j.ijepes.2004.12.003.
- [30] Carreras BA, Lynch VE, Dobson I, Newman DE. Complex dynamics of blackouts in power transmission systems n.d. doi:10.1063/1.1781391.
- [31] Carreras BA, Lynch VE, Dobson I, Newman DE. Critical points and transitions in an electric power transmission model for cascading failure blackouts n.d. doi:10.1063/1.1505810.
- [32] Yan X, Fang Y. CO₂ emissions and mitigation potential of the Chinese manufacturing industry. *J Clean Prod* 2015. doi:10.1016/j.jclepro.2015.01.051.
- [33] Fallis A. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Safeguarding Privacy in a Connected World A European Data Protection Framework for the 21st Century. *J Chem Inf Model* 2013;53:1689–99. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- [34] European Commission. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. COM(2011) 112 Final 2011;34:1–34. doi:10.1002/jsc.572.
- [35] Suganthi L, Samuel AA. Energy models for demand forecasting—A review. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16:1223–40. doi:10.1016/j.rser.2011.08.014.
- [36] Connolly D, Lund H, Mathiesen BV, Leahy M. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. *Appl Energy* 2010;87:1059–82. doi:10.1016/j.apenergy.2009.09.026.
- [37] Baños R, Manzano-Agugliaro F, Montoya FG, Gil C, Alcayde A, Gómez J. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15:1753–66. doi:10.1016/j.rser.2010.12.008.
- [38] Prasad RD, Bansal RC, Raturi A. Multi-faceted energy planning: A review. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;38:686–99. doi:10.1016/j.rser.2014.07.021.
- [39] Herbst A, Toro F, Reitze F, Jochem E. Introduction to Energy Systems Modelling. *Statistics (Ber)* 2012;148:111–35.
- [40] Bhattacharyya SC, Timilsina GR. A review of energy system models n.d. doi:10.1108/17506221011092742.
- [41] Victor N, Nichols C, Balash P. The impacts of shale gas supply and climate policies on energy security: The U.S. energy system analysis based on MARKAL model. *Energy Strateg Rev* 2014;5:26–41. doi:10.1016/j.esr.2014.10.008.

-
- [42] Sarica K, Tyner WE. Analysis of US renewable fuels policies using a modified MARKAL model. *Renew Energy* 2013;50:701–9. doi:10.1016/j.renene.2012.08.034.
 - [43] Mondal MAH, Denich M, Mezher T. Deployment of renewable energy technologies in Bangladesh: Long-term policy implications in power sector. *Energy Strateg Rev* 2014;2:307–12. doi:10.1016/j.esr.2012.11.006.
 - [44] Farooq MK, Kumar S, Shrestha RM. Energy, environmental and economic effects of Renewable Portfolio Standards (RPS) in a Developing Country. *Energy Policy* 2013;62:989–1001. doi:10.1016/j.enpol.2013.07.098.
 - [45] Sgobbi A, Nijs W, De Miglio R, Chiodi A, Gargiulo M, Thiel C. How far away is hydrogen? Its role in the medium and long-term decarbonisation of the European energy system. *Int J Hydrogen Energy* 2015. doi:10.1016/j.ijhydene.2015.09.004.
 - [46] Dodds PE, Demoullin S. Conversion of the UK gas system to transport hydrogen. *Int J Hydrogen Energy* 2013;38:7189–200. doi:10.1016/j.ijhydene.2013.03.070.
 - [47] Amorim F, Pina A, Gerbelová H, Pereira da Silva P, Vasconcelos J, Martins V. Electricity decarbonisation pathways for 2050 in Portugal: A TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) based approach in closed versus open systems modelling. *Energy* 2014;69:104–12. doi:10.1016/j.energy.2014.01.052.
 - [48] Forsell N, Guerassimoff G, Athanassiadis D, Thivolle-Casat A, Lorne D, Millet G, et al. Sub-national TIMES model for analyzing future regional use of biomass and biofuels in Sweden and France. *Renew Energy* 2013;60:415–26. doi:10.1016/j.renene.2013.05.015.
 - [49] Wright EL, Belt JAB, Chambers A, Delaquil P, Goldstein G. A scenario analysis of investment options for the Cuban power sector using the MARKAL model. *Energy Policy* 2010;38:3342–55. doi:10.1016/j.enpol.2010.02.005.
 - [50] McPherson M, Karney B. Long-term scenario alternatives and their implications: LEAP model application of Panama's electricity sector. *Energy Policy* 2014;68:146–57. doi:10.1016/j.enpol.2014.01.028.
 - [51] Rahmadi A, Aye L, Moore G. The feasibility and implications for conventional liquid fossil fuel of the Indonesian biofuel target in 2025. *Energy Policy* 2013;61:12–21. doi:10.1016/j.enpol.2013.06.103.
 - [52] Perwez U, Sohail A, Hassan SF, Zia U. The long-term forecast of Pakistan's electricity supply and demand: An application of long range energy alternatives planning. *Energy* 2015;93:2423–35. doi:10.1016/j.energy.2015.10.103.
 - [53] Kemausuor F, Nygaard I, Mackenzie G. Prospects for bioenergy use in Ghana using Long-range Energy Alternatives Planning model. *Energy* 2015;93:672–82. doi:10.1016/j.energy.2015.08.104.
 - [54] Pump H, Pump H, Thermal S, Voltaic P. Input Transport _ study _ 2 _ 0 _ E _ Macedonia + 2035 + Reference _ V1 _ Black . txt The EnergyPLAN model 12 . 4 Output specifications Transport _ study _ 2 _ 0 _ E _ Macedonia + 2035 + Reference _ V1 _ Black . txt The EnergyPLAN model 12 . 4 2017:0–1.
 - [55] Dedinec A, Taseska-Gjorgievska V, Markovska N, Pop-Jordanov J, Kanevce G, Goldstein G, et al. Low emissions development pathways of the Macedonian energy sector. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;53:1202–11. doi:10.1016/j.rser.2015.09.044.
 - [56] Dedinec A, Taseska-Gjorgievska V, Markovska N, Obradovic Grncarovska T, Duic N, Pop-Jordanov J, et al. Towards post-2020 climate change regime: Analyses of various mitigation scenarios and contributions for Macedonia. *Energy* 2016;94:124–37. doi:10.1016/j.energy.2015.10.085.
 - [57] Government of the Republic of Macedonia. First Biennial Update Report on Climate Change 2014:54.

- [58] ИЦЕОР-МАНУ. Национални придонеси кон климатските промени 2015.
- [59] Dedinec A, Markovska N, Duic N, Grncarovska TO. Environmental , economic , and social aspects of climate change mitigation in Macedonia. SDEWES2015, Dubrovnik, 2015.
- [60] IEA-ETSAP | Energy Systems Analysis Tools n.d. <https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools> (accessed February 14, 2018).
- [61] State Statistical Office of the Republic of Macedonia. Energy consumption in households 2014 2015:21–8.
- [62] European Parliament. Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of The Council. Off J Eur Union 2003;153:1–12. doi:10.3000/17252555.L_2009.140.eng.
- [63] odyssee-mure n.d. <http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/households/energy-consumption-by-end-use.html> (accessed December 15, 2017).
- [64] Dedinec A, Dedinec A, Markovska N. Optimization of heat saving in buildings using unsteady heat transfer model. Therm Sci 2015;19:881–92. doi:10.2298/TSCI140917037D.
- [65] European Commission. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 1061/2010 2014.
- [66] European Commission. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 392/2012 2014.
- [67] European Communities. COMMISSION DIRECTIVE 96/60/EC n.d.
- [68] European Union. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 1059/2010 n.d.
- [69] European Union. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 1060/2010 2010.
- [70] State Statistical Office of the Republic of Macedonia. Transport and other services, 2014 2015.
- [71] Град Скопје. Отпорно Скопје, Стратегија за климатски промени. 2017.
- [72] Callaway JM, Fenham J, Gorham R, Makundi W, Sathaye J. Economics of Greenhouse Gas Limitations Sectoral Assessments n.d.
- [73] Dedinec A, Markovska N, Taseska V, Kanevce G, Bosevski T, Pop-Jordanov J. The potential of renewable energy sources for greenhouse gases emissions reduction in Macedonia. Therm Sci 2012;16:717–28. doi:10.2298/TSCI120202128D.
- [74] Dedinec A, Markovska N, Taseska V, Duic N, Kanevce G. Assessment of climate change mitigation potential of the Macedonian transport sector. Energy 2013;57:177–87. doi:10.1016/j.energy.2013.05.011.
- [75] Dedinec A, Markovska N, Ristovski I, Veleviski G, Gjorgjievska VT, Grncarovska TO, et al. Economic and environmental evaluation of climate change mitigation measures in the waste sector of developing countries. J Clean Prod 2015;88:234–41. doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.048.
- [76] Lund H. EnergyPLAN Advanced Energy Systems Analysis Computer Model 2015.
- [77] Meteonorm: Irradiation data for every place on Earth n.d. <http://www.meteonorm.com/> (accessed December 15, 2017).
- [78] Collares-Pereira M, Rabl A. The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. Sol Energy 1979;22:155–64. doi:10.1016/0038-092X(79)90100-2.
- [79] NASA Surface meteorology and Solar Energy: Global Data Sets n.d. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/global.cgi?email=skip@larc.nasa.gov> (accessed December 15, 2017).

-
- [80] REKK, Dnv GL, RCESD-MASA. Final report on Assessment of the candidate Projects of Energy Community Interest (PECI) and Projects for Mutual Interest (PMI). 2016.
 - [81] G, Dedinec A. Smart Grid Modelling. Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, 2017.
 - [82] Dedinec AK, Dedinec AG, Taseska-Gjorgievska V, Todorovski M, Markovska N. Power grid development towards regional integration, 2016.
 - [83] IPCC. IPCC - Task Force on National Greenhouse Gas Inventories n.d. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html> (accessed February 15, 2018).
 - [84] IPCC Software. IPCC - Task Force on National Greenhouse Gas Inventories. IPCC Invent Softw 2013. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/software/index.html> (accessed February 15, 2018).
 - [85] Garrett-peltier H. Employment Estimates for Energy Efficiency Retrofits of Commercial Buildings. 2011.
 - [86] Sooriyaarachchi TM, Tsai I-T, El Khatib S, Farid AM, Mezher T. Job creation potentials and skill requirements in, PV, CSP, wind, water-to-energy and energy efficiency value chains. *Renew Sustain Energy Rev* 2015;52:653–68. doi:10.1016/j.rser.2015.07.143.
 - [87] Cameron L, van der Zwaan B. Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review. *Renew Sustain Energy Rev* 2015;45:160–72. doi:10.1016/j.rser.2015.01.001.
 - [88] Wei M, Patadia S, Kammen DM. Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? *Energy Policy* 2010;38:919–31. doi:10.1016/j.enpol.2009.10.044.
 - [89] World Energy Statistics | World Energy Consumption & Stats n.d. <https://yearbook.enerdata.net/> (accessed November 18, 2015).
 - [90] International Energy Agency. Renewables Information n.d.
 - [91] European Commission. 2020 Climate & Energy package. [Http://EcEuropaEu/Clima/Policies/Strategies/2020/Index_EnHtm](http://EcEuropaEu/Clima/Policies/Strategies/2020/Index_EnHtm) 2007:Browsed on 22nd Dec., 2015. http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm (accessed December 15, 2017).
 - [92] European U. 2030 Energy Strategy - European Commission. *Polit energia2* 2015:1. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2030-energy-strategy> (accessed December 15, 2017).
 - [93] Eurostat. Database - Eurostat 2015. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database> (accessed May 10, 2016).
 - [94] Republic of Macedonia State Statistical Office. Energy Balance n.d. http://makstat.stat.gov.mk/PXWeb/pxweb/mk/MakStat/MakStat__Energija__EnergetBilansi/175_Ene_Mk_EnBilt_mk.px/?rxid=46ee0f64-2992-4b45-a2d9-cb4e5f7ec5ef (accessed December 15, 2017).
 - [95] State Statistical Office - Publication: Statistical Yearbook n.d. http://www.stat.gov.mk/PublikaciiPoOblast_en.aspx?id=34&rbrObl=37 (accessed December 15, 2017).
 - [96] Nikolov N. 3rd National Communication on Climate Change Related to Forestry Sector 2013.
 - [97] Centre for Renewable Energy Sources and Saving. Biomass consumption survey for energy purposes in the energy community 2012:3–44.
 - [98] Republic of Macedonia State Statistical Office. Energy Balance n.d. <http://www.stat.gov.mk/PrethodniSooostenijaOblast.aspx?id=64&rbrObl=21> (accessed December 15, 2017).

- [99] Република Македонија МЖСПП. Втор двогодишен извештај за климатски промени на Република Македонија 2017.
- [100] ICEOR-MANU. Strategy for Energy Development of the Republic of Macedonia up to 2035, Draft Version, Skopje, Republic of Macedonia. 2015.
- [101] Government of the Republic of Macedonia. Decree on Feed Electricity Tariffs. 2013.
- [102] Republic of Macedonia State Statistical Office. Household Consumption in the Republic of Macedonia n.d. http://www.stat.gov.mk/PublikaciiPoOblast_en.aspx?id=2&rbrObl=13 (accessed December 15, 2017).
- [103] Chiani F, Corradi CAR, Perugini L, Rappuoli V, Valentini R. BIOMASS AVAILABILITY IN THE TERRITORY OF REPUBLIC OF MACEDONIA 2010.
- [104] Menikpura SNM, Sang-Arun J, Bengtsson M. Integrated Solid Waste Management: an approach for enhancing climate co-benefits through resource recovery. *J Clean Prod* 2013;58:34–42. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2013.03.012.
- [105] Metz B, Davidson O. Climate change 2007 Mitigation 2007.
- [106] Tan ST, Lee CT, Hashim H, Ho WS, Lim JS. Optimal process network for municipal solid waste management in Iskandar Malaysia. *J Clean Prod* 2014;71:48–58. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2013.12.005.
- [107] Bidart C, Fröhling M, Schultmann F. Municipal solid waste and production of substitute natural gas and electricity as energy alternatives. *Appl Therm Eng* 2013;51:1107–15. doi:10.1016/J.APPLTHERMALENG.2012.10.021.
- [108] Couth R, Trois C. Cost effective waste management through composting in Africa. *Waste Manag* 2012;32:2518–25. doi:10.1016/J.WASMAN.2012.05.042.
- [109] Markovska N, Todorovski M, Bosevski T, Pop-Jordanov J. Cost and Environmental Effectiveness of the Climate Change Mitigation Measures, Springer, Dordrecht; 2008, p. 67–73. doi:10.1007/978-1-4020-8494-2_5.
- [110] Jorgensen E, Shkaratan M. Republic of Macedonia - Green growth country assessment 2014:1–196.
- [111] Ministry of Environment and Physical Planning R of, Macedonia. National Waste Management Plan (2009-2015) of the Republic of Macedonia 2007.
- [112] Blumenthal K. Statistics in focus Environment and energy Generation and treatment of municipal waste. Lith Hungary Port 2011.
- [113] Drisla Landfill Feasibility Study Volume 1 of 2 -Main Findings -Final Report 2011.
- [114] Seng B, Hirayama K, Katayama-Hirayama K, Ochiai S, Kaneko H. Scenario analysis of the benefit of municipal organic-waste composting over landfill, Cambodia. *J Environ Manage* 2013;114:216–24. doi:10.1016/J.JENVMAN.2012.10.002.
- [115] Adhikari BK, Barrington S, Martinez J, King S. Characterization of food waste and bulking agents for composting. *Waste Manag* 2008;28:795–804. doi:10.1016/j.wasman.2007.08.018.
- [116] Li Z, Lu H, Ren L, He L. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. *Chemosphere* 2013;93:1247–57. doi:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2013.06.064.
- [117] Friedrich E, Trois C. GHG emission factors developed for the recycling and composting of municipal waste in South African municipalities. *Waste Manag* 2013;33:2520–31. doi:10.1016/J.WASMAN.2013.05.010.
- [118] Tot B, Jokanović S, Vujic G, Batinić B, Stanisavljević N, Beronja B, et al. Analysis of biodegradable waste treatment in order to reduce quantity of disposed waste 2012.
- [119] Barth J. Markets for compost and digestate in Europe - Situation, requirements, future development n.d.

- [120] Tsilemou K, Panagiotakopoulos D. Approximate cost functions for solid waste treatment facilities. *Waste Manag Res* 2006;24:310–22. doi:10.1177/0734242X06066343.
- [121] Wang Y, Zhu Q, Geng Y. Trajectory and driving factors for GHG emissions in the Chinese cement industry. *J Clean Prod* 2013;53:252–60. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2013.04.001.
- [122] Government of the Republic of Macedonia. Waste Management Strategy of the Republic of Macedonia Waste Management Strategy of the Republic of Macedonia 2008.
- [123] Schneider DR, Kirac M, Hublin A. Cost-effectiveness of GHG emission reduction measures and energy recovery from municipal waste in Croatia. *Energy* 2012;48:203–11. doi:10.1016/J.ENERGY.2012.02.008.
- [124] Hao H, Geng Y, Li W, Guo B. Energy consumption and GHG emissions from China's freight transport sector: Scenarios through 2050. *Energy Policy* 2015;85:94–101. doi:10.1016/j.enpol.2015.05.016.
- [125] Zhai P, Larsen P, Millstein D, Menon S, Masanet E. The potential for avoided emissions from photovoltaic electricity in the United States. *Energy* 2012;47:443–50. doi:10.1016/J.ENERGY.2012.08.025.
- [126] Mondal MAH, Kennedy S, Mezher T. Long-term optimization of United Arab Emirates energy future: Policy implications. *Appl Energy* 2014;114:466–74. doi:10.1016/j.apenergy.2013.10.013.
- [127] EUROPEAN COMMISSION. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brussels, 8.3.2011 COM(2011) 112 final n.d.
- [128] Connolly D, Lund H, Mathiesen BV, Werner S, Möller B, Persson U, et al. Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system. *Energy Policy* 2014;65:475–89. doi:10.1016/j.enpol.2013.10.035.
- [129] Rootzén J, Johnsson F. Exploring the limits for CO₂ emission abatement in the EU power and industry sectors—Awaiting a breakthrough. *Energy Policy* 2013;59:443–58. doi:10.1016/J.ENPOL.2013.03.057.
- [130] Simões S, Cleto J, Fortes P, Seixas J, Huppés G. Cost of energy and environmental policy in Portuguese CO₂ abatement—scenario analysis to 2020. *Energy Policy* 2008;36:3598–611. doi:10.1016/J.ENPOL.2008.06.004.
- [131] Anandarajah G, Strachan N. Interactions and implications of renewable and climate change policy on UK energy scenarios. *Energy Policy* 2010;38:6724–35. doi:10.1016/J.ENPOL.2010.06.042.
- [132] Kannan R, Strachan N. Modelling the UK residential energy sector under long-term decarbonisation scenarios: Comparison between energy systems and sectoral modelling approaches. *Appl Energy* 2009;86:416–28. doi:10.1016/J.APENERGY.2008.08.005.
- [133] Kesicki F. Costs and potentials of reducing CO₂ emissions in the UK domestic stock from a systems perspective. *Energy Build* 2012;51:203–11. doi:10.1016/J.ENBUILD.2012.05.013.
- [134] Bueno G. Analysis of scenarios for the reduction of energy consumption and GHG emissions in transport in the Basque Country. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16:1988–98. doi:10.1016/J.RSER.2012.01.004.
- [135] Pukšec T, Mathiesen BV, Novosel T, Duić N. Assessing the impact of energy saving measures on the future energy demand and related GHG (greenhouse gas) emission reduction of Croatia. *Energy* 2014;76:198–209. doi:10.1016/j.energy.2014.06.045.
- [136] Kabashi S, Bektashi S, Ahmetaj S, Kabashi G, Najdovski D, Zidansek A, et al. Effects of Kosovo's energy use scenarios and associated gas emissions on its climate change and sustainable development. *Appl Energy* 2011;88:473–8. doi:10.1016/j.apenergy.2010.06.023.

- [137] Wang N, Chang Y-C. The evolution of low-carbon development strategies in China. *Energy* 2014;68:61–70. doi:10.1016/J.ENERGY.2014.01.060.
- [138] Alderson H, Cranston GR, Hammond GP. Carbon and environmental footprinting of low carbon UK electricity futures to 2050. *Energy* 2012;48:96–107. doi:10.1016/J.ENERGY.2012.04.011.
- [139] Gambhir A, Napp TA, Emmott CJM, Anandarajah G. India's CO₂ emissions pathways to 2050: Energy system, economic and fossil fuel impacts with and without carbon permit trading. *Energy* 2014;77:791–801. doi:10.1016/J.ENERGY.2014.09.055.
- [140] Ćosić B, Markovska N, Krajačić G, Taseska V, Duić N. Environmental and economic aspects of higher RES penetration into Macedonian power system. *Appl Therm Eng* 2012;43:158–62. doi:10.1016/J.APPLTHERMALENG.2011.10.042.
- [141] van den Broek M, Veenendaal P, Koutstaal P, Turkenburg W, Faaij A. Impact of international climate policies on CO₂ capture and storage deployment: Illustrated in the Dutch energy system. *Energy Policy* 2011;39:2000–19. doi:10.1016/J.ENPOL.2011.01.036.
- [142] Budzianowski WM. Target for national carbon intensity of energy by 2050: A case study of Poland's energy system. *Energy* 2012;46:575–81. doi:10.1016/J.ENERGY.2012.07.051.
- [143] Lund H, Mathiesen BV. The role of Carbon Capture and Storage in a future sustainable energy system. *Energy* 2012;44:469–76. doi:10.1016/j.energy.2012.06.002.
- [144] Gerbelová H, Amorim F, Pina A, Melo M, Ioakimidis C, Ferrão P. Potential of CO₂ (carbon dioxide) taxes as a policy measure towards low-carbon Portuguese electricity sector by 2050. *Energy* 2014;69:113–9. doi:10.1016/J.ENERGY.2014.01.011.
- [145] Nicholson M, Biegler T, Brook BW. How carbon pricing changes the relative competitiveness of low-carbon baseload generating technologies. *Energy* 2011;36:305–13. doi:10.1016/J.ENERGY.2010.10.039.
- [146] International Energy Agency. WEO 2014 Special Report - Investment n.d. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo-2014-special-report--investment.html> (accessed December 15, 2017).
- [147] Planning PZ (project manager).-SM of E and P. THIRD national communication on climate change. Vasa 2008. <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf> (accessed November 19, 2015).
- [148] Dedinec A, Taseska-Gjorgievska V, Markovska N, Pop-Jordanov J, Kanevce G, Goldstein G, et al. Low emissions development pathways of the Macedonian energy sector. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;53:1202–11. doi:10.1016/j.rser.2015.09.044.
- [149] Research Center for Energy and Sustainable Development - MANU. Intended nationally determined contribution 2015. [http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/PublishedDocuments/United States of America/1/U.S. Cover Note INDC and Accompanying Information.pdf](http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/PublishedDocuments/United%20States%20of%20America/1/U.S.%20Cover%20Note%20INDC%20and%20Accompanying%20Information.pdf) (accessed November 24, 2015).
- [150] Weather History for Skopje-Petrovec, Macedonia | Weather Underground n.d. <https://www.wunderground.com/history/airport/LWSK/2017/12/15/DailyHistory.html> (accessed December 15, 2017).
- [151] European Parliament. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009. *Off J Eur Union* 2009;140:16–62. doi:10.3000/17252555.L_2009.140.eng.
- [152] Kromer MA, Bandivadekar A, Evans C. Long-term greenhouse gas emission and petroleum reduction goals: Evolutionary pathways for the light-duty vehicle sector. *Energy* 2010;35:387–97. doi:10.1016/J.ENERGY.2009.10.006.
- [153] Stanley JK, Hensher DA, Loader C. Road transport and climate change: Stepping off the

- greenhouse gas. *Transp Res Part A Policy Pract* 2011;45:1020–30. doi:10.1016/J.TRA.2009.04.005.
- [154] Nogueira LAH. Does biodiesel make sense? *Energy* 2011;36:3659–66. doi:10.1016/J.ENERGY.2010.08.035.
- [155] Gül T, Kypreos S, Turton H, Barreto L. An energy-economic scenario analysis of alternative fuels for personal transport using the Global Multi-regional MARKAL model (GMM). *Energy* 2009;34:1423–37. doi:10.1016/J.ENERGY.2009.04.010.
- [156] Timilsina GR, Shrestha A. How much hope should we have for biofuels? *Energy* 2011;36:2055–69. doi:10.1016/J.ENERGY.2010.08.023.
- [157] Manzini F. Inserting renewable fuels and technologies for transport in Mexico City Metropolitan Area. *Int J Hydrogen Energy* 2006;31:327–35. doi:10.1016/J.IJHYDENE.2005.06.024.
- [158] Hao H, Wang H, Ouyang M. Fuel conservation and GHG (Greenhouse gas) emissions mitigation scenarios for China's passenger vehicle fleet. *Energy* 2011;36:6520–8. doi:10.1016/J.ENERGY.2011.09.014.
- [159] González Palencia JC, Furubayashi T, Nakata T. Energy use and CO2 emissions reduction potential in passenger car fleet using zero emission vehicles and lightweight materials. *Energy* 2012;48:548–65. doi:10.1016/J.ENERGY.2012.09.041.
- [160] Usón AA, Capilla AV, Bribián IZ, Scarpellini S, Sastresa EL. Energy efficiency in transport and mobility from an eco-efficiency viewpoint. *Energy* 2011;36:1916–23. doi:10.1016/J.ENERGY.2010.05.002.
- [161] Bastani P, Heywood JB, Hope C. The effect of uncertainty on US transport-related GHG emissions and fuel consumption out to 2050. *Transp Res Part A Policy Pract* 2012;46:517–48. doi:10.1016/J.TRA.2011.11.011.
- [162] State Statistical Office - Publication: Transport and Other Services n.d. http://www.stat.gov.mk/PublikaciiPoOblast_en.aspx?id=15&rbrObl=24 (accessed December 15, 2017).
- [163] Kesicki F. Intertemporal issues and marginal abatement costs in the UK transport sector. *Transp Res Part D Transp Environ* 2012;17:418–26. doi:10.1016/J.TRD.2012.04.002.
- [164] Закон за акцизи на Република Македонија n.d.
- [165] Excise Duties: Energy Tax Rates - European Commission n.d. https://ec.europa.eu/taxation_customs/business/excise-duties-alcohol-tobacco-energy/excise-duties-energy/excise-duties-energy-tax-rates_en (accessed December 15, 2017).
- [166] Callanan P, Networks BG. Natural Gas as a Transportation Fuel NATURAL GAS AS A TRANSPORTATION FUEL n.d.
- [167] Litman T. Comprehensive evaluation of energy conservation and emission reduction policies. *Transp Res Part A Policy Pract* 2013;47:153–66. doi:10.1016/J.TRA.2012.10.022.
- [168] Ministry of Economy of the Republic of Macedonia. Energy efficiency strategy of the Republic of Macedonia. 2010.
- [169] Tesla | Premium Electric Sedans and SUVs n.d. <https://www.tesla.com/> (accessed December 15, 2017).
- [170] Kempton W, Tomi J. Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California 2001.
- [171] Gasoline and diesel prices by country | GlobalPetrolPrices.com n.d. <http://www.globalpetrolprices.com/> (accessed December 15, 2017).
- [172] ENTSO-E. 10-Year Network Development Plan 2014. 2014.

- [173] Mccrone A. Energy Forecasts for 2030 and Beyond – Why They Differ So Much 2013:1–3. <http://about.bnef.com/white-papers/mccrone-energy-forecasts-for-2030-and-beyond-why-they-differ-so-much-2/> (accessed December 15, 2017).
- [174] Nakicenovic N, Alcamo J, Davis G. Special Report on Emissions Scenarios. 2000.

ПУБЛИКАЦИИ СО АВТОРСТВО НА КАНДИДАТОТ

Списанија со фактор на влијание

- [1] Dedinec Aleksandra, Filiposka S., **Dedinec Aleksandar**, Kocarev, L., Deep belief network based electricity load forecasting: An analysis of Macedonian case, *Energy*, Volume 115, Part 3 (2016), pp.1688–1700
- [2] **Dedinec, A.**, Jovanovski B., Gajduk, G, Kocarev L., Markovska N, Analysis of electric vehicle penetration into energy systems predominantly based on lignite, *European Physics Journal - Special Topics*, 2016, Volume 225, Issue 3, May 2016, pp 595-608
- [3] Kanevce G., **Dedinec Aleksandar**, Dedinec Aleksandra, Optimal usage of biomass for energy purposes toward sustainable development - a case of Macedonia, *Thermal Science*, 2016, doi:10.2298/TSCI160208057K
- [4] Kanevce G., **Dedinec Aleksandar**, Dedinec Aleksandra, Kanevce Lj. Long-term predictions of the energy development - possibilities and challenges, *Thermal science* 2016, doi: 10.2298/TSCI160126017K
- [5] **Dedinec, A.**, Taseska-Gjorgievska, V. Markovska, N., Obradovic Grncarovska T., Duić N., Pop-Jordanov J., Taleski R., Towards post-2020 Climate Change Regime: Analyses of Various Mitigation Scenarios and Contributions for Macedonia, *Energy*, 94 (2016) 124-137.
- [6] **Dedinec A.**, Taseska-Gjorgievska V., Markovska N., Pop-Jordanov J., Kanevce G., Goldstein G., Pye S., Talevski R. Low emissions development pathways of the Macedonian energy sector, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Year 2016 Vol. 53, pp. 1202–1211.
- [7] Dedinec Aleksandra, **Dedinec Aleksandar**, Markovska N., Optimization of heat saving in buildings using unsteady heat transfer model, *Thermal Science*, *Thermal Science: Year 2015*, Vol. 19, No. 3, pp. 881-892.
- [8] **Dedinec A.**, Markovska N., Ristovski I., Veleviski G., Taseska-Gjorgievska V., Obradovic Grncarovska T., Zdraveva P., Economic and Environmental Evaluation of Climate Change Mitigation Measures in the Waste Sector of Developing Countries, *Journal of Cleaner Production*, Year, 2016, Vol. 88, pp. 234–241.
- [9] Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Markovska N., Pop-Jordanov J., Kanevce G., Goldstein G., Pye S., Exploring the Impact of Reduced Hydro Capacity and Lignite Resources on the Macedonian Energy Sector, *Thermal Science*, Year 2014, Vol. 18, No. 3, pp. 721-730
- [10] **Dedinec A.**, Markovska N., Taseska V., Duić N., Kanevce G., Assessment of Climate Change Mitigation Potential of the Macedonian Transport Sector, *Energy* 57 (2013) 177-187, Elsevier Journal.
- [11] Taseska V., **Dedinec A.**, Markovska N., Kanevce G., Goldstein G., Pye S., Assessment of the Impact of Renewable Energy and Energy Efficiency Policies on the Macedonian Energy Sector Development, *J. Renewable Sustainable Energy* 5, 041814 (2013); doi: 10.1063/1.4813401
- [12] **Dedinec A.**, Taseska V., Markovska N., Kanevce G., Bosevski T., Pop-Jordanov J., The Potential of RES for GHG Emissions Reduction, *Thermal Science*, 2012, Vol. 16, No. 3, pp. 717-728.

Зборници и меѓународни списанија

- [1] Dedinec Aleksandra, **Dedinec Aleksandar** Electricity price forecasting of the South East European power exchanges. 7th International Conference on Information Society and Technology, Serbia, 2017, accepted for publication
- [2] **Dedinec A.**, Taseska-Gjorgievska V., Markovska N., Kanevce G., Pop Jordanov K., Comparative analysis of the development of the energy system of Macedonia until 2035, International Symposium "Energetics 2016" pp.373-384
- [3] Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Markovska N., Grncarovska-Obradovikj T., Kanevce G., Pop Jordanov K., Analysis of the opportunities for climate change mitigation with a botton-up approach – the case of Macedonia, International Symposium "Energetics 2016" pp.161- 174
- [4] Markovska N., Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Obradovic-Grncarovska T., Pop-Jordanov J., Kanevce G., Европски цели за климатски промени во 2030 година – перспектива на земја кандидат за членство во Европската Унија, Зборник на трудови од научната конференција „Македонија кон Европската Унија (2020) – искуства, предизвици и перспективи“, мај 2016, страници (достапно и на албански и на англиски јазик)
- [5] Andonov V., **Dedinec A.**, Updating the strategy for energy development of the Macedonia until 2035: Lessons Learned, Energy Scenarios for SE Europe: A close look into the Western Balkans, Proceedings of the Enlargement and Integration Action Workshop, Vienna, 15th of December 2015, pp. 27-28.
- [6] Dedinec Aleksandra, **Dedinec Aleksandar**, Correlation of variables with electricity consumption data, ICIST 2016, Kopaonik, R. Serbia, , Pages 118-123
- [7] **Dedinec A.**, Taseska-Gjorgievska V., Markovska N., Kanevce G., Pop-Jordanov J., Delaquil P., Goldstein G. Impact Assessment of the Energy Efficiency Directive Implementation in the Energy Community Countries. SDEWES2015, Dubrovnik, 27 September - 2 October 2015, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [8] **A. Dedinec**, N. Markovska, N. Duic, T. Obradovic Grncarovska, V. Taseska-Gjorgievska, G. Kanevce, J. Pop-Jordanov. Environmental, economic, and social aspects of climate change mitigation in Macedonia. SDEWES2015, Dubrovnik, 27 September - 2 October 2015, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [9] Aleksandra Dedinec, Sonja Filiposka, **Aleksandar Dedinec**, Ljupco Kocarev. Deep belief network based load forecasting of the Macedonian electric power system. SDEWES2015, Dubrovnik, 27 September - 2 October 2015, Book of Abstracts.
- [10] Tomislav Novosel, **Aleksandar Dedinec**, Boris Ćosić, Natasa Markovska, Tomislav Pukšec, Goran Krajačić, Neven Duić. Role of district heating in energy systems with a high share of renewables – A case study for the country of Macedonia. SDEWES2015, Dubrovnik, 27 September - 2 October 2015, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [11] Markovska N., **Dedinec A.**, Taseska-Gjorgievska V., Obradovic Grncarovska T., Duić N., Pop-Jordanov J., Kanevce G., Towards post-2020 climate change regime: Comparative assessment of various scenarios and contributions for a non-Annex I country, SDEWES.SEE2014-0133, Ohrid, 29 June- 3 July 2014, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [12] Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Markovska N., Pop-Jordanov J., Kanevce G., Towards affordable, secure and acceptable electricity supply: Analysis of the fuel mix changes in a power system predominantly based on coal, SDEWES.SEE2014-0132, Ohrid, 29 June- 3 July 2014, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [13] Markovska N., Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Obradovic Grncarovska T., Duić N., Pop-Jordanov J., Kanevce G., EU 2030 climate targets - a perspective of an EU candidate country, SDEWES.SEE2014-0147, Ohrid, 29 June- 3 July 2014, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings

-
- [14]Sazdovski I, Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Markovska N., Creating an enabling environment for successful energy management in municipalities with double-layer self-government – Case study of the City of Skopje, SDEWES.SEE2014-0128, Ohrid, 29 June-3 July 2014, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [15]**Dedinec A.**, Taseska-Gjorgievska V., Markovska N., Pop-Jordanov J., Kanevce G., Goldstein G., Pye S., Low Emissions Development Pathways of the Macedonian Energy Sector, SDEWES2013.0751, Dubrovnik, 22-27 September 2013, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [16]Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Kasek L., Bayar A., Dramais F., Opese M., Energy and Environmental Policies in Macedonia, EcoMod2013 Conference, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [17]Taseska-Gjorgievska V., **Dedinec A.**, Markovska N., Pop-Jordanov J., Kanevce G., Goldstein G., Pye S., Exploring the Impact of Reduced Hydro Capacity and Lignite Resources on the Macedonian Energy Sector, SDEWES2013.0752, Dubrovnik, 22-27 September 2013, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [18]Kanevce A., **Dedinec A.**, Markovska N., Optimization of heat saving in buildings using unsteady heat transfer model, SDEWES2013-0551, Dubrovnik, 22-27 September 2013, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [19]Ristovski I., **Dedinec A.**, Veleviski G., Zdraveva P., Grncarovska T., Markovska N., Assessment of Climate Change Mitigation Potential of Waste Sector in a Developing Country, SDEWES2013.1112, Dubrovnik, 22-27 September 2013, Book of Abstracts; Full Paper in Proceedings
- [20]**Dedinec A.**, Kanevce A., Computational algorithm for estimation of heat energy saving in conventional and new designed flats, ICIST , Kopaonik 3-6 March 2013, Full Paper in Proceedings
- [21]**Dedinec A.**, Taseska V., Markovska N., Kanevce G., Assessment of Climate Change Mitigation Potential of the Macedonian Transport Sector, 7th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, SDEWES – Ohrid, 1-6 July 2012, Book of Abstracts; Full Paper in CD Proceedings
- [22]**Dedinec A.**, Taseska V., Markovska N., Kanevce G., Boseviski T., Pop-Jordanov J., The Potential of RES for GHG Emissions Reduction, 6th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 25-29 September 2011, Book of Abstracts; Full Paper in CD Proceedings