

**Универзитет у Београду**

**Машински факултет**

**Бранка М. Тубин-Митровић**

**Управљање системима за дистрибуцију  
природног гаса применом  
вишекритеријумске анализе**

**докторска дисертација**

**Београд, 2016**

**UNIVERSITY OF BELGRADE**  
**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**

**Бранка М. Тубин-Митровић**

**NATURAL GAS DISTRIBUTION SYSTEMS  
MANAGEMENT BY MULTI-CRITERIA ANALYSIS  
APPLICATION**

**DOCTORAL DISSERTATION**

**Belgrade, 2016**

Комисија за преглед и одбрану:

Ментор: ван. проф . др. Мирјана Мисита,  
Машински факултет у Београду

Чланови Комисије: проф.др. Драган Д. Милановић,  
Машински факултет у Београду

проф. др. Драган Љ. Милановић,  
Машински факултет у Београду

проф. др. Драгослава Стојиљковић,  
Машински факултет у Београду

проф. др. Данијела Тадић,  
Факултет инжењерских наука у Крагујевцу

Датум одбране:

## Предговор

Овај рад је настао као резултат осамнаестогодишњег радног искуства у области гасне привреде као и државне управе.

Захваљујем се ментору ван. проф. др. Мирјани Мисити на указаном стрпљењу, мотивацији током рада, а нарочито на поверењу и подршци током израде докторске дисертације.

Уједно се захваљујем и члановима комисије ред.проф. др. Драгану Д. Милановићу и проф. др. Драгану Љ. Милановићу који су својим сугестијама допринели изгледу и квалитету овог рада.

Посебну захвалност дугујем проф. др. Данијели Тадић која је својим драгоценим примедбама допринела концизности математичких формулација у овом раду.

Такође, ред. проф. др Драгослава Стојиљковић је у вези поглавља које се односи на утицај на животну средину, као и према целој дисертацији имала однос који далеко превазилази активности члана комисије и допринела њеном квалитету јер је обогатила њен садржај у области сагоревања и заштите животне средине.

Захвална сам и Агенцији за енергетику Републике Србије за сву подршку у реализацији ове дисертације која ми је пружена, и која је омогућила да истраживање уопште буде урађено, јер без доступности подацима којима Агенција располаже ово истраживање не би било могуће.

Посебну захвалност дугујем својој породици која ми је помогла да истрајем и завршим рад на овом истраживању.

Београд, јун 2016.

Бранка Тубин-Митровић

# Садржај

Садржај.....	5
<b>1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА.....</b>	<b>10</b>
1.1. Научни циљ дисертације .....	17
1.2. Предвиђене методе рада.....	19
1.3. Очекивани резултати .....	21
<b>2. ЕНЕРГЕТСКА ПОЛИТИКА И ПЛАНИРАЊЕ РАЗВОЈА ЕНЕРГЕТИКЕ .....</b>	<b>22</b>
2.1. Регулаторна Агенција за енергетику.....	23
2.2. Регулисање енергетских делатности.....	25
2.3. Организовање обављања делатности у области природног гаса .....	27
2.4. Модалитети улагања у делатност дистрибуције природног гаса .....	31
2.5. Сигурност снабдевања .....	35
2.6. Обавезе у погледу обављања делатности од општег интереса и питања квалитета обављања делатности .....	38
2.7. Оптимална величина оператора дистрибутивних система и начин обављања делатности.....	40
2.8. Правила о приступу дистрибутивним системима .....	42
<b>3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА И МЕТОДА У АНАЛИЗИ ДИСТРИБУТИВНИХ СИСТЕМА ЗА ПРИРОДНИ ГАС .....</b>	<b>44</b>
3.1. АХП.....	44
3.2. ФАЗИ АХП .....	48
3.3. АХП и ДРСА.....	48
3.4. Генетски алгоритми .....	49
3.5. Интеграција метода .....	50
3.6. Регулаторни приступи у оцени ефикасности .....	50
3.6.1. Једнодимензионални показатељи перформанси.....	52
3.6.2. Кориговани метод најмањих квадрата .....	54
3.6.3. ДЕА .....	56

<b>4. ОДЛУЧИВАЊЕ КОД КОМПЛЕКСНИХ ПРОБЛЕМА .....</b>	<b>59</b>
4.1. ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ ЗА ПОДРШКУ ОДЛУЧИВАЊУ .....	61
4.1.1. Формирање модела .....	62
4.1.2. Разлике између циљева и критеријума .....	62
4.1.3. Преглед оцена/ поређења парова .....	62
4.1.4. Промена типа поређења парова .....	63
4.1.5. Структурирање .....	63
4.1.6. Теоретске основе структурирања .....	64
<b>5. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА .....</b>	<b>66</b>
5.1. АХР и ДЕА методологије .....	72
5.1.1. АХП.....	72
5.1.2. ДЕА.....	77
<b>6. КОМПАРАЦИЈА УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ НАСТАЛИХ ПО ОСНОВУ ОБАВЉАЊА ДЕЛАТНОСТИ ДИСТРИБУЦИЈЕ ПРИРОДНОГ ГАСА .....</b>	<b>85</b>
6.1. Неправилности у функционисању тржишта енергије .....	88
6.2. Утицај енергетских делатности на животну средину .....	89
6.3. Обим утицаја на животну средину .....	89
6.4. Економска процена утицаја на животну средину .....	93
6.5. Еколошки аспект примене природног гаса .....	98
6.6. Предности коришћења природног гаса у односу на друга горива.....	102
6.7. Негативни ефекти употребе природног гаса .....	106
6.7.1. Истраживања о емисијама метана из дистрибутивних гасовода .....	106
6.8. Стање у Србији.....	111
6.9. Губици на дистрибутивним системима у Србији .....	114
6.10. Подаци и методологија употребљени у истраживању ради компарације дистрибутера у смислу њиховог потенцијала за негативан утицај на животну средину .....	123
6.11. Компарација дистрибутера у смислу њиховог потенцијала за позитиван утицај на животну средину- ефекти супституције горива природним гасом.....	131
6.12. Закључак о утицају обављања делатности дистрибуције на животну средину .....	145

<b>7. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО</b> .....	<b>147</b>
7.1. Број запослених у односу на испоручене количине .....	152
7.2. Густина потрошње .....	155
7.3. Испоручене количине по дужини мреже .....	158
7.4. Оцена техничке ефикасности применом ДЕА методологије .....	161
7.4.1. Опис узорка- оператори дистрибутивних система у Србији .....	161
7.4.2. Дескриптивна статистика .....	163
7.5. Повећање испоручених количина .....	172
7.5.1. Повећање дужине мреже .....	173
7.5.2. Повећање броја места испоруке .....	177
7.6. Утицај на животну средину .....	180
7.6.1. Фугитивне емисије метана .....	180
7.6.2. Супституција горива природним гасом .....	182
7.6.3. Синтеза резултата .....	186
<b>8. ЗАКЉУЧАК</b> .....	<b>190</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА:</b> .....	<b>196</b>

## **Управљање системима за дистрибуцију природног гаса применом вишекритеријумске анализе**

### **Апстракт**

У истраживању је приказан иновативни приступ у одабиру стратегије развоја система за дистрибуцију природног гаса на основу предложеног модела за управљање дистрибутивним системима. Примењен је аналитички хијерархијски процес (АХП) који као један од критеријума за одабир дистрибутивног система за развој има техничку ефикасност система оцењену помоћу ДЕА (data envelopment analysis) методологије коју регулаторна тела користе у својој пракси у процесу регулације цена. Још један од критеријума примењених у анализи је утицај на животну средину, анализиран у два могућа правца, позитивном када се ради о супституцији других горива природним гасом, и негативном, услед фугитивних емисија насталих као последица обављања делатности дистрибуције. Формирани модел се може користити и за друге делатности осим енергетских, и даје листу приоритета која омогућује избор који дистрибутивни систем даље развијати. Осим уобичајених техно-економских анализа које служе за процену да ли одређени систем развијати или не, у раду је приказан модел заснован на вишекритеријумској анализи конкурентних алтернатива која обухвата и техничке и економске параметре али и алате за подршку одлучивању као и алате који се користе у регулаторној пракси, што представља нови приступ у одлучивању у сектору природног гаса.

**Кључне речи:** Аналитички хијерархијски процес, ДЕА, анализа ефикасности, линеарно непараметарско програмирање, дистрибуција природног гаса, заштита животне средине.

**Научна област:** Машинство

**Ужа научна област:** Индустијско инжењерство



## **Natural gas distribution systems management by multi-criteria analysis application**

### **Abstract**

This research presents innovative approach in strategy selection for natural gas distribution system development based on model defined for decision making and distribution systems management. Methodology applied is analytical hierarchy process (AHP) in which one of the criteria is technical efficiency of the system determined by data envelopment analysis (DEA) which is a common tool regulatory authorities use in process of price regulation. Another perspective also added as one of the criteria is environmental protection, analysed in two possible directions, positive, from the substitution of other fuel with natural gas, and negative due to fugitive emissions stemming from distribution activities. Model can also be used for other industry branches aside from energy, and gives ranks that will enable the choice of distribution networks to be further developed. Aside of commonly used techno-economic analysis which are used for determination whether a certain system should be further developed or not, model presented is based on multi-criteria analysis which includes both technical and economic parameters but also tools used as a decision making support and regulatory tools, which is a novel approach in natural gas sector.

**Key words:** Analytical hierarchy process, DEA, efficiency analysis, linear non-parametric programming, natural gas distribution, environmental protection

**Scientific discipline:** Mechanical engineering

**Scientific subdiscipline:** Industrial engineering

## 1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Потрошња природног гаса се повећава због еколошких разлога (смањење загађења животне средине и смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште), због већих резерви у односу на друга горива и ефикаснијих постројења која га користе. Због тога је јако важно направити системски модел за одлучивање о развоју дистрибутивних гасоводних система јер су се до сада сви они развијали потпуно међусобно независно, а и саме инвестиције на појединим мрежама нису се ни на који начин контролисале у смислу постојања обједињених критеријума или независне оцене. Тридесет и четири лиценцирана енергетска субјекта за дистрибуцију природног гаса, оператора дистрибутивних система (у даљем тексту ОДС) за величину тржишта које представља територија Србије указује на уситњеност пословања због чега су економски резултати неповољнији него да су дистрибутивна предузећа таква да се може постићи ефекат економије обима путем већег дистрибутивног подручја. Због тога је важно утврдити модел помоћу којег ће се доносити одлуке о развоју одређене дистрибутивне мреже. Повећање броја потрошача на дистрибутивним мрежама би повећало и степен сезонских осцилација у потрошњи и неравномернију употребу система. Уколико ће природни гас имати већу и значајнију улогу у енергетском сектору Србије, мора се показати бољим у смислу поузданости и сигурности снабдевања од других делова енергетског система. Стога приликом доношења одлуке о развоју дистрибутивних система за природни гас треба размотрити све аспекте, што у случају постојања више различитих критеријума оправдава примену вишекритеријумске анализе.

Увођење конкуренције у сектор природног гаса у Србији, имало је за циљ повећање ефикасности кроз дејство тржишних механизма. Успостављени дуални модел тржишта природног гаса се састоји из два сегмента- регулисаног тржишта (којим се обезбеђују потребе потрошача са правом на јавно снабдевање) и слободног тржишта (где учесници на тржишту договарају цену природног гаса). У овако измењеним и неизвеснијим условима пословања у развоју модела за управљање развојем дистрибутивних система природног гаса

је неопходно уважити и постојање међусобно супротстављених оцена како би се смањили могући пословни губици.

Када је Закон о енергетици, усклађен са европским Директивама донет 2004. године (Закон о енергетици, 2004), у сектору природног гаса је започето увођење конкуренције у обављању енергетских делатности. Према Закону, оператори дистрибутивних система (у даљем тексту ОДС), су одговорни за безбедну и поуздану испоруку природног гаса, за рад, одржавање и развој система за дистрибуцију природног гаса на одређеној територији. У Србији се лиценцирани енергетски субјекти за обављање делатности дистрибуције природног гаса најчешће баве и делатношћу јавног снабдевања, односно снабдевањем природним гасом.

И у земљама Европске Уније је приметан значајан ниво хоризонталне интеграције у обављању различитих дистрибутивних делатности. Често се унутар једне компаније обављају делатности дистрибуције: природног гаса, електричне енергије, воде, топлотне енергије и телекомуникационе услуге.

Дистрибутивне компаније су природни монополи на територији на којој обављају своју делатност. Број дистрибутивних компанија се разликује од земље до земље, као што се значајно разликују и њихова величина и величина тржишта, или територије на којој обављају делатност. Територијална организација дистрибутивних компанија је у неким земљама на нивоу општина а у неким и на нивоу целе земље.

У Србији се (Стратегија развоја енергетике РС) у области природног гаса обављају следеће делатности: увоз, експлоатација, прерада, транспорт, дистрибуција и продаја природног гаса. У структури енергетског сектора у Србији, нафта и гас као извори примарне енергије су учествовали са 70% у претходном периоду, а тај проценат се задржава и даље.

Свака земља спроводи пажљива разматрања како би смањила своју увозну зависност када су енергенти у питању, очувала домаћи капитал, осигурала друштвену добробит (укључујући побољшање животног стандарда) и заштиту животне средине као и одговорну употребу енергије (Vukurov et al., 2010).

Према Стратегији развоја енергетике постојала су предвиђања да се потрошња природног гаса повећа са 14% у 2007 на 18% до 2015 (Покрајински секретаријат, 2009). Значајан пад у утрошеним количинама природног гаса се према (Еурогаз, 2014), може тумачити временским условима иако и други фактори као што су спор економски опоравак, ниске цене угља и емисија CO<sub>2</sub>, и повећање удела производње електричне енергије из обновљивих извора имају значајан утицај на потрошњу природног гаса.

Потрошња природног гаса за потребе грејања у резиденцијалном сектору односно тзв. сектору широке потрошње је такође у опадању. Међутим природни гас и даље остаје гориво избора у земљама ЕУ за потребе грејања и вероватно се то ни у будуће неће значајно променити, захваљујући сталним инвестицијама у високо ефикасне, модерне уређаје и трошила што доводи до значајних уштеда у енергији и смањењу емисија гасова стаклене баште.

Још један од разлога за смањење у потрошњи природног гаса у земљама ЕУ је чињеница да су тржишта на којима се користи природни гас већ у прилично зрелој фази. Ниски нивои густине насељености, карактеристике градова и њихова топографска својства у неким земљама стварају веома узан оквир за економски исплативо пословање у овој области и већу употребу природног гаса. Други услови који такође утичу на смањење количина природног гаса које се троше су и енергетска ефикасност у зградарству -или путем примене бољих стандарда који се односе на термо изолацију или путем примене система за грејање који су веће ефикасности, док је у неким земљама повећана примена обновљивих извора енергије.

Када се разматра утицај употребе природног гаса на животну средину, постоје три основна разлога који утичу на пораст потрошње природног гаса на светском нивоу. Прво, релативно високе цене CO<sub>2</sub> су потребне како би се производња електричне енергије из угља заменила производњом из гаса. Услед постојања програма који ограничавају ову цену, и узимајући у обзир ограничења о регионалном утицају повећања ових цена, ови нивои цена ће се у следећој декади тешко остварити. Друго, развој производње електричне енергије из обновљивих извора утиче на смањење потрошње природног гаса у сврху

производње електричне енергије у неким регионима. Као последица, дешава се да крајњи купци плаћају енергију и смањење емисија CO<sub>2</sub> више него да се природни гас користи у већој мери (Bukurov et al., 2010).

У будућој структури потрошње одређених енергената у Србији, значајну улогу ће имати фосилна горива укључујући нафту, гас а посебно чисте технологије које користе угаљ. Постојање финансијских, политичких и техничких притисака као и временски рокови, ће стимулисати решења која су повољнија по животну средину- решења која ће довести до већег смањења емисија, са мањим инвестицијама, а у најкраћем року. У вези ових решења захтеви за капиталом су значајни, инвестиције осетљиве, и постоје бројни избори који су по својој природи тешки.

Увозна зависност када је природни гас у питању значи да ће Србија наставити да троши значајна средства у ту сврху, што значи да је ефикасна употреба овог енергента веома значајна као и ефикасност у његовом транспорту и дистрибуцији до крајњих корисника (Bukurov et al., 2010).

Стварање и развој тржишта енергије чији саставни део је тржиште природног гаса, је један од важних предуслова одрживог развоја енергетског сектора у Србији. Србија је преузела и међународне обавезе везане за развој тржишта енергије. Смернице које воде ка остваривању јединственог енергетског тржишта су дефинисане Уговором о оснивању енергетске заједнице (Energy community treaty) који је Србија потписала.

Према овом Уговору, такозвани „energy community acquis” односно списак прописа на који су се земље потписнице обавезале на примену, у области природног гаса подразумева одређене Регулative и Директиве (ЕС 73/2009, 715/2009, 1775/2005, 55/2003). Списак обавезујућих прописа који се односе на животну средину су такође одређене Директиве и Регулative Европске Комисије (ЕС 75/2010, 80/2001, 32/2009, 337/1985).

Енергетска Заједница има за циљ проширење унутрашњег тржишта енергије ЕУ на југоисточну Европу, и на основу правно обавезујућег уговора о њеном оснивању примену релевантних прописа ЕУ који се односе на енергетски сектор

(Reich, 2012). Одређене политичке одлуке које између осталог утичу и на гасну индустрију су током протеклих декада довеле до либерализације и дерегулације националних гасних тржишта и смањења баријера за трговину унутар вишенационалних области.

Овај процес је започео у САД, а затим се одиграо у Великој Британији и сада је предмет бројних дебата о гасној политици у земљама ЕУ као и многим другим. Процеси либерализације и дерегулације националних тржишта гаса захтевају да се формира независно регулаторно тело. Ефикасност рада енергетских субјеката је само једна од многих надлежности које су додељене регулаторним телима. Најчешће, ово бављење регулатора ефикасношћу енергетских субјеката долази до изражаја када се уводе подстицајне методе регулације у неки конкретан сектор. Овај вид регулације цена има за циљ промоцију ефикасности међу операторима система. Регулаторна тела се често баве компаративним оценама ефикасности. У пракси, регулатори често имају бројне циљеве, који се често везују за различите аспекте ефикасности. Оцена рада енергетских субјеката коју доноси регулатор мора да пружи уравнотежен поглед на различите аспекте ефикасности, али то подразумева да регулатор може те аспекте и да мери. То значи да унапређење ефикасности које је део процеса у којем регулатор учествује, мора да буде у извесној мери квантификовано уколико ти резултати треба да буду јавно познати и другим корисницима на правичан и транспарентан начин (Coelli et al., 2003).

Агенција за енергетику Републике Србије (АЕРС) је основана 2005 и међу првим документима који су донети су били тарифни системи и методологије за одређивање цене приступа систему (АЕРС, 2006). Приликом одобравања регулисаних цена, Агенција на одређени начин узима у обзир неке од аспеката ефикасности енергетских субјеката. На пример, када се одобравају технички оправдани губици на системима, примењује се техника упоредне анализе (benchmarking) и долази се до критеријума да ли је одређени ниво губитака прихватљив или не. Један од скорије донетих докумената од стране Агенције су Правила о техничким и комерцијалним показатељима квалитета испоруке и снабдевања (АЕРС, 2014), чија примена би требала да добије свој пуни смисао

када оцена квалитета буде део одређивања цене приступа систему за дистрибуцију природног гаса.

Како су дистрибутивне компаније монополи, цена коришћења дистрибутивне мреже треба да буде регулисана у складу са стварним трошковима које дистрибутивна компанија има. У пракси се често дешава да до смањења трошкова регулисаних енергетских субјеката дође тако што се снизи квалитет услуге коју пружају. Компаније могу да покажу тенденцију смањења ефикасности како би створиле уштеде или смањиле трошкове. Ови процеси нису у корист купаца природног гаса односно корисника система, али све док и квалитет услуге не буде регулисан компаније могу да се понашају на овај начин (Erturk, Turut-Asik, 2011).

У Србији скоро сви дистрибутери гаса обављају и делатност снабдевања. Када је Законом о енергетици, уведена обавеза рачуноводственог раздвајања делатности, први пут су трошкови груписани и алоцирани према одређеним делатностима. Ови трошкови су у делатности дистрибуције природног гаса по својој природи углавном фиксни, што даје на значају економији обима у обављању ове делатности како би се трошкови по јединици производа учинили што је нижим могуће како се обим пословања увећава. Сва ова питања указују на значај оптималне величине дистрибутивних компанија, односно оптималног обима пословања.

Потреба за истраживањем које за резултат има модел који ће представљати алат у одлучивању о управљању дистрибутивним системима у смислу одлуке који систем даље развијати, узрокована је чињеницом да на тржиштима природног гаса која су у фази развоја, на којима је надавно уведена регулација цена, ефикасност постаје изузетно значајна. Посебно када се уочава смањење потрошње природног гаса што има негативне последице на ефикасност у обављању делатности дистрибуције природног гаса. Историјски гледано, дистрибутивне гасоводне мреже су се развијале тако да је данас обављање делатности дистрибуције природног гаса веома фрагментирано и стога нема позитивне ефекте који настају економијом обима. Увођење ценовне регулације услуге дистрибуције и управљања дистрибутивним системом природног гаса,

доводи неке операторе дистрибутивног система у проблематичну ситуацију због техничке неефикасности њихових дистрибутивних система, што понекад води до стечаја или ликвидације компанија у овом сектору.

Побољшати енергетску ефикасност значи користити технологије које троше мање енергије за исте или боље енергетске услуге. Потреба за уважавањем начела енергетске ефикасности је аргумент који инвестициона улагања за прелазак са постојећих горива, као што су угаљ и течна горива, на природни гас чини исплативим. Такође природни гас као гориво, својим карактеристикама доприноси да се управо на његовој примени базирају програми са циљем заштите и унапређења животне средине.

Формирање модела који описује пословање дистрибутера природног гаса преко физичких показатеља као што су степен изграђености дистрибутивне мреже, број запослених у односу на продати природни гас, број становника по километру квадратном дистрибутивног подручја, однос потрошње и дужине дистрибутивне мреже, утицаја на животну средину, и алата који представља подршку у процесу одлучивања о развоју у гасном сектору, до сада се није бавило. Промене које се дешавају у енергетском сектору и у пословању привредних друштава уопште, као и савремени трендови у примени информационих технологија, свакако намећу примену оваквих алата, нарочито када су у питању инвестиције у енергетици. Ове инвестиције су по правилу финансијски значајне а временски дуготрајне, утицајни фактори често супротстављени, тако да су савремени приступи засновани на вишекритеријумској оптимизацији у процесу одлучивања не само оправдани него и неопходни.

Значај и актуелност предложеног истраживања је велики, с обзиром да је 98% потрошача прикључених на гасоводни систем Србије у сегменту дистрибуције. Дистрибуција природног гаса је делатност од општег, јавног интереса и тренутно не постоји одговарајућа информациона подршка нити модел који је описује, јер су се до сада за овакве системе углавном примењивале уобичајене техно-економске анализе које претходе инвестицијама, а нису се спроводиле накнадне анализе у експлоатацији ових система. Карактеристике дистрибутивних система у реалном раду, у овом домену су још увек недовољно истражене.



На основу констатације да одлука о управљању дистрибутивним системима у смислу који дистрибутивни систем је најпогоднији за даљи развој, представља вишекритеријумски проблем, узимајући у обзир показатеље пословања дистрибутера природног гаса из праксе, долази се до рангирања дистрибутивних система односно предлога који је најповољнији дистрибутивни систем за даљи развој. На основу расположивих података одабрани су за разматрање фактори који дају слику о пословању тих дистрибутивних компанија а које је истовремено могуће квантификовати, и самим тим спроводити њихово међусобно поређење на прилично прецизан начин.

## 1.1. Научни циљ дисертације

Развој модела за управљање дистрибутивним системима за природни гас на бази вишекритеријумске анализе је основни научни циљ који се остварује овом дисертацијом. Главна карактеристика модела је да се заснива на физичким показатељима пословања дистрибутивних предузећа и управо на бази тих физичких показатеља из реалног рада дистрибутивних система се спроводи вишекритеријумска анализа. Као такав модел представља нов алат који је подршка у одлучивању, треба да обезбеди смањење ризика у обављању делатности дистрибуције природног гаса и применљивост резултата у пракси.

Циљ анализе конкурентних алтернатива је да се кроз оперативну стратегију обезбеди сигурно и поуздано снабдевање потрошача, док се истовремено осигурава економски исплативо пословање дистрибутера са обезбеђеном надокнадом утврђених трошкова, као и подстицај технологијама које нису штетне за животну средину.

Циљ овог истраживања је да се дефинише модел за одлучивање у смислу стратегије који дистрибутивни систем је погодан да буде даље развијан, с тим да употреба података из праксе омогућава да се субјективне оцене у одређеној мери избегну.

Када се одлучује о развоју дистрибутивних мрежа, потребно је узети у обзир све аспекте, што је веома компликовано јер постоје супротстављени аргументи у смислу да одређена карактеристика представља предност одређеног система за развој а друга његов недостатак. У оваквим ситуацијама примена софтвера за подршку одлучивању је потпуно оправдана. Стога решавање овакве врсте проблема који су комплексни применом вишекритеријумске анализе, представља начин на који би убудуће требало решавати развојне проблеме у овој области привреде.

Како временом ефикасно обављање делатности добија на значају, поготову увођењем регулације ове услуге, а постоје и 34 лиценцирана енергетска субјекта за дистрибуцију природног гаса у Србији, вишекритеријумска анализа се може сматрати за оправдан избор у разматрању комплексног проблема као што је доношење стратешких одлука о развоју дистрибутивних система за природни гас.

Такође, циљ докторске дисертације је да се повећа ефикасност обављања делатности дистрибуције природног гаса и тиме стимулише развој тржишта природног гаса на принципима економичности и заштите животне средине.

За наведену тему истраживања не постоји обимна литература с обзиром да је тржиште природног гаса тек недавно почело да се развија на принципима конкуренције па је и модел прављања дистрибутивним системима на бази вишекритеријумске анализе који уважава савремена дешавања у енергетском сектору у погледу регулације и заштите животне средине, сасвим нов приступ за усмеравање ове делатности. Из тог празлога предмет истраживања биће дефинисање модела за унапређење управљања дистрибутивним системима на бази вишекритеријумске анализе.

## 1.2. Предвиђене методе рада

Уочено је да у области дистрибуције природног гаса не постоји довољно истраживања спроведених на дистрибутивним системима за природни гас у фази њихове експлоатације као и да не постоји модел који их описује. Како дистрибуција природног гаса представља део тржишта природног гаса у којем је могуће очекивати даљи развој важно је да се спроведе анализа пословања на овим системима. Стога су општим теоријско-методолошким приступом обухваћена претходна теоријска сазнања о предмету истраживања, односно ради сажимања теоријских сазнања у области која је предмет истраживања докторске дисертације коришћене су методе теоријске анализе.

Полазна претпоставка (хипотеза) је да дистрибутивни системи функционишу на довољно сличан начин и да је могуће поредити пословање дистрибутивних предузећа помоћу матрица уз употребу утицајних критеријума који се применом вишекритеријумске анализе преводе у модел за управљање дистрибутивним системима.

Полазна хипотеза је да се путем оцене квантификованих показатеља пословања дистрибутивних система за природни гас развије методологија за унапређење управљања дистрибутивним системима која се базира на организационим и управљачким активностима у циљу повећања пословних перформанси.

Дефинисање методологије за анализу перформанси пословања дистрибутивних система подразумева одређивање утицајних критеријума за оптималност у односу на физичке показатеље пословања дистрибутивних предузећа у реалном раду, дефинисање реалних ограничења у функционисању дистрибутивних предузећа, и одређивање тежинских коефицијената којима су описани утицајни критеријуми. Претпоставља се да ће се модел развити на основу података лиценцираних енергетских субјеката за дистрибуцију и управљање дистрибутивним системима у нашој земљи, и потврдити хипотеза да је могуће дати предлог за унапређење управљања дистрибутивним системима заснован на вишекритеријумској анализи.

Метода прикупљања података који се користе као утицајни критеријуми подразумева технику примене стандардизованих формулара које попуњавају лиценцирани дистрибутери природног гаса. Подаци који се обрађују статистичким методама исказују одређена својства дистрибутивних система (квалитете) у одређеној количини (квантитете) у одређеном времену (хронолошки) и на одређеном простору (географски). Из области операционих истраживања биће примењен скуп математичких метода којима се применом алгоритама и на одговарајући начин дефинисаном методологијом вишекритеријумске анализе долази до оптималних одлука.

У истраживању је разматрана и хипотеза да оператори дистрибутивних система не послују на довољно ефикасном нивоу, уз прецизну оцену њихове ефикасности/неефикасности која пружа увид код којих оператора дистрибутивних система је ефикасност испод прихватљивог нивоа и које компаније треба да унапреде своју ефикасност.

Анализом постојећих истраживања уочено је да у области енергетике, а конкретно у области дистрибуције природног гаса, нема дефинисане методологије која би објединила и техно-економске захтеве, захтеве животне средине као ни регулаторне захтеве који се као нови тренд дешавају у обављању делатности дистрибуције природног гаса. Такође, у досадашњој пракси су се анализе углавном спроводиле приликом доношења одлуке да ли одређени енергетски инфраструктурни објекат градити или не, али се касније, током рада енергетског објекта није спроводила анализа ефикасности његовог коришћења нити се настојало да се утврде општи критеријуми за оцену енергетских објеката у раду у смислу опредељења за доношење стратешких одлука везаних за будући развој.

Специфичност ове делатности- да је регулисана од стране Агенције за енергетику, односно да је цена коришћења дистрибутивних система предмет регулације, упућује на неопходност да се ова чињеница уважи приликом оцене ефикасног коришћења објеката за дистрибуцију природног гаса што до сад у пракси није био случај.

Основни кораци у примени приступа заснованог на вишекритеријумској анализи, како би се донела коначна одлука о управљању дистрибутивним системима у смислу који дистрибутивни систем развијати, подразумевају да се процес доношења одлуке декомпонује у следеће кораке:

1. Дефинисање проблема

2. Структурирање хијерархије одлучивања тако што је на врху хијерархије коначни циљ односно одлука коју треба донети, до нижих нивоа на којима су циљеви из шире перспективе, преко међунивоа (критеријуми од којих елементи који следе зависе), до најнижих нивоа (који обично представљају скуп алтернатива).

3. Састављање матрица за поређење парова. Сваки елемент на вишем нивоу се употребљава за поређење елемената који су на нивоу непосредно испод у односу на тај виши елемент.

4. Употреба приоритета добијених поређењем парова како би се додали тежински коефицијенти приоритетима на нивоу непосредно испод. Овај поступак се спроводи за сваки елемент, а затим се за сваки елемент на нивоу испод, његови тежински коефицијенти сабирају и добија се свеукупан глобални приоритет.

Управљање дистрибутивним системима природног гаса засновано на вишекритеријумској анализи подразумева да се на бази модела и примене различитих критеријума изабере онај дистрибутивни систем који води ка смањењу ризика од губитака у пословању, јер модел заснован на вишекритеријумској анализи пружа ранг дистрибутивних система у смислу њихове подобности за даљи развој.

### **1.3. Очекивани резултати**

Очекивани научни допринос докторске дисертације огледа се у развоју модела који служи за управљање дистрибутивним системима у смислу одабира система који је најповољнији за даљи развој, односно у унапређењу концепта управљања

приликом обављања делатности дистрибуције природног гаса у стратешком управљању привредним друштвом, као сегменту научне области индустријског инжењерства.

Такође, очекивани допринос докторске дисертације огледа се и у дефинисању модела и алата које стратешки менаџмент може примењивати у управљању и одлучивању у пословно-производном систему који се бави делатношћу дистрибуције природног гаса.

Осим у гасној привреди, очекује се да модел који се дефинише буде применљив на све дистрибутере природног гаса, како у Србији, тако и у другом окружењу. Такође, очекује се и да модел буде применљив и у другим делатностима, односно да би могао наћи своју примену и у другим областима привреде а не само у дистрибуцији природног гаса.

Како узорак анализираних предузећа чине лиценциране компаније за дистрибуцију природног гаса у Србији, сматра се да модел који би био применљив за управљање има универзалан карактер односно применљивост.

## **2. ЕНЕРГЕТСКА ПОЛИТИКА И ПЛАНИРАЊЕ РАЗВОЈА ЕНЕРГЕТИКЕ**

Да би се, на Законом о енергетици утврђеним начелима и принципима, отпочело са вођењем јединствене политике развоја енергетских делатности било је потребно донети, пре свега, стратегију развоја енергетских делатности на нивоу Републике Србије, а потом донети програме за њено остваривање, којима се на усклађен начин и предузимањем синхронизованих активности, спроводи политика развоја у области енергетике.

Закон о енергетици не уређује услове и начин експлоатације природног гаса. Одредбе овог закона не односе се на субјекте који користе сабирно-транспортне и складишне системе за нафту и природни гас на експлоатационим пољима који су предмет Закона о рударству.

У процесу планирања потреба за енергијом и услова и начина њиховог задовољења, законом је дефинисана улога и одговорност републичких, покрајинских и локалних органа управљања, као и самих енергетских субјеката.

## 2.1. Регулаторна Агенција за енергетику

Агенција је једино регулаторно тело за област енергетике основано у циљу унапређивања и усмеравања развоја тржишта електричне енергије и природног гаса на принципима недискриминације и ефикасне конкуренције, кроз стварање стабилног регулаторног оквира, као и за обављање других послова утврђених законом.

Агенција је самостални правни субјект и независна од органа извршне власти у обављању својих послова, као и од других државних органа и организација, правних и физичких лица која се баве енергетским делатностима, независно доноси одлуке, самостално располаже финансијским средствима одобреним финансијским планом и обезбеђује стручне капацитете неопходне за обављање законом утврђених послова.

По својим овлашћењима Агенција за енергетику је специфична, пошто обавља (као поверене) одређене послове који су по својој природи раније били у оквиру права и дужности државних органа, као што су: издавање лиценци за обављање енергетских делатности, одређивање методологије за утврђивање цена регулисаних енергетских делатности, одобравање цена енергетским субјектима чије су делатности регулисане и сл.

Регулисаним ценама за енергију и енергетске услуге спроводи се заштита купаца, корисника енергетских услуга (регулисањем монополских делатности), као и власника енергетских објеката (утврђивање цена на бази оправданих трошкова пословања и одређене профитне стопе).

Агенција је самостално регулаторно тело, независно у доношењу одлука од свих државних органа, енергетских субјеката и корисника њихових услуга.

Агенција за енергетику Републике Србије је основана Законом о енергетици („Службени гласник РС”, 84/2004), а од тада до данас су се надлежности Агенције мењале. У извршавању регулаторних послова утврђених овим законом, Агенција предузима мере којима се постижу или којима се доприноси остваривању следећих циљева:

- обезбеђивање сигурног снабдевања купаца енергијом кроз ефикасно функционисање и одржив развој енергетских система, у складу са енергетском политиком Републике Србије, укључујући заштиту животне средине и развој обновљивих извора енергије;
- обезбеђивање стабилног, транспарентног и недискриминаторног регулаторног оквира за купце енергије, кориснике система и инвеститоре;
- подстицање ефикасног функционисања енергетских система;
- обезбеђивање високих стандарда услуге у снабдевању електричном енергијом и природним гасом уз заштиту енергетски угрожених купаца.

Агенција издаје лиценце за обављање енергетских делатности и доноси акт о одузимању лиценце и води регистре издатих и одузетих лиценци.

Агенција спроводи поступак сертификације и одлучује о сертификацији оператора преносног система електричне енергије и оператора транспортног система природног гаса.

Агенција, између осталих, доноси методологије за:

- одређивање цене приступа систему за транспорт природног гаса;
- одређивање цене приступа систему за дистрибуцију природног гаса;
- одређивање цене приступа складишту природног гаса;
- одређивање цене природног гаса за јавно снабдевање;



- одређивање трошкова прикључења на систем за транспорт и дистрибуцију природног гаса.

Закон о енергетици такође уређује које делатности се дефинишу као енергетске као и које су од енергетских делатности, делатности од општег интереса и регулисане, а које су тржишне.

Закон такође уређује и приступ трећих лица гасоводним системима као регулисани приступ, као и услове под којима се може одбити приступ систему.

Законом је утврђено и право на јавно снабдевање, односно снабдевање природним гасом по регулисаним ценама и мада се овај услов током времена мењао, према сада важећем закону право на јавно снабдевање имају купци природног гаса чији су сви објекти прикључени на дистрибутивни систем и који имају годишњу потрошњу природног гаса мању од 100.000 m<sup>3</sup>. Уз ову границу сви купци природног гаса прикључени на транспортни систем још од 2015. године немају право на јавно снабдевање а сада је то право изгубио и део купаца прикључен на дистрибутивне система.

Са друге стране, сви купци, и домаћинства имају право да бирају свог снабдевача.

Домаћинства су ово право стекла почетком 2016. године.

Да би енергетски субјекти пословали у складу са принципима транспарентности и недискриминације, тј. да би купци одосно корисници система знали колики су трошкови коришћења енергетских мрежа, потребна је примена методологија за одређивање цена коришћења система за транспорт и дистрибуцију.

За функционисање тржишта важно је и да енергетски субјекти донесу, а Агенција да сагласност на правила о раду транспортних и дистрибутивних система, што је за већину енергетских субјеката и урађено.

## **2.2. Регулисање енергетских делатности**

Регулисање енергетских делатности треба да заштити интересе потрошача уз минимум трошкова, као и да осигура услове за привлачење инвестиција у

енергетске делатности. Такође, треба да обезбеди и функцију надзора, праћења и контроле активности везаних за цене у енергетским делатностима које су регулисане.

Регулисање енергетских делатности се односи на:

- цене за приступ и коришћење система,
- цене за обрачун природног гаса за јавно снабдевање,
- лиценце за обављање енергетских делатности,
- мрежна правила.

Појам регулације укључује читав низ законских и подзаконских аката донетих ради надзора и контроле рада енергетских субјеката.

Економске функције регулације укључују: цене, инвестиције, подстицање конкуренције и квалитет услуге који се пружа. Некономске регулаторне функције су социјална политика и заштита животне средине. У случајевима где постоји конкуренција у обављању одређене делатности цене и квалитет услуга се одређују управо тржишним надметањем.

Уколико нема конкуренције, регулација може да допринесе следећем:

- заштити интереса потрошача уз захтевани ниво квалитета услуге и најниже могуће трошкове уз примену прописаних методологија за одређивање оправданих трошкова,
- заштити интереса енергетских субјеката тако да им одобрене цене омогуће покриће оправданих трошкова као и одређени профит.

Регулација енергетских делатности се у области природног гаса спроводи применом методологија које доноси Агенција за енергетику и то: Методологијом за одређивање цене приступа систему за транспорт природног гаса („Службени гласник РС“, бр. 93/12, 123/12, 5/14, 116/14, 30/15), Методологијом за одређивање цене приступа систему за дистрибуцију природног гаса („Службени гласник РС“, бр. 123/12, 75/14), Методологијом за одређивање цене природног гаса за јавно снабдевање („Службени гласник РС“, бр. 75/14) и Методологијом за

одређивање цене приступа складишту природног гаса („Службени гласник РС“, бр. 143/14, 4/16).

Остваривање циљева регулације применом наведених Методологија у великој мери зависи од расположивих података који се прикупљају путем Инфо правила којима су дефинисани подаци које енергетски субјекти треба да доставе Агенцији у процесу одређивања цена услуга приступа и коришћења система и цене природног гаса за јавно снабдевање.

Методологијама се за сваку од делатности коју обавља енергетски субјект дефинише Максимално одобрени приход (МОП) за ту делатност. Максимално одобрени приход обухвата оправдане трошкове енергетског субјекта који настају обављањем те делатности. Максимално одобрени приход оператора система се обрачунава на основу оправданих трошкова пословања и одговарајућег приноса на ангажована средства и инвестиције у обављању делатности. Оправданост трошкова се оцењује према природи конкретног трошка, сагледавањем његове сврсисходности, провером количина и цене којом је изазван конкретан трошак, упоредном анализом трошкова оператора система заснованом на подацима о трошковима у претходном периоду и трошковима других оператора система у земљи и окружењу (benchmarking).

Израчуната вредност МОП-а се распоређује на тарифне елементе у складу са одговарајућом Методологијом. Тарифе се утврђују за тарифне елементе а цене услуга као и цена природног гаса се обрачунавају на основу тарифа за обрачунски период.

### **2.3. Организовање обављања делатности у области природног гаса**

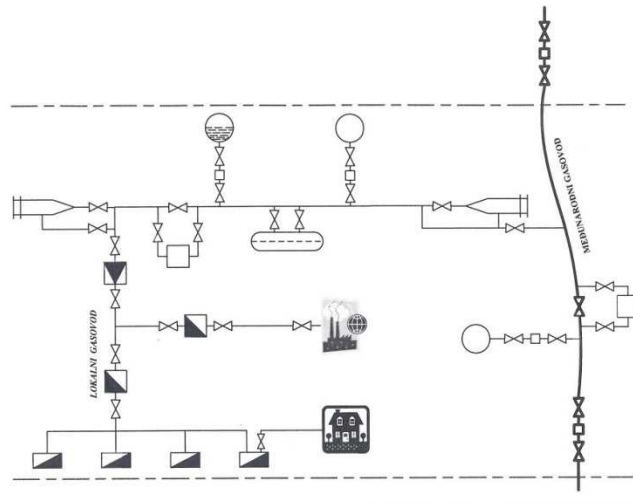
Дистрибуција природног гаса је до 2000. године, када је донет нови Закон о јавним предузећима и обављању делатности од општег интереса, била комунална делатност. Доношењем овог закона надлежности су пренете на

републички ниво што значи да је за поверавање обављања ове делатности надлежна Републичка Влада а не органи локалне самоуправе.

Власништво над дистрибутивним мрежама у Војводини је различито од мреже до мреже и варира од приватног, преко друштвеног, јавног, мешовитог... Дистрибутивна предузећа су такође сасвим различито организована- нека су јавна, јавно-комунална, друштва са ограниченом одговорношћу, акционарска друштва, друштвена предузећа.

Број од 34 дистрибутивна предузећа чија дистрибутивна подручја су за величину тржишта као што је град, општина или место на којем поједина дистрибутивна предузећа обављају делатност указује на уситњеност пословања због чега су економски резултати неповољнији него да су дистрибутивна предузећа таква да се може постићи ефекат економије обима путем већег дистрибутивног подручја што доприноси повољностима приликом набавке гаса, инвестиционе опреме, материјала за текуће одржавање...

Технолошка шема једног уобичајеног дистрибутивног система је приказана на Слици 2.1



Slika 1.2. Uprošćena shema gasovodnog sistema za prirodni gas

**Legenda:**

**NGP** – naftno gasno polje,

**GP** – gasno polje,

**GMRS** – transportna merno regulaciona stanica,

**MRS** – distributivna merno regulaciona stanica,

**PPM** – primopredajno mesto,

**ČS** – čistačka stanica,

**KS** – kompresorska stanica,

**GZV** – glavni zaporni ventil,

**KMRS** – kućna merno-regulaciona stanica,

**UGI** – unutrašnje gasne instalacije,

**SG** – skladište gasa.

## Слика 2.1 Дистрибутивни систем природно гаса

Доношењем Закона о енергетици досадашња дистрибуција природног гаса је раздвојена на две регулисане делатности које сада обавља свако од ових предузећа и то: дистрибуцију и управљање дистрибутивним системом за природни гас и јавно снабдевање природним гасом, а већина ових предузећа обавља и делатност снабдевања природним гасом која није регулисана.

Законска обавеза је и да се рачуноводствено раздвоје ове делатности како би се по свакој од њих могли пратити приходи и трошкови и како би се одвојено регулисала цена за сваку од ових делатности.

Велики део ових предузећа се осим дистрибуцијом природног гаса бави и осталим, неенергетским, комуналним и другим делатностима као што су водовод и канализација, гробљанске услуге, одвожење смећа, монтажерски радови...

У области дистрибуције природног гаса, Влада Републике Србије до данас није доделила ни једну концесију за обављање ове делатности тако да искуства у тој

области, као могућности за стицање права обављања делатности од општег интереса не постоје.

Овакав ниво уситњености обављања ове делатности и различита организација и власнички односи су последица ранијих прописа којима је дистрибуција гаса била дефинисана као комунална делатност. Ова предузећа су стога углавном организована на нивоу града односно општина и оснивала их је углавном локална самоуправа.

Енергетски субјект који обавља делатност дистрибуције енергије дужан је да врши дистрибуцију свим купцима енергије на подручју на коме обавља ту делатност, да управља дистрибутивном мрежом на принципима јавности и недискриминације. Дистрибутер, такође, има посебну обавезу везану за уредно и квалитетно одржавање мреже, као и за планирање и реализацију ревитализације, модернизације, проширења и изградње нових дистрибутивних капацитета.

„За само пет од 29 малих дистрибутивних компанија на северу Србије које послују независно од Србијагаса постоје подаци да финансијски успешно послују. Активност на дистрибуцији око 1 млрд  $m^3$  гаса годишње је близу минимума економског обима који пружа ефикасност, укључујући и могућност да се повећају фондови за гасификацију и привуку велики инвеститори уколико би се ова делатност приватизовала. Узимајући у обзир да је садашња годишња потрошња у Србији 2.5 млрд  $m^3$ , не би било економично имати више од две дистрибутивне компаније“ (ЕСА, 2005).

Како регулаторно тело захтева од дистрибутивних компанија да имају посебне лиценце за енергетске делатности, да воде у потпуности одвојене рачуне и подносе одвојене регулаторне рачуноводствене извештаје, обезбеђује се минимум упоредне регулације.

Отварање тржишта природног гаса омогућава купцима да бирају од кога ће набављати гас. Иако то не би требало да утиче на делатност дистрибуције јер се „мрежарина“ за сваког купца плаћа без обзира ко му је снабдевач, ово може да има негативан ефекат на дистрибутивне компаније јер се све оне осим

дистрибуцијом баве и неким видом снабдевања. Новчани ток који је повезан са већим купцима може да побољша профитабилност као и да унапреди кредибилност енергетских активности и могућност да се повећа комерцијални дуг. Стога, током фазе развоја тржишта, када је још увек потребно развијати мрежу и још нових потрошача прикључити на мрежу, постоји јак аргумент да се током одређеног временског периода додели ексклузивитет за обављање делатности.

Ово је на одређени начин и спроведено путем Уговора о поверавању обављања делатности који се и односе на одређено дистрибутивно подручје и имају рок важења 10 година.

Иако поступак лиценцирања постоји већ 10 година, а регулисане цене дистрибуције и снабдевања природним гасом већ осам година, за сада нема значајнијег привлачења инвестиција у овом сектору. Било да се дистрибутивне компаније приватизују или не, цене коришћења система треба да буду на нивоу који омогућава развој мреже и његово финансирање под реалним условима.

## **2.4. Модалитети улагања у делатност дистрибуције природног гаса**

Српска гасна привреда има традицију од преко педесет година. Најдужи период, односно до 2005 године гасни сектор који је обједињавао функције истраживања и производње, преко транспорта, дистрибуције и трговине природним гасом, био је интегрисан са нафтним сектором у заједничком предузећу Нафтна индустрија Србије. У Војводини су постојали дистрибутери природног гаса на нивоу локалних самоуправа.

Тадашњи организациони делови НИС-Гас и НИС-Енергогас били су одговорни за развој и комплетан оперативни део посла у делатностима транспорта, дистрибуције и промета природног гаса.

ЈП Нафтна индустрија Србије је основана Законом из 1990 године. Претходно потпуно одвојена предузећа која су се бавила делатностима у области нафте и

гаса су обједињена у једно јавно предузеће које је по својој структури било вертикално интегрисано. На овај начин је обједињено обављање свих делатности везаних за нафту и гас у оквиру једног јавног предузећа.

Да би се спровеле неопходне реформе у енергетском сектору, било је неопходно да се прво стави ван снаге Закон о оснивању НИС-а, а ова процедура је захтевала значајни временски период и била политички осетљиво питање. Било је неопходно да Влада Републике Србије упути Скупштини на усвајање Закон о стављању ван снаге Закона о оснивању НИС-а.

Постојало је неколико варијанти о будућем начину организовања компанија које би настале реорганизацијом некадашњег НИС-а. Један од преовлађујућих предлога је био да се организује холдинг компанија НИС.

Коначна одлука Владе Републике Србије је била да се оснују два јавна предузећа и једно акционарско друштво као наследници некадашњег јавног предузећа Нафтна индустрија Србије.

У 2005. је донета одлука о оснивању ЈП Србијагас и ЈП Транснафта као и о оснивању а.д. Нафтна индустрија Србије. Делатности које су предвиђене да их обавља акционарско друштво су истраживање, производња, прерада и увоз и малотрговина нафтом и нафтним дериватима као и истраживање и производња природног гаса.

Делатности ЈП Транснафте су транспорт нафте и нафтних деривата.

Делатности ЈП Србијагас су транспорт и управљање транспортним системом за природни гас, складиштење и управљање складиштем природног гаса, дистрибуција и управљање дистрибутивним системом за природни гас, трговина природним гасом ради снабдевања тарифних купаца и трговина природним гасом за потребе тарифних купаца.

Разлог за овакав начин расподеле активности између енергетских субјеката била је постојећа законска регулатива. Све енергетске делатности које се односе на природни гас осим трговине на слободном тржишту и осим истраживања и производње природног гаса су дефинисане у Закону о енергетици и Закону о



јавним предузећима и обављању делатности од општег интереса као делатности од општег интереса.

Ове делатности могу да обављају јавна предузећа а друге врсте предузећа или предузетник када им надлежни орган обављање те делатности повери. У случају делатности везаних за природни гас поверавање ових делатности се спроводи Уговором о поверавању који се потписује са Владом Републике Србије.

Оснивањем ЈП Србијагас су створени предуслови за раздвајање делатности у области природног гаса међусобно, али први корак је био раздвојити делатности из области нафте од оних у области гаса.

Такође, на овај начин су обједињена два предузећа која су се на територији Србије бавила транспортом и дистрибуцијом природног гаса како би се избегло дуплирање активности и то НИС Гас-а и НИС Енергогаса. Новоформирана компанија ЈП Србијагас постоји од 1. октобра 2005. године.

Обављање делатности од општег интереса се надгледа како од стране Владе Републике Србије тако и од независног регулаторног тела- Агенције за енергетику Републике Србије.

Да би се стекло право обављања делатности од општег интереса у области природног гаса потребно је осим уговора са Владом и поседовање лиценце за обављање енергетске делатности издате од стране Агенције за енергетику.

Лиценца се издаје за постојећу гасоводну мрежу, на основу извештаја надлежних инспектора који у својим извештајим потврђују испуњеност техничких, противпожарних и услова у погледу заштите животне средине за обављање ових делатности.

Да би се изградила енергетска инфраструктура потребно је поседовати и енергетску дозволу коју издаје Министарство рударства и енергетике.

Енергетска дозвола је предуслов за прибављање одобрења за градњу, и издаје се у складу са Стратегијом развоја енергетике као и Програмом остваривања стратегије.

Могућности за улагање капитала у делатност дистрибуцијом природног гаса и могућност страних лица да се баве дистрибуцијом природног гаса је омогућена важећом законском регулативом путем једног од следећих модела:

#### 1. јавно предузеће/ћерка фирма јавног предузећа

- јавно предузеће је основала Влада Републике Србије,
- директне инвестиције у јавна предузећа за сада нису дозвољене,
- могућа су заједничка предузећа са јавним предузећем,
- постоји могућност зајмова или комерцијалних аранжмана у којима се држава појављује као давалац гаранције.

Уколико јавно предузеће оснује ћерка компанију, могући извори финансирања су

- инвестиција у ћерка компанију јавног предузећа,
- заједничко предузеће са ћерка компанијом.

#### 2. Уговор о поверавању обављања делатности од општег интереса

Предуслови:

- било који облик организовања предузећа може склопити уговор о поверавању (осим јавних предузећа),
- оснивач предузећа може бити било домаће било страно лице,
- предузеће мога у потпуности да буде у складу са домаћим прописима- техничким условима за опрему, заштитом животне средине...

#### 3. Уговор о концесији

Предуслови:

- концесионар може бити домаће или страно лице,
- давалац концесије је Влада Републике Србије.

Процедура: Влада Републике Србије и Скупштина прегледају пријаве, један члан тендереске комисије је из Скупштине Србије, Влада Републике Србије потписује Уговор о давању концесије.

Процедура стицања концесије је најпрецизнија и детаљно дефинисана Законом о концесијама.

Уговором о поверавању се избегава тендерска процедура, краћа је процедура, пренос власништва енергетског објекта није предвиђен али постоји ризик од промена у законској регулативи.

Инвестирање у ћерка компанију јавног предузећа је процедура која је најкраћа али постоји ризик од промена у законској регулативи.

## **2.5. Сигурност снабдевања**

Потрошачи природног гаса у Србији се снабдевају природним гасом из домаће производње, увоза и складишта природног гаса.

Сигурност снабдевања директно је зависна од могућности финансирања увоза и обезбеђена је уговором са руским партнером о испоруци природног гаса и уговором о транзиту. Увоз природног гаса обавља се из Русије преко једине пријемне станице у Хоргошу. Према АЕРС, домаћа производња природног гаса након што је у прошлости показивала благи тренд пада последњих година је на стабилном нивоу.

**Табела 2.1 Извори снабдевања и остварена потрошња природног гаса у 2014 и 2015. (AERS, 2015)**

	<b>2014</b> милиона m <sup>3</sup>	<b>2015</b> милиона m <sup>3</sup>	<b>2015/2014</b> %
Производња преузета у транспортни систем	453	422	93
Производња преузета у дистрибутивни систем	14	10	64
<b>Производња укупно</b>	467	432	93
Увоз из Руске Федерације по дугорочном уговору	1.393	1.733	124
Увоз из других извора/по другим уговорима	0	7	100
<b>Увоз укупно</b>	1.393	1.740	125
Преузето из подземног складишта	306	113	37
<b>УКУПНО РАСПОЛОЖИВО</b>	2.166	2.285	105
Утиснуто у складиште	164	228	139
<b>Бруто потрошња</b>	2.002	2057	103
Губици и сопств. потрошња транспортног система	7	8	86
Губици у дистрибутивној мрежи	14	8	57
<b>За финалну потрошњу</b>	1.981	2.042	103

Однос зимске и летње потрошње на гасоводном систему Србије је око 4:1 поредећи потрошњу од октобра до априла са оном од маја до септембра. Однос за даљинске системе грејања и широку потрошњу је преко 10: 1, што значи да је преко 90% потрошње ових потрошача током зимских месеци. Повећање броја потрошача у широкој потрошњи би повећало и степен сезонских осцилација.

Уколико ће гас имати значајну улогу у производњи електричне енергије, од посебне важности је поузданост и сигурност снабдевања гасоводним системом која мора бити на високом нивоу, јер у супротном прекиди у испоруци природног гаса могу имати негативне ефекте на електро систем.

За досадашњи избор потрошача у нашој земљи је примарна била величина њихових енергетских капацитета, а не критеријуми рационалности потрошње који су најчешће меродавни у свету.

Због тога је основна карактеристика досадашње потрошње природног гаса у Србији његова примена у индустрији и као хемијске сировине с обзиром да су то велики и континуални потрошачи током године. Самим тим је данас у нашој земљи у односу на свет скоро два пута већи структурни удео индустрије и 4-5 пута већи удео сировина, док је скоро три пута мањи удео широке потрошње.

То има и посебне последице на економски положај гасне привреде, јер сектор широке потрошње омогућује увођење тарифне политике и ценовне прерасподеле. Путем тарифирања цена природног гаса може се обезбедити нижа цена индустријским потрошачима ради обезбеђења конкуретне способности привреде на рачун повећања цена гаса у сектору широке потрошње.

Што је величина сектора широке потрошње већа, то су и већи ефекти ценовне прерасподеле и повољнији економски положај гасне привреде. Наведене предности коришћења природног гаса у сектору широке потрошње су били разлог усвајања програма укључивања нових пет стотина хиљада домаћинстава на гасоводни систем до 2010. године. Реализацију овог програма омогућила је постојећа транспортна мрежа која је довела гас у око 70% општина у Војводини и 44% укупног броја општина на подручју централне Србије. Тиме је омогућено смањење вршног оптерећења електроенергетског система за 600-750 MW што може да има велики значај за даљи развој електропривреде.

Међутим, укључивање предвиђеног броја домаћинстава захтева значајна инвестициона улагања за изградњу дистрибутивних гасоводних мрежа како би се створили предуслови за прикључење нових потрошача.

Регулација обављања делатности дистрибуције природног гаса има неких сличности са регулацијом транспорта али наравно и својих специфичности. Питања регулације обављања делатности дистрибуције треба нарочито да уваже: обавезе у погледу обављања делатности од општег интереса и питања квалитета

обављања делатности а посебно безбедност и могућност да се тарифе и квалитет услуге одређују методама benchmarking-а.

## **2.6. Обавезе у погледу обављања делатности од општег интереса и питања квалитета обављања делатности**

Природни гас се може заменити другим горивом код већине потрошача и стога се не сматра за универзални сервис (услугу) као што је случај са електричном енергијом, телекомуникацијама или водоводом. Без обзира на то, његова расположивост се сматра за социјално вредну категорију јер је често јефтинији у односу на друга горива, једноставнији за употребу, чистији и са мање загађења животне средине у односу на друга горива, посебно код мањих потрошача.

Најважнији аспект обавезе обављања делатности од општег интереса је снабдевање природним гасом малих и комерцијалних купаца (широке потрошње) зими, током грејне сезоне, посебно током „хладних зима“ - овај појам се обично дефинише у смислу учестаности да се догоди, а најчешће примењивани стандард који постоји у земљама ЕУ је да је хладна зима она која се дешава једном у 20 година.

Оператори дистрибутивних система су обично енергетски субјекти који су најближи крајњим купцима и којима се купци обраћају уколико постоје неки проблеми. Међутим, оператори дистрибутивних система нису енергетски субјекти који могу да реше ситуацију уколико дође до проблема у снабдевању током хладних зимских месеци. На либерализованом тржишту, оператори дистрибутивних система, осим уколико су у питању мале компаније, су само дистрибутери и не поседују гас који би се могао користити у ванредним ситуацијама тражње за гасом. У тим ситуацијама оператори транспортних система или оператори складишта имају много веће могућности да се носе са оваквом ситуацијом.

За разлику од електричне енергије, поузданост испоруке је када се ради о природном гасу више питање транспорта гаса него дистрибуције.

Када се разматра квалитет испоруке природног гаса, постоје два аспекта овог квалитета- технички и комерцијални. Комерцијални квалитет се тиче односа купаца и компанија, и како се дешавају промене у смислу потреба раздвајања делатности, захтеви који се постављају пред енергетске субјекте постају све већи и већи.

Технички квалитет се углавном односи на питања безбедности која подразумевају:

- Одоризацију гаса, која је најчешће обавеза оператора дистрибутивног система а не оператора транспортног система;
- Превентивно одржавање и детекцију истицања гаса уколико постоји;
- Обезбеђење дежурних служби у случају инцидената на мрежи;
- Контролу унутрашњих гасних инсталација која обично није у надлежности ОДС-а, али како је обавеза купца да обезбеди одржавање својих гасних инсталација, неретко се та обавеза поверава управо ОДС-у на чији систем је потрошач прикључен;

Питање безбедности је најчешће у надлежности инспекцијских служби и уређено је техничким прописима. Као и друга питања техничког квалитета и питање безбедности се делимично решава кроз увођење оцене оствареног квалитета у регулацију цена. На овај начин се омогућава да се квалитет одржава на захтеваном нивоу или побољшава.

Ово може бити осетљиво питање уколико се спроводи приватизација компанија, или након увођења подстицајних метода регулације. У процесима приватизације, није неуобичајено да приватне компаније настоје да повећају свој профит на уштрб квалитета услуге, а нарочито безбедности. У превазилажењу ових ситуација улога регулаторних тела која прописују и захтевани ниво услуге и начин на који ће то бити укључено у цену је важна.

Још један од аспеката техничког квалитета у дистрибуцији је питање квалитета гаса који се са дистрибутивних система испоручује. Иако не би требало да се промена у саставу гаса мења, с обзиром да се природни гас налази у цевоводима, најчешће подземним, и да стога не би требало да буде могуће да се утиче на његову калоричну моћ, услед мешања са гасом из домаће производње који је другачијих карактеристика од увозног гаса може на локалним системима који се налазе близу експлоатационих поља доћи до испоруке природног гаса ниже калоријске вредности. Стога регулаторна тела некада прописују повремене контроле састава гаса и вођење евиденција о евентуалној појави узорака гаса неодговарајућег квалитета.

Поузданост испоруке је такође важан аспект квалитета услуге дистрибуције, мада у великој мери другачије важности него што је то случај са електричном енергијом. Захтеви за непрекидношћу испоруке на гасоводним системима су ипак мањи и постоји мањи број гасних трошила код којих ће прекид у испоруци довести до квара. Поузданост испоруке електричне енергије може бити повезана са поузданошћу испоруке природног гаса због електрана које користе природни гас као гориво, али ови објекти су најчешће прикључени на транспортни систем тако да тај проблем не би требао да се дешава на дистрибутивном нивоу.

## **2.7. Оптимална величина оператора дистрибутивних система и начин обављања делатности**

Организација обављања делатности дистрибуције природног гаса варира од земље до земље. Негде, као нпр. у Енглеској, Шпанији у прошлости је опредељење било да постоји само један дистрибутер природног гаса, што је често више политичка него економска одлука. У другим земљама као што су нпр. Немачка, Италија, Аустрија обављање ове делатности је организовано на нивоу локалних самоуправа или регија.

Постоје одређене интенције да се дистрибуција природног гаса организује на неком „средњем“ нивоу међутим промене у том смислу се споро одвијају.



Уколико у одређеној држави постоји више дистрибутивних компанија, које послују у истим условима у погледу институционалног и економског окружења, то може допринети ефикасности, јер се дистрибутери могу довести, макар индиректно у конкуренцију.

То се може спровести на два начина, први је конкуренција за доделу права на обављање ове делатности на одређеној територији, а други је benchmarking – поређење.

Уколико постоји више компанија које се баве овом делатнишћу, поготову уколико су суседне у смислу територије на којој обављају делатност, и које су стога упознате са технологијом и организовањем обављања мрежних делатности (дистрибуција воде или електричне енергије), некада надлежне институције распишу тендер како би се одабрала најефикаснија компанија која би обављала и делатност дистрибуције природног гаса.

Овај поступак расписивања тендера се може спроводити периодично, што нарочито може да буде интересантно у зонама где мрежу тек треба изградити. На овај начин се олакшава посао регулаторним телима која не морају да одређују тарифе уколико је цена одређена тендером.

Оператор дистрибутивног система може да буде и приватизован и да путем берзе и куповине акција буде преузет од стране ефикаснијих компанија. У овом случају треба водити рачуна о могућим негативним ефектима приватизације у смислу опадања квалитета услуге ради стицања већег профита.

Што се тиче могућности да се за делатност дистрибуције распишу тендери чиме би се стекло право обављања ове делатности, то може довести до проблема да нпр. одређени понуђач понуди најнижу цену дистрибуције али да касније не обавља делатност како би требало. Односно, може да смањи квалитет услуге и у смислу изградње, управљања и одржавања мреже, па је у овим случајевима надзор над квалитетом услуге веома важан.

Такође, могуће је да компаније које започну да обављају делатност, и то тако што нпр. прво прикључују потрошаче тамо где им се то највише исплати, доспеју у економске потешкоће када треба да своју дистрибутивну мрежу шире у области у

којима обављање ове делатности није толико исплативо. Стога је веома важно надzirати не само квалитет услуге већ и интензитет развоја мреже.

## 2.8. Правила о приступу дистрибутивним системима

Правила о приступу дистрибутивним системима су једноставнија него што је то случај на транспортном систему.

Комплексност односа између оператора дистрибутивних система и снабдевача утиче на процес либерализације тржишта јер су у пракси могући различити проблеми који могу да ограниче право на избор снабдевача. Ни у неким државама САД у којима је процес либерализације тржишта најпре и започео није предвиђено обавезно отварање тржишта за мале купце иако у пракси постоји евидентан успех у либерализацији veleпродајног тржишта.

За разлику од транспортних компанија, код оператора дистрибутивних система постоји тенденција да делатност дистрибуције и управљања дистрибутивним системом буде повезана са снабдевањем. Стога није изненађујуће када оператори дистрибутивних система проналазе начине да онемогуће улазак на њихову мрежу другим снабдевачима. На дистрибутивном нивоу се у смислу регулаторних питања не јављају проблеми у расподели капацитета и балансирању, већ у примени правила о промени снабдевача (АЕРС, 2015).

Као и за транспортне система, правила о приступу могу бити дефинисана у Правилима о раду дистрибутивних система. Како су на дистрибуцији и сами купци мањи и мање упознати са регулативом у области гасне привреде, процедуре и садржај ових правила би требао бити једноставнији него за транспорт.

Правила о раду дистрибутивних система на која је Агенција Републике Србије дала сагласност, обрађују следеће области:

- начин планирања развоја дистрибутивног система;
- техничке услове за прикључење на дистрибутивни систем;
- услове за поуздан и сигуран рад дистрибутивног система;

- правила о мерењу са дефинисаном потребном мерном опремом;
- размену података са операторима повезаних система, другим енергетским субјектима и корисницима система;
- одржавање објеката;
- приступ дистрибутивном систему;
- утврђивање и корекцију дневних количина природног гаса по корисницима;
- поступање у случају поремећаја у раду дистрибутивног система;
- као и друга питања неопходна за рад дистрибутивног система.

Коришћење капацитета на дистрибутивним системима и евентуални недостатак капацитета су ретко проблем на дистрибутивним системима. Право приступа дистрибутивном систему свакако већ постоји за купце већ прикључене на дистрибутивни систем, тако да би у случају промене снабдевача пренос капацитета са једног снабдевача на другог требао бити уобичајена ситуација. Међутим, у пракси то није увек случај. Поступак промене снабдевача би за купце требао да буде што је лакши могући, и првенствено би требао да се решава на релацији снабдевачи и оператори дистрибутивних система.

У случају када постоји велики број оператора дистрибутивних система у земљи, постојање великог броја различитих правила о раду дистрибутивних система може представљати препреку за улазак на тржиште нових снабдевача, и у тим случајевима у зависности од надлежности за доношење ових правила (министарство, регулаторна агенција), могу се након консултација са свим енергетским субјектима донети јединствена правила о раду за све операторе дистрибутивних система. У Србији је надлежност за доношење правила о раду на сваком оператору дистрибутивних система а Агенција даје сагласност на ова правила. Сва донета правила су иста, осим у појединим специфичностима, тако да не постоји конфузија која би настала применом великог броја различитих правила.

### 3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА И МЕТОДА У АНАЛИЗИ ДИСТРИБУТИВНИХ СИСТЕМА ЗА ПРИРОДНИ ГАС

#### 3.1. АХП

Творац методологије за вишекритеријумско доношење одлука Т. L. Saaty дао је пример примене АХП методологије у области енергетике (Saaty, 1987), где је ова методологија приказана као начин за доношење одлуке који тип електране (нуклеарна електрана, на угаљ или не градити велику електрану) градити у Финској. Ова методологија има најширу примену у процесу вишекритеријумског доношења одлука, планирању и алокацији ресурса. Да би се применила АХП методологија потребна је хијерархијска структура којом се представља проблем који се решава као и поређење парова како би се успоставили односи унутар структуре.

Приликом решавања проблема применом АХП методологије примењују се три основна принципа: декомпозиција, компаративне оцене и синтеза приоритета.

Принцип декомпозиције се примењује тако да се проблем структурира на начин да елементи одређеног нивоа зависе од елемената нивоа непосредно испод, полазећи од највишег нивоа који у ствари дефинише проблем који се решава, до нижих нивоа који су све детаљнији.

Saaty (1987) прави разлику између два типа међузависности које назива функционалном и структурном. Функционална се односи на контекстуалну зависност елемената и њихову међусобну зависност у извршавању одређене функције, док структурна представља зависност приоритета елемената од приоритета других елемената у извршавању њихове функције. Апсолутна мерења се користе када је потребно игнорисати такве структурне везе између елемената, док се у другим случајевима користе релативна мерења.

Принцип компаративних оцена се примењује тако што се спроводе поређења парова у смислу њихове релативне важности на неком нивоу у односу на критеријум или својство које деле а које је на хијерархијском нивоу изнад чиме се формира матрица.

Трећи принцип је синтеза приоритета. У АХП-у синтеза приоритета се спроводи од другог хијерархијског нивоа наниже множењем локалних приоритета са приоритетом њиховог одговарајућег критеријума на нивоу изнад и сабирањем, за сваки елемент на одређеном нивоу према критеријумима на које утиче (елементи на другом нивоу се множе јединицом – тежинским коефицијентом који се односи на функцију циља која је једна и на првом је хијерархијском нивоу). На овај начин се долази до глобалног приоритета одређеног елемента, који се онда користи за давање тежинских коефицијената елементима на нивоу испод и тако све до најнижег нивоа.

Према (Bhushan, Rai, 2004), АХП се примењује за доношење одлука у различитим ситуацијама као што су:

- одабир једне од више понуђених алтернатива
- формирање приоритета/рангирање – одређивање релативних односа у групи алтернатива
- алокација ресурса- проналажење најбоље комбинације алтернатива које су зависне од бројних ограничења
- benchmarking- процеса или система у односу на друге, познате процесе или системе
- управљање квалитетом.

Области у којима се примањује АХП су бројне, од здравства, одбране, планирања пројеката, технолошких предвиђања, маркетинга, одређивања цене новог производа, економских предвиђања, итд. АХП је током година развијан и широко прихваћен као методологија која се примењује у процесу доношења одлука. Током година његова примена је развијана и примењује се заједно са другим техникама математичког моделирања и анализе.

Осим погодности за примену, ова методологија је показала и одређене недостатке, а главни од њих је инверзија ранга. До инверзије ранга може доћи уколико се у процес доношења одлуке дода нпр. нова алтернатива. Без обзира на контроверзе и проблеме у примени, за ову методологију се може рећи да и даље опстаје у примени приликом доношења одлука.

Према (Coyle, 2004), главна предност АХП методологије је могућност да се избори рангирају како би се одредила њихова релативна важност а истовремено задовољили конфликтни циљеви. АХП методологија такође пружа могућност да се утврде неконзистентне оцене. Ограничења ове методологије аутор види у томе што се методологија базира на матрицама и реципрочним матрицама. Такође прављење специфичних скала за оцењивање за сваки конкретан проблем може учинити решавање проблема робусним.

Анализа АХП методологије као ефикасног приступа у решавању проблема доношења одлука у индустријском инжењерству је приказана код (Triantaphyllou, Mann, 1995). Аутори су истраживали неке од практичних и рачунских проблема који се јављају у примени АХП методологије на инжењерским проблемима. Такође је уочено да је примена програмског пакета Expert Choice значајно допринела широкој применљивости ове методологије, али да се овај алат треба користити као подршка у процесу доношења одлуке а не као средство за одлучивање. Такође је назначено да је приликом примене ове методологије потребно посебно обратити пажњу, нарочито у случајевима када су финалне вредности приоритета блиске једне другима, што се може рећи за било који метод који се примењује у вишеритеријумском одлучивању. Аутори наводе да када се одређене алтернативе налазе рангиране веома близу један другој, потребно је нарочито обратити пажњу, а да се могуће решење ове ситуације налази у додавању додатног критеријума у поступку одлучивања који ће бити изразито дискриминишући и олакшати рангирање алтернатива.

Други аутори, као на пример (Schmoltdt et al., 1995), уочавају могућност примене АХП методологије у управљању природним ресурсима, јер то виде као комплексни проблем због тешкоћа у оцени и квантификовању социјалних преференци, као и у тешкоћама у агрегирању конфликтних ставова различитих

социјалних група. АХП методологија нуди могућност да се социјални и биофизички критеријуми укључе у поступак управљања природним ресурсима. Аутори закључују да АХП методологија има флексибилност за доношење одлука за различите сценарије и представља користан алат за укључивање различитих и конфликтних учесника на објективан начин.

Рад аутора (Satty, 2008) даје објашњење како АХП представља теоретско мерење које се спроводи путем поређења парова и да се заснива на експертској оцени веће важности једног фактора у односу на други применом одговарајуће скале. Аутор је приказао примере израчунавања идеалног исказивања приоритета, добијених нормализацијом приоритета тако што су дељени вредношћу највећег приоритета. Аутор сматра да даљи развој АХП методологије треба да иде у смеру примене за групно доношење одлука, у аналитичким мрежним процесима, и процесима предвиђања и планирања.

Према (Kendrick, Saaty, 2007) АХП представља метод који може да допринесе стратешки орјентисаним организацијама да унапреде управљање својим пословним процесима. Аутори наводе да је интеграција АХП са шест сигма веома корисно јер на тај начин одлуке о приоритетима у унапређењу пословних процеса интегришу критеријуми које је лако оценити и оне које није лако прецизно оценити, у свеукупну листу критеријума на основу којих се пројекти пореде.

Са друге стране, (Melvin, 2012) наводи да нема довољно упустава на који начин у поступку АПХ структурирати проблем, формирати нивое, поднивое, критеријуме итд. Аутори такође сматрају као недостатак АХП што повећање броја алтернатива и критеријума за оцену повећава потребно време и ствара напор у оцени модела. Као још један од недостатака ове методологије наводе инверзију ранга односно што уколико се додаје или одузима критеријум или алтернатива у односу на иницијални сет алтернатива које се пореде долази до промене рангирања.

И други аутори (Broggini, Gonçalves) су уочили потезу да се у анализи обављања делатности дистрибуције природног гаса узму у обзир спољни утицајни фактори на које није могуће утицати, као што су на пример политичке одлуке (одлуке регулаторних тела или одлуке које се односе на спровођење енергетске

стратегије), цена гаса, или цене конкуретних производа. Аутори су уочили потребу да се анализира на који начин управљачке одлуке менаџмента у смислу да ли дистрибутивну мрежу даље развијати или не, коју стратегију применити, утичу на пословање дистрибутера природног гаса.

Када се у примени АХП методологије разматра који број алтернатива је прикладан да буде укључен у анализу, закључено је да се у вишекритеријумској анализи АХП методологијом може разматрати и мали и велики број алтернатива. Према (Karleuša, et al., 2014) за већи број алтернатива једноставније је правити процене за сваку алтернативу у погледу сваког критеријума, а за мањи број алтернатива поређења парова алтернатива у погледу сваког критеријума је прикладније.

### **3.2. ФАЗИ АХП**

Неки аутори као (Vahidnia et al., 2008) су нашли као оправдану примену АХП методологије за случајеве који приликом доношења одлуке захтевају уважавање неизвесности. Овако модификована АХП методологија интегрише фази логику (FАНР- fuzzy АНР) као начин за превазилажење проблема које аутори виде у недостацима АХП методологије у погледу уважавања неизвесности. Како су нејасноће и неодређеност заједничке карактеристике за бројне процесе доношења одлука, аутори сматрају да је интеграција фази логику у АХП процес доношења одлука решење које је погодно за примену, конкретно у решавању проблема који се односе на просторне проблеме у вези са коришћењем географских информационих система.

### **3.3. АХП и ДРСА**

Неки аутори су спроводили поређење АХП и других метода за вишекритеријумско одлучивање као што је нпр. ДРСА (Dominance based Rough Set Approach) за рангирање инвестиционих пројеката (Trudel, Zaras, 2012). Аутори су



спровели рангирање десет инвестиционих пројеката према 24 критеријума. Примена Expert choice софтвера за подршку одлучивању је захтевала доста времена на оцени пројеката. У примени АХП методологије су се и трошкови и време утрошено за оцену пројеката повећавали са повећањем броја критеријума и алтернатива, што код ДРСА методологије није био случај. ДРСА методологија даје рангирање пројеката на бази сета правила одлучивања која се добијају на основу оцене мањег броја референтних пројеката који су познати доносиоцима одлуке. У ову сврху је одабрано четири пројекта од десет. Предност ДРСА методологије је да је рангирање пројеката спроведено применом редукованог броја атрибута без експлицитног познавања њиховог утицаја у хијерархији, чиме се елиминисало да процес доношења буде дуг и заморан.

Применом обе методологије су добијени слични резултати. Аутори препоручују примену ДРСА методологије због могућих уштеда које се постижу, али наглашавају да обе методологије дају добре резултате рангирања.

### 3.4. Генетски алгоритми

Још један од приступа у анализи дистрибутивних гасоводних мрежа је према (Hubner, Haubrich, 2012), примена генетских алгоритама. Аутори су уочили значај оптимизације дистрибутивних гасоводних мрежа а у вези са применом регулације обављања ове делатности. Притисак да се гасоводним системима управља на ефикасан начин уз минималне дозвољене трошкове се повећава узимајући у обзир да се регулација обављања ове делатности базира на поређењу различитих оператора система. Методе оптимизације, које често примењују и сама регулаторна тела као део модела за оцену трошкова у циљу утврђивања ефикасности дистрибутивних компанија, пружа могућност да се одреде мрежни системи који ће дугорочно гледано бити трошковно ефикасни а посматрају се као тзв. референтне мреже. Аутори сматрају да је због комплексности проблема, техничке безбедности коју ови системи захтевају, техничке конструкције оваквих објеката који су предмет одговарајућих прописа сваке земље, броја различитих класа притисака који у гасоводним мрежама

постоје, примена оптимизационих метода оправдана. Сматрају да се посебно примена хеуристичких оптимизационих алгоритама показала као успешна у долажењу до оптималних решења у погледу трошковно ефикасних мрежних објеката. Овакве анализе омогућавају анализу осетљивости варирањем разних параметара и омогућавају већу флексибилност у будућем развоју гасоводних система. Стога аутори предлажу као прикладну, примену генетских алгоритама као оптимизационог метода за одређивање референтних мрежа са минималним трошковима уз задовољење одређених потреба за испоруком. Овако одређене референтне мреже задовољавају и техничке и економске захтеве, а ову методологију користи и Немачка Федерална Агенција за мрежне делатности.

### **3.5. Интеграција метода**

Анализа коју су спровели (Ishizaka, Labib, 2009) описује моделирање проблема, поређење парова, скале за оцењивање, синтезу и ограничења на која се наишло у примени софтверског пакета Expert Choice. Аутори су такође приметили да је примена овог програмског пакета значјно допринела широкој примени АХП методологије али сматрају да методологија још увек садржи неке теоретски нерешене недоумице. Главни проблем који наводе у примени АХП се односи на разумевање, образложење и тачност резултата добијених агрегацијом преференци које су пренете из скала које користе различите јединице. Такође сматрају да је међусобна зависност критеријума једно од ограничења у примени АХП методологије. Аутори наводе да у будућој примени предпостављају интеграцију ове методологије са другим методама које се користе за вишекритеријумско одлучивање као нпр. генетски алгоритми, неуронске мреже, фази логика, SWOT анализа, ГИС итд.

### **3.6. Регулаторни приступи у оцени ефикасности**

Према (Vincova, 2005), дефиниција ефикасности има три аспекта и то техничку, економску и алокативну ефикасност. Техничка ефикасност се бави односом

улазних и излазних величина. Економска ефикасност се бави истим питањима али у смислу трошкова и цена. Када постоје бројне улазне величине, и разлог за неефикасност може бити у комбинацију улазних величина које служе да се добије одређена комбинација излазних величина, говори се о алокативној ефикасности. Непараметарске методе линеарног програмирања се користе за оцену техничке (технолошке) ефикасности уз фокус на нивоу улазних и излазних величина. Минимизирање улазних величина за одређени ниво излазних величина или обрнуто, води ка техничкој ефикасности. Једна од најшире примењиваних техника за оцену техничке ефикасности је ДЕА методологија. Ова методологија спада у непараметарске методе засноване на линеарном програмирању и служи за избор најефикасније компаније у одређеном узорку.

Као најбољу од метода за утврђивање ефикасности дистрибутера гаса, OFGEM, регулаторна агенција Велике Британије је од расположивих техника приказаних у табели 3.1, одабрала за примену ДЕА методологију (СЕРА, 2003).

**Табела 3.1 Хијерархија benchmarking техника (СЕРА, 2003)**

		<b>Једногодишњи подаци</b>	<b>Вишегодишњи подаци</b>
<b>Технике програмирања</b>	Приступи засновани на линеарном програмирању	ДЕА	Панел подаци-малмквист индекс
		Анализа параметарским програмирањем	
	Индексни приступи	Парцијална факторска продуктивност	Панел подаци парцијална факторска продуктивност

		Укупна факторска продуктивност	Панел подаци укупна факторска продуктивност
			Малмквист индекс
<b>Економетријске (параметарске) технике</b>	Детерминистички	Кориговани метод најмањих квадрата	Омогућено коришћење већег узорка
	Стохастички	Стохастичка анализа групе	
<b>Процесни приступ</b>	Инжењерске економске анализе	Инжењерске економске анализе	
	Процесни приступ	Процесни benchmarking	

### 3.6.1. Једнодимензионални показатељи перформанси

Неки аутори пак, предлажу примену параметарских метода у оцени ефикасности дистрибутера гаса, као што је нпр. спроведено на истраживању базираном на подацима о 15 дистрибутера природног гаса у Бразилу (Tovar et al., 2013).

Према (КЕМА, 2008) парцијални, или једнодимензионални показатељи перформанси (или индикатори перформанси) као што су  $m^3$  дистрибуираног природног гаса по запосленом или трајање прикада у испоруци по купцу,

представљају најједноставније показатеље перформанси који се могу међусобно поредити.

Ови подаци могу да дају индикативну информацију о перформансама дистрибутера и о томе како би се њихове перформансе могле релативно лако унапредити нпр. променом броја запослених. Овакви показатељи пословања се често користе у годишњим извештајима о пословању или анализама тржишта јер су једноставни за израчунавање и интерператацију. Међутим, ови показатељи се не сматрају за довољне, јер компаније које обављају мрежне делатности као што је дистрибуција природног гаса су укључене у процесе који имају више улазних и више излазних величина. Компанија која има добре карактеристике једног од показатеља може да има лош други показатељ, или да има све показатеље прилично, али недовољно добре. Стога је тешко поредити компаније које се баве оваквим делатностима и потребно је увести одређене тежинске коефицијенте.

Статистички индекси су једна из групе индексних приступа бенчмаркинга којима се израчунава један агрегирани показатељ укупне стопе раста продуктивности на нивоу целе привреде или сектора који се анализира. У пракси се најчешће користи тзв. Торнквистов укупни индекс факторске продуктивности који представља однос пондерисаних просека излазних величина (обично пондерисаних према учешћу у укупним приходима) и улазних фактора (обично пондерисаних према учешћу у укупним трошковима). Остварена средњорочна стопа раста овог индекса се може користити као индикатор на основу кога се могу одредити и увести подстицаји у ценовне моделе ка ефикаснијем пословању предузећа. Основни недостатак овог метода је што не узима у обзир разлике између предузећа, односно уводи једнаку меру ефикасности за сва предузећа без обзира на стварно стање њихове релативне (не)ефикасности. Као последица примене овог метода могло би доћи до ситуације да најнеефикаснија предузећа веома лако испуне и превазиђу захтеве постављене овом мером ефикасности, чиме би она била награђена у виду екстра профита, док би истовремено предузећа која су била ефикасна и имала сужен простор за понетцијално унапређење ефикасности била кажњена. Такође, јако је тешко одредити Торнквистов укупни индекс продуктивности на нивоу било ког сектора, јер је

потребно располагати изузетно квалитетним статистичким подацима, што у пракси по правилу није случај.

Код метода вишедимензионог benchmarking-a, анализа ефикасности се спроводи тако што се оцењује најефикаснија компанија у узорку – дефинише се фронт ефикасности. У односу на овако дефинисан фронт се одређује ефикасност свих компанија у узорку. Најчешће коришћене benchmarking методе за одређивање фронта ефикасности су ДЕА и кориговани метод најмањих квадрата.

### 3.6.2. Кориговани метод најмањих квадрата

У економетријске (параметарске) детерминистичке статистичке методе спада регресиона анализа/ кориговани метод најмањих квадрата.

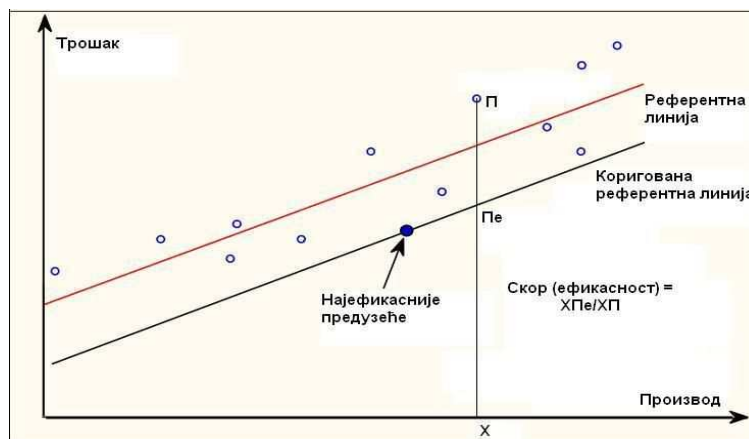
Метод најмањих квадрата представља статистички метод регресионе анализе који се заснива на анализи остварених резултата предузећа. Сваком предузећу из узорка који се посматра, на дијаграму одговара једна тачка (емпиријска тачка) чији је положај утврђен на основу улазних и излазних података тог предузећа. Основна идеја овог метода је да се од свих могућих линија, на дијаграму одабере референтна линија која ће бити што је могуће ближе свим емпиријским тачкама:

$$y_i = b_0 + b_1 x_i,$$

Референтна права линија је у потпуности дефинисана коефицијентом нагиба  $b_1$  и одсечком на  $y$  оси  $b_0$ . Ови коефицијенти се одређују методом најмањих квадрата за одступања емпиријских тачака од ове праве линије.

У случају дистрибутивних предузећа као улазни подаци се обично узимају подаци о укупно оствареним оперативним трошковима, броју стално запослених радника и слично, док се као излазни, узимају подаци о количини дистрибуиране енергије, броју корисника дистрибутивног система, оствареном вршном оптерећењу дистрибутивног система и слично. Имајући ово у виду, може се закључити да референтна линија суштински представља функцију просечних трошкова дистрибутивних предузећа из посматраног узорка.

Слика 3.1 -Регресиона анализа трошкова (КЕМА, 2008)



На слици 3.1, референтна линија показује просечну вредност трошка за сваку улазну јединицу производа - дистрибуирани  $\text{m}^3$  природног гаса. Емпиријске тачке које се налазе изнад референтне линије показују да та предузећа за енергију коју дистрибуирају имају веће трошкове од просечних и обратно. Као мера ефикасности се користи величина вертикалног растојања између емпиријске тачке конкретног предузећа и тачке која му одговара на референтној линији.

Методом најмањих квадрата се одређује референтна линија, али не и гранична вредност на основу које би се утврдило најјефикасније предузеће и одредила релативна неефикасност осталих компанија у односу на то предузеће. Ово се постиже применом коригованог метода најмањих квадрата тако што се одреди коригована референтна линија. Коригована референтна линија се добија тако што се референтна линија помери паралелно да пролази кроз емпиријску тачку која представља најјефикасније предузеће. Најефикасније предузеће је оно чија се емпиријска тачка налази испод референтне линије и најудаљенија је од ње. На овај начин се утврђује, најчешће једно, предузеће које се налази на коригованој референтној линији и које је 100% ефикасно. Ово предузеће има најбољи однос трошкова по јединици дистрибуиране енергије, док се за остала предузећа утврђује релативна неефикасност, која се у овом случају израчунава на основу растојања између емпиријске тачке конкретног предузећа и тачке која му

одговара на коригованој референтној линији. На слици 3.1 ефикасност за предузеће П се добија као однос дужи ХПе/ХП. На овај начин се одређује процентуално смањене трошкова које свако од посматраних дистрибутивних предузећа мора да оствари да би са најмањим трошковима дистрибуирало природни гас.

### 3.6.3. ДЕА

Аутори као (Farsi et al., 2007) наводе да у зависности од примене параметарских или непараметарских метода за оцену ефикасности могу да се добију различити резултати. У наведеном истраживању су нпр. примењене различите параметарске методе на петогодишњи панел података о 26 дистрибутивних компанија у Швајцарској. Анализа је показала да су излазне карактеристике као што су густина потрошње и дужина мреже значајни за ефикасност.

Постоје земље у којима је дистрибуција гаса такође веома фрагментирана делатност, као што су Турска и Италија.

У Турској је порепозната потреба да се мале и уситњене дистрибуције укрупњавају како би се остварили ефекти економије обима. Анализа ефикасности рада 38 дистрибутивних компанија које послују на територији Турске је спроведена применом ДЕА методологије (Erturk, Turut-Asik, 2011).

Резултати анализе су употребљени да се дефинише најприкладнији модел за ДЕА анализу у смислу избора улазних и излазних величина модела, да се одреде најутицајнији фактори на ефикасност у раду дистрибутера природног гаса, као и да се утврде заједничке карактеристике најмање ефикасних фирми.

Уочено је да се као заједничка карактеристика фирми ниске ефикасности може навести недостатак економије обима или због малог пласмана гаса који је у неким случајевима био узрокован тиме што се радило о новим, малим фирмама.

Према ауторима као што су (Erbetta, Rappuoli, 2003) примена ДЕА методологије у анализи ефикасности пружа једну од основних предности мараметарских метода у односу на непараметарске методе линеарног програмирања а то је раздвајање



ефекта неефикасности од статистичке буке због грешака у подацима и изостављених варијабли.

Неки аутори као (Loron et al., 2015), су предложили интеграцију фази теорије као флексибилни алат за решавање различитих видова неизвесности приликом примене АХП и ДЕА методологија. На овај начин се предлаже могуће решење за превазилажење недостатка информација о о стварним вредностима критеријума за евалуацију.

Примена ДЕА методологија као начин оцене ефикасности мрежних делатности је свакако шира него што је то само од стране регулаторних тела у процесу регулације цене приступа систему (Shirdel, Mortezaee, 2015).

Линеарно програмирање које је у основи примене ДЕА методологије, чини је моћним алатом у поређењу са другим алатима који се користе за управљање продуктивношћу. ДЕА методологију у великој мери је анализирила и примењивала академска јавност која разуме линеарно програмирање. Менаџери који нису прихватили ДЕА методологију како би унапредили перформансе својих организација, делимично то нису учинили јер су ДЕА публикације углавном у академским часописима или књигама који захтевају познавање линеарног програмирања и одговарајуће математичке записе (Sherman, Zhu, 2006).

У раду (Filippini, Orea, 2014), анализирани су проблеми који се често јављају у примени стандардних модела који дефинишу ефикасност у односу на неку задату границу, као што су одабир улазних и излазних варијабли, интеграција квалитета услуге у трошковни benchmarking, утицај хетерогености података као и утицај социоекономских фактора и утицаја из окружења на трошкове компанија или потрошњу енергије. Аутори констатују да се као даље могуће анализе треба у истраживањима посветити делимично параметарским стохастичким методама, оцени прелазне и трајне ефикасности као и оцени динамичких модела. Као и да је свакако потребно даље прикупљати резултате који се добијају применом различитих модела који се баве оценом ефикасности, како оних у односу на жељену границу, тако и инжењерски оријентисаних модела као што су модели засновани на референтним мрежама или нормативима.

Према (Ekinci, Merve Ön, 2015) најзначајније својство које издаваја ДЕА методологију од других, сличних метода, је то да омогућава оцене са вишебројним улазним и излазним величинама. Иницијално ДЕА се примењивала махом за оцену техничке ефикасности у јавном и непрофитном сектору. Трошкови који се користе у примени ове методологије често могу бити непознати или непоуздани што доводи до минимизирања трошкова или максимизирања профита.

Према (Hawdon, 2003), регулаторна тела у великој мери користе компараторе ефикасности како би се компаније подстакле на ефикасност у смислу минималних трошкова путем подстицајних мера регулације цена. Аутори су истраживали примену метода за оцену ефикасности у гасној индустрији у смислу да су применили bootstrapping технике за кориговање оцене ефикасности и за процену неизвесности која прати спровођење таквих оцена ефикасности. Затим су истраживане последице ових резултата на рад регулаторних тела. Резултати bootstrap техника су важни за регулаторна тела, поготову уколико се намерава дас е ценовна регулација заснива на ДЕА методологији, је резултати овог истраживања указују да су потребна даља истраживања у правцу анализе фактора на које се не може утицати (анализа неизвесности) а они се директно одражавају на ефикасност.

Увидом у досадашња истраживања која су за предмет анализе имала вишекритеријумско одлучивање или анализу ефикасности, уочено је да у пракси није било интеграције две методологије као што су АХП и ДЕА.

Уважавајући ширину примене АХП методологије као алата за подршку одлучивању уочено је да се у литератури не налазе примери примене ове методологије у области енергетике, а поготову у још ужој области – индустрији природног гаса, конкретно у вези доношења одлука везаних за развој дистрибутивних система.

Бројни аутори су међутим, због актуелности која постоји у примени ДЕА методологије од стране регулаторних тела, пак, истраживали примену ове методологије у оцени ефикасности рада дистрибутивних компанија.

Значај постојећих истраживања је што указују на област примене ДЕА методологије, конкретно- у делатностима које су регулисане од надлежних регулаторних тела која примењују ову методологију у поступку регулисања овог сегмента енергетских делатности.

Због утицаја који на цене коришћења система може да има оцена ефикасности и примена одређене методе, у смислу да то може значајно да утиче на финансијску стабилност пословања а самим тим и на успешност неке компаније, важно је у поступак одлучивања укључити као један од критеријума и оцелу ефикасности применом ове методологије.

Како развој дистрибутивних система представља комплексан проблем који захтева доношење одлуке уз уважавање бројних конфликтних утицајних фактора, формирање модела који ће представљати подршку одлучивању, а бити заснован на примени АХП методологије која интегрише и ДЕА методологију се сматра за оправдано решење.

## **4. ОДЛУЧИВАЊЕ КОД КОМПЛЕКСНИХ ПРОБЛЕМА**

У свом најједноставнијем облику модел за евалуацију и доношење одлуке код вишекритеријумских проблема се састоји од циљева, критеријума и алтернатива које доносилац одлуке идентификује. Када се постави модел за доношење одлуке спроводи се процењивање у зависности од утицајних фактора и преференци у односу на одређене алтернативе. Упоредњење се врши са два по два критеријума. Expert Choice представља софтверски алат за подршку приликом доношења одлуке код вишекритеријумских проблема. Овај програм је базиран на најраспрострањенијој методологији за доношење одлука – Аналитичком Хијерархијском Процесу (Analytical Hierarchy Process).

АХП олакшава процес доношења одлуке тако што доносиоцу одлуке пружа структуру за организовање и оцелу различитих циљева и преференци у односу на одређена алтернативна решења ради доношења одлуке.

У АХП се најчешће, поготову у случају тимског рада на проблему, спроводе следећи кораци:

- структурирање одлуке у виду хијерархијског модела,
- усвајање модела од стране тима,
- одређује се тип и модел поређења парова података из мрежних функција,
- импортовање података у Expert Choice из других база података,
- поређење парова циљева и подциљева у смислу њиховог значаја за доношење одлуке.

Уколико је то применљиво, спроводи се поређење парова алтернатива у смислу њихове преференце за одређене циљеве или се врши њихова оцена применом следећег:

- рангирања или степенасте функције, криве корисности, или директним уношењем приоритета,
- синтеза како би се одредила најбоља алтернатива,
- анализа осетљивости,
- експортовање податка у спољне базе података.

Како би се извршила алокација ресурса применом Expert Choice алата за ресурсе, спроводи се оптимизација алтернативних пројеката у погледу буџетских и других ограничења.

У Expert Choice-у се примењује јединствен метод поређења парова како би се одредили приоритети који могу да прецизније одразе перцепцију и вредновање доносиоца одлуке, него што је то могуће на било који други начин. Expert Choice врши синтезу или комбинује приоритете свих аспеката одређеног проблема како би се добили свеукупни приоритети могућих алтернатива. Спровођењем "шта ако" и анализом осетљивости, може брзо да се одреди како промене у важности одређеног циља утичу на алтернативе приликом избора.

Уколико се резултати добијени кроз модел разликују од онога што интуиција говори доносиоцу одлуке, могуће је извршити модификацију модела, и/или процене све док се не дође до тога да модел одговара интуитивном поимању.

У овом процесу долази или до модификовања модела како би више одсликавао интуитивно поимање или до модификовања интуиције према моделу. У првом случају не само да ће се верификовати став доносиоца одлуке већ ће се добити и детаљна потврда, уколико је то потребно. У другом случају избећи ће се настајање скувих грешака.

Expert Choice пружа могућност и групног рада и синтезе процена које врше различити експерти. Expert Choice је такође користан и за предвиђање, процену ризика и неизвесности и извођење дистрибуције вероватноће. Expert Choice се користи као помоћ појединцима или групама приликом анализе, синтезе и верификације комплексних одлука и евалуације. Најчешће се користи за: алокацију ресурса, одабир ресурса, менаџмент људским ресурсима, процену рада запослених, одлучивање о платама, формулисање маркетинг стратегије, одабир алтернатива, предвиђање вероватних исхода догађаја, аналитичко планирање, лакше групно доношење одлука, cost/benefit анализу, процене инжењерских решења, менаџмент у производњи, формулисање и евалуацију политике пословања, оцену испоручилаца, анализу кредита, портфолио менаџмент за информационе технологије, одлуке о цени производа.

## **4.1. ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ ЗА ПОДРШКУ ОДЛУЧИВАЊУ**

„Системи за подршку одлучивању имају задатак да пружају помоћ при доношењу одлука, али са нагласком на решавању неструктурираних или слабо структурираних проблема. Системи за подршку одлучивању пружају помоћ при доношењу одлука на свим нивоима одлучивања, али су од посебног значаја за више нивое.

За разлику од управљачких информационих система, који претежно олакшавају хоризонтални проток информација, системи за подршку одлучивању подржавају вертикалне информационе токове и тако потпомажу интеграцију информација које се користе на различитим организационим и управљачким нивоима. Они

олакшавају синтезу информација из појединих подсистема за стратешко одлучивање и доприносе аутоматизацији стратешког планирања и предвиђања" (Милановић, Мисита, 2008).

### **4.1.1. Формирање модела**

Приликом формирања модела, треба настојати да се не укључује више од девет елемената у било који кластер, јер су ергономски експерименти показали да је за људска бића когнитивно проблематично да разматрају више од девет елемената истовремено, што затим доводи до мање прецизно дефинисаних приоритета.

Треба настојати да се елементи поставе у кластере тако да укључују елементе који су упоредиви или се не разликују по интензитету. Другим речима, не треба у исти кластер укључивати елементе малог значаја са елементима великог значаја. Циљ хијерархије је да се направе кластери елемената који су важнији и да се направе кластери елемената који су мање важни.

### **4.1.2. Разлике између циљева и критеријума**

У пракси се појмови циљеви и критеријуми користе пођеднако, и међусобно замењују. Циљ је нешто чему се тежи, док је критеријум принцип или стандард помоћу којег се идеја или циљ процењује. Када се бавимо моделима за доношење одлуке о избору, радије се користи појам циљ него критеријум јер он боље описује сврху евалуације- да се одабере алтернатива која најбоље задовољава циљеве доносиоца одлуке или групе која доноси одлуку.

### **4.1.3. Преглед оцена/ поређења парова**

Једна од највећих предности АХП и Expert Choice-а је примена поређења парова како би се добили тачно ранжирани приоритети, насупротив традиционалном приступу "тежинског оцењивања" који се може тешко верификовати. Када је

једном модел направљен, следећи корак је евалуација елемената тако што се врши поређење парова. Поређење парова је процес поређења важности, преференција, или вероватноће два елемента (циља) у односу на други елемент (циљ) који је за један ниво виши. Поређења парова се у моделу врше како би се утврдили приоритети. Постоје три режима за поређење парова. Вербалне оцене се користе како би се упоредили фактори употребом речи као што су Једнак, Умерен, Јак, Веома јак, Екстреман. Једнак значи да два појма која се пореде за доносиоца одлуке имају пођеднаку важност. Екстремно по јачини значи реда величине око 9 или 10 у односу на 1.

Графичка поређења се спроводе подешавањем релативне дужине две линије све док однос дужина линија не представља колико је један елемент важнији од другог.

Нумеричке оцене се спроводе помоћу скале од девет тачака и представљају колико пута је један елемент важнији од другог.

#### **4.1.4. Промена типа поређења парова**

Постоје три различита типа поређења парова- важност, преференца и вероватноћа. Важност је најприкладнији начин поређења када се пореде циљеви или критеријуми. Преференца је најприкладнија када се пореде алтернативе у погледу циља на који се односе. Вероватноћа је најприкладнија када се пореди вероватноћа неизвесних догађаја или сценарија као што је то случај у анализи ризика.

#### **4.1.5. Структурирање**

Компонента Expert Choice-а за структурирање је интерактивна техника за прављење модела. Постоје два приступа приликом прављења модела у процесу структурирања.

Одозго-на доле структурирање (Affinity Diagramming) је погодније за доношење одлука стратешке природе када се циљеви боље разумеју или су боље познати од алтернатива. Прво се идентификују циљеви највишег нивоа, а затим следи идентификација под-циљева.

Одоздо-на горе структурирање је најпогодније у ситуацијама када су алтернативе боље познате у односу на циљеве. Разлози за и против алтернатива се користе како би се идентификовали циљеви који се затим могу поделити у групе.

#### **4.1.6. Теоретске основе структурирања**

Када се структурирање користи индивидуално или у групи, одозго-на доле или одоздо-на горе структурирање пружа оквир док доносиоци одлуке користе своје знање о проблему како би се идентификовали и организовали фактори (циљеви и алтернативе) релевантни за доношење одлуке. Ови елементи се затим склапају у хијерархијски модел који се састоји од циљева, подциљева и алтернатива. Свака алтернатива може да има предности (за) и/или недостатке (против), који се понекад компликују самом чињеницом да предност једне алтернативе може бити недостатак друге. Применом структурирања, доносилац одлуке прави списак позитивних и негативних аспеката сваке од алтернатива у моделу за доношење одлуке.

Група ``за`` и ``против`` представља скуп идеја које помажу да се идентификују важни циљеви које треба задовољити како би се решио проблем. Како циљеви прате ове идеје, ``за`` и ``против`` се користе за стварање циљева. Конверзија ``за`` и ``против`` у циљеве значи организовање разлога ``за`` и ``против`` сваке алтернативе у односу на главни постављени циљ. ``За`` и ``против`` се оцењују за алтернативе и формира се листа циљева. Често се затим приступа организовању циљева у додатне нивое под-циљева.

Структурирање пружа интуитивни интерфејс који помаже да се формира хијерархијски модел за одлучивање. Овај интерфејс укључује следеће познате концепте изградње модела: за и против, циљеви, под-циљеви.



За и против се затим преводе у циљеве и под-циљеве. Они су у ствари исто што и критеријуми и под-критеријуми. Начелно, у аналитичком хијерархијском процесу циљеви су синоними са критеријумима а под-циљеви с синоними са под-критеријумима.

Доносилац одлуке преводи за и против у циљеве. Стога је важно упамтити да је превођење за и против у циљеве, питање које наводи на размишљање на који се циљ/циљеве одређено за или против односи.

Даље, употреба за и против како би се добили циљеви значи да мора да се поново успостави концепт за и против тако да они буду описани вредносно неутралним појмовима а не позитивним и негативним појмовима и специфицирани у општој форми.

На пример, за или против карактеристике да нешто не буде скупо приликом доношења одлуке о некој куповини се може превести у општи циљ- уштеде новца. Други начина на који се може размишљати приликом превођења за и против у циљеве је да се размотри како за и против за одређену алтернативу могу да послуже као индикатори шта у ствари желимо да постигнемо, што се може изразити као циљ.

Постоје два приступа у структурирању приликом стварања модела: одозго-на доле и одоздо-на горе. Ова два приступа нису базирани на АНР, али приликом примена Expert Choice софтвера ове појмове не реба ригидно интерпретирати из два разлога:

- 1) код одоздо-на горе структурирања, без обзира колико се стриктно држали принципа одоздо-на горе, процес још увек мора да се започне са идејом о одређеном циљу а циљ се увек представља на највишем нивоу модела за доношење одлуке; и

- 2) што се тиче моделовања одозго-на доле, прављењем дијаграма са преференцама омогућено је интерактивно разматрање различитих аспеката ситуације у којој се доноси одлука, што је природан, интуитивни приступ грађењу модела за доношење одлуке, у којем је идентификовање делова

проблема питање инспирације, интуиције и здравог разума пре него формализовани процес корак по корак, идући одозго на доле.

Одоздо-на горе структурирање значи да се грађење модела за доношење одлуке започиње са алтернативама а затим иде ``на горе`` ка циљу. Одозго-на доле грађење модела (прављење дијаграма са преференцама) значи да се, у суштини, започиње са прављењем листе и организовањем циљева.

## 5. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

У овом поглављу дат је приказ методолошких корака за долажење до модела за вишекритеријумску анализу.

Анализа обављања делатности дистрибуције представља важан и комплексан сегмент у управљању овим системима, односно у управљању дистрибутивним компанијама које своју делатност обављају на дистрибутивним системима за природни гас. Када се анализира рад на дистрибутивним системима често постоје потпуно супротстављени захтеви у погледу тога које карактеристике су пожељне а које не.

Нови модел који служи за доношење одлуке о управљању дистрибутивним системима је базиран на подацима из реалног рада ових система. До сада су ови системи анализирани уобичајеним техно-економским анализама пре њихове градње, применом анализе базиране на стопи повраћаја на уложена средства, а анализа ових система у раду се у Србији није спроводила у смислу анализе њиховог ефикасног коришћења нити управљања овим системима на бази оптималних решења.

Трошкови који су повезани са обављањем ове делатности су у моделу узети у обзир кроз анализу техничке ефикасности дистрибутивних компанија, и то као улазна варијабла за једну од техника линеарног програмирања којом се одређује фронт ефикасности у односу на који се дистрибутивне компаније процењују.

Такође, у развоју модела се настојало да се интегрише анализа утицаја на животну средину, која када је у питању употреба природног гаса има двојаки

карактер. Када се горива која сагоревањем дају продукте који загађују животну средину супституишу природним гасом, ефекти развоја дистрибутивних система ради веће употребе природног гаса су позитивни. Међутим, када се посматрају фугитивне емисије до којих такође долази обављањем ове делатности, онда утицај делатности дистрибуције природног гаса на животну средину није позитиван.

Први корак подразумева поставку, дефинисање проблема, а то је унапређење управљања дистрибутивним системима на бази реалних података прикупљених током експлоатације ових система.

Следећи корак је идентификација критеријума који описују пословање на дистрибутивним системима и препорука или ограничења који у вези тих критеријума постоје.

Спроведена је анализа да ли у литератури постоје препоруке у погледу тога који критеријуми описују пословање на дистрибутивним системима и дошло се до закључка да постоје препоруке да се као критеријуми користе: однос броја запослених и испоручених количина са дистрибутивног система, густина потрошње (број становника/ $\text{km}^2$  дистрибутивног подручја), однос испоручених количина са дистрибутивних система и дужине дистрибутивне мреже, и повећање испоручених количина са дистрибутивног система путем или повећања дужине дистрибутивне мреже или путем повећања места испоруке.

Како је уочено да не постоје препоруке у погледу критеријума који описују регулаторни оквир у којем оператори дистрибутивних система послују, а што представља новину у њиховом пословном окружењу, закључено је да је потребно и овај аспект укључити у анализу.

Увидом у постојећу регулаторну праксу у оцени ефикасности рада оператора дистрибутивних система (КЕМА, 2008) и анализом најчешће примењиваних оцена као што су једнодимензиони показатељи перформанси, кориговани метод најмањих квадрата, ДЕА, одабрана је ДЕА методологија да буде примењена у оцени техничке ефикасности као један од критеријума који се користи у регулаторној пракси и омогућава да величина узрока који се анализира не мора

да буде велика, што је представљало значајну карактеристику јер у Србији постоји 34 оператора дистрибутивних система, али су за анализу били доступни подаци за њих 17, што је ограничило величину узорка за анализу као и могућност примене метода које захтевају веће узорке.

Такође, постојеће препоруке у литератури ни на који начин не обрађују утицај обављања делатности дистрибуције природног гаса на животну средину па је оцењено да је неопходно и овај фактор узети у обзир.

Када су одабрани критеријуми, одређено је да ли се сматра за пожељно приликом поређења алтернатива да одређени критеријум има што већу (максимум) или што мању вредност (минимум).

У конкретном решавању проблема као критеријуми који описују пословање на дистрибутивним системима су одабрани следећи критеријуми:

- однос броја запослених и испоручених количина са дистрибутивног система, пожељно да има што мању вредност (минимум), уз ограничење које намеће постојећа законска регулатива везана за добијање лиценце за обављање делатности дистрибуције природног гаса а то је најмање 7 запослених одређене струке и са положеним стручним испитом,
- густина потрошње (број становника/km<sup>2</sup> дистрибутивног подручја), пожељно да има што већу вредност (максимум), уз ограничење да је површина дистрибутивног подручја у тренутку анализе ограничена подручјем за које одређени оператор дистрибутивног система поседује лиценцу,
- однос испоручених количина са дистрибутивних система и дужине дистрибутивне мреже, пожељно да има што већу вредност (максимум)
- повећање испоручених количина са дистрибутивног система путем или повећања дужине дистрибутивне мреже или путем

повећања места испоруке, пожељно да имју што већу вредност (максимум)

- техничка ефикасност оцењена ДЕА методологијом, пожељно да има што већу вредност (максимум), уз ограничење да техничка ефикасност према овој врсти оцењивања не може имати вредност већу од 1,
- утицај на животну средину, када је у питању ефекат супституције других горива природним гасом пожељно је да има што већу вредност (максимум) али када су у питању фугитивне емисије пожељно је да има што мању вредност (минимум).

Затим је разматрано која методологија је погодна за примену ради решавања овакве врсте проблема. Истраживања доступна у литератури која се односе на доношење одлука у сврху управљања заснованог на бројним супротстављеним критеријумима, су довела до одабира примене АХП методологије као основе за формирање модела за решавање овог проблема.

Како би се омогућило да се уваже и нови критеријуми који до сада нису препознати у литератури а то је утицај регулаторног оквира и утицај на животну средину дошло се до решења да модел који интегрише АХП и ДЕА методологију може да пружи задовољавајуће решење и да као један од критеријума у оцени алтернатива обухвати и утицај на животну средину преко два његова супротстављена аспекта, позитивног када се ради о супституцији горива и негативног када се ради о фугитивним емисијама.

Стога је одабрано је да се интегришу АХП и ДЕА методологија.

На слици 5.1 је приказан поступак развоја модела који треба да потврди или оповргне полазне хипотезе. У фази развоја модела узети су у обзир бројни фактори који одсликавају пословање на дистрибутивним системима у реалном раду, како интерни као што су број запослених, дужина мреже, количине природног гаса испоручене са система, број места испоруке, трошкови, фугитивне

емисије, тако и екстерне- регулаторни оквир, величина дистрибутивног подручја, суспституција горива.

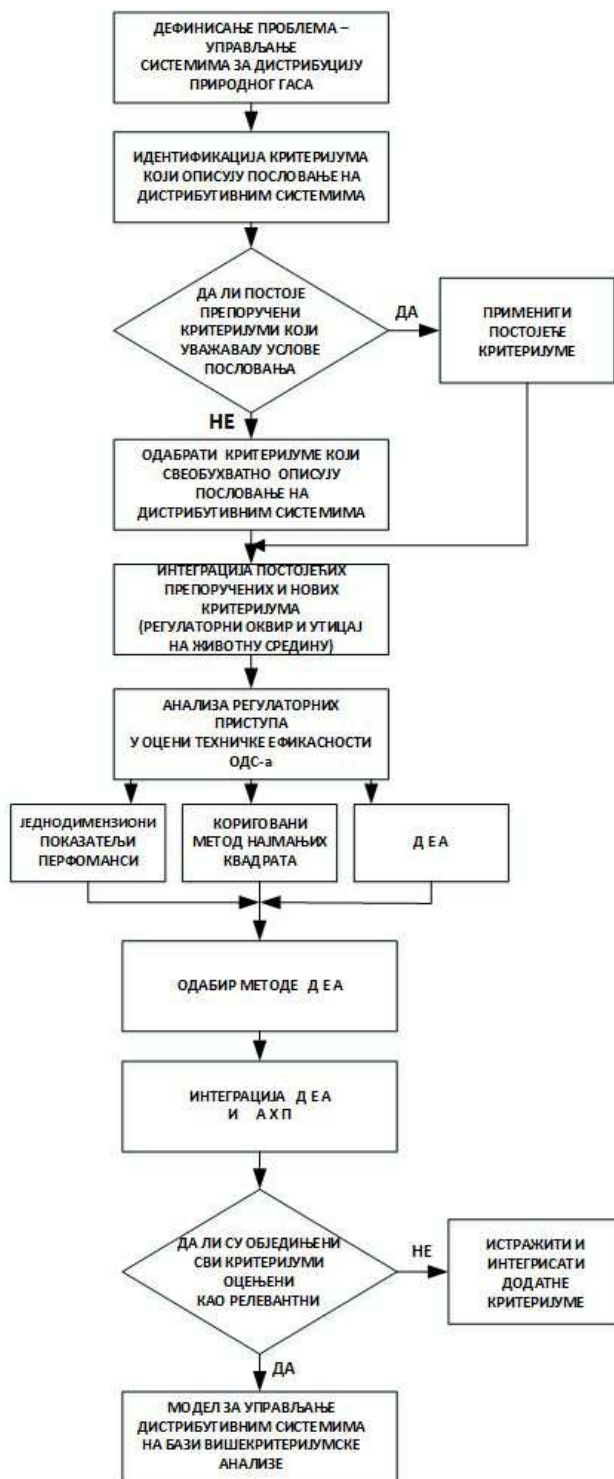
На овај начин се дошло до развоја модела који може да пружи решење засновано на вишекритеријумској анализи уз уважавање преференци везаних за одређене критеријуме и ограничења која за одређене критеријуме постоје.

ДЕА методологија заснована на непараметарском линеарном програмирању је примењена за оцену техничке ефикасности оператора дистрибутивних система, а АХП методологија за примену вишекритеријумске анализе која обједињује све критеријуме, и формиран је модел који унапређује управљање дистрибутивним системима применом вишекритеријумске анализе. На овај начин је унапређено доношење одлука о томе који дистрибутивни систем је погодан за даљи развој.

Предложени модел доприноси квалитету у доношењу стратешких одлука јер између осталог, до сада овакви модели у области дистрибуције природног гаса нису ни развијани да би могло да се направи упоређење постојећих са предложеним моделом. Модел се заснива на подацима из реалног рада дистрибутивних система чиме се постиже да предложено решење нема само теоретски карактер већ и блискост са реалним условима у експлоатацији. Укључивањем нових критеријума као што су регулаторни оквир и утицај на животну средину се постиже савременост предложеног решења, уважавање промена у пословном окружењу и доприноси актуелности одлука које се на основу оваквог модела доносе.

На овај начин се унапређује и ефикасност у менаџменту дистрибутивним системима.

Предложени модел који интегрише вишекритеријумску анализу и непараметарско линеарно програмирање пружа могућност за доношење стратешких одлука базираних на оптималим решењима по појединим критеријумима као и коначном рангу који вишекритеријумска анализа пружа.



Слика 5.1 Развој новог модела

## 5.1. АХР и ДЕА методологије

### 5.1.1. АХП

Када је потребно донети одлуку о више могућих алтернатива, ове алтернативе је потребно поставити у одређени однос како би било могуће направити разлику међу њима на конзистентан начин који поставља сваку од алтернатива у тачан однос према осталим алтернативама. На пример, овакви односи су често неопходни када треба пронаћи најдоминантнију алтернативу у односу на остале, и тако све док се не добије укупан редослед алтернатива, по важности. Најједноставнији начин да се пореди  $n$  алтернатива је да се одабере једна и пореди са другом, при чеми се у даљем процесу задржава доминантнија алтернатива, која се затим пореди са следећом алтернативом и као резултат се опет задржава доминантнија, и тако док се не упореде све алтернативе.

Овај процес захтева  $n-1$  поређења како би се одредио најдоминантнији члан скупа алтернатива,  $n-2$  поређења да би се добио следећи по важности елемент, и тако настављајући до укупног броја од  $n(n-1)/2$  поређења. На овај начин се добија редослед алтернатива према процењеним релативним односима утицајности међу њима. Процене су засноване на релативном односу интензитета значајности који један од алтернатива у пару који се пореди има у односу на другу, а гледано у односу на дато својство. У процесу поређења се прво идентификује мање значајна алтернатива као јединична а затим се оцењује колико је пута значајнија друга алтернатива у односу на ту јединичну. Када су сва поређења завршена, добија се скала приоритета које представља релативну значајност алтернатива.

У примени АХП методологије, доносилац одлуке квантификује оцене (на основу релативних оцена које се повезују са паровима алтернатива), које се онда додељују као тежински коефицијенти свакој алтернативи. Ови тежински коефицијенти треба да одсликавају квантификоване оцене доносиоца одлуке.



Ако су  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , алтернативе. Квантификоване оцене парова алтернатива  $A_i, A_j$ , су представљени  $n$ -пута- $n$  матрицом  $A = (a_{ij})$ ,  $ij = 1, 2, \dots, n$ .

Вредности  $a_{ij}$  су дефинисане следећим правилима :

Уколико је  $a_{ij} = a$ , онда  $a_{ji} = 1/a$ ,  $a \neq 0$ .

Уколико је  $A_i$  оцењено да је једнаке релативне важности као и  $A_j$  онда је  $a_{ij} = 1$ , а  $a_{ji} = 1$  ; а свако  $a_{ii} = 1$  за свако  $i$ . А матрица  $A$  је облика

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Када су забележене оцене парова ( $A_i, A_j$ ) као нумеричке вредности  $a_{ij}$  у матрици  $A$ , проблем се своди на доделу нумеричких тежинских коефицијената  $w_1, \dots, w_n$ , алтернативама  $A_1, A_2, \dots, A_n$ .

Ако се предпостави да су оцене резултат прецизних физичких мерења, дељењем ових физичких вредности се добијају вредности  $a_{ij}$ . Стога у случају када постоје прецизна мерења, односи између тежинских коефицијената  $w_i$  и оцена  $a_{ij}$  су дате као:

$$w_i/w_j = a_{ij} \text{ или } w_i = w_j a_{ij} \quad i, j = 1 \dots n, \text{ и}$$

$$A = \begin{matrix} & A_1 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & \dots & w_1/w_n \\ \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Међутим, чак и када постоје физичка мерења она никад нису апсолутно тачна у математичком смислу. Стога је потребно узети у обзир и постојање извесне девијације.

Како би се девијације узеле у обзир, посматраћемо и-ти ред у матрици А. Вредности у реду су  $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in}$ . У идеалном (прецизном) случају ове вредности су исте као и односи  $w_i/w_1, w_i/w_2, \dots, w_i/w_j, \dots, w_i/w_n$ . Уколико бисмо први члан тог реда матрице помножили са  $w_1$ , други са  $w_2$  добило би се

$$\frac{w_i}{w_1} w_1 = w_i, \frac{w_i}{w_2} w_2 = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_j} w_j = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_n} w_n = w_i \quad (1)$$

Као резултат се добијају идентичне вредности, а у општем смислу би се добиле за вредности у овом реду величине које представљају статистички девијацију вредности око  $w_i$ . Стога је логично да  $w_i$  има средњу вредност ових вредности.

И уместо једначине која описује идеалан случај

$$w_i = a_{ij} * w_j \quad (i, j = 1, \dots, n)$$

реалнија је једначина (за свако  $i$ )

$$w_i = \text{средња вредност} (a_{i1}w_1, a_{i2}w_2, \dots, a_{in}w_n)$$

односно

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad \text{or} \quad n w_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

Ова једначина указује на пропорционалност између сваког тежинског коефицијента  $w_i$  и пондерисане суме кореспондирајућих оцена  $a_{ij}$ . Пропорционалност је претворена у једнакост са константом  $n$  која је иста као и ред матрице.

Како би описали услове под којима вектор  $w$  треба да буде у корелацији са квантификованим оценама, прво је размортен идеалан случај (1) а затим је узето у обзир постојање девијација кроз (2.)

Може се уочити да за добре процене  $a_{ij}$  тежи да буде блиско вредности  $w_i/w_j$ ,

и стога представља веома мало нарушавње овог односа. Уколико се  $a_{ij}$  мења, може да постоји кореспондирајуће решење једначине (2), уколико се константа пропорционалности  $n$  такође мења. Ову вредност  $n$  ћемо означити са  $c$  и онда је

$$c w_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad i=1, \dots, n \quad (3)$$

Овај проблем захтева решавање система хомогених линеарних једначина за које постоји решење уколико  $c$  има посебну одабрану вредност.

Математички описано цео процес се може написати као дефинисање услова за идеалан случај, путем матрице,

$$A w = \begin{matrix} & A_1 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & \dots & w_1/w_n \\ \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \end{matrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n w$$

где је матрица помножена са десне стране вектором  $w=(w_1, \dots, w_n)$ . Резултат овог множења је  $nw$ . Стога, да бисмо добили скалу од матрице релативних односа, мора се решити проблем  $Aw = nw$  или  $(A-nI)w=0$  где је  $I$  јединична матрица.

Ово представља систем хомогених линеарних једначина. Оне имају решење различито од 0 ако и само ако је детерминанта  $A-nI$  полином  $n$ -тог степена, једнак нули, чиме се добија једначина  $n$ -тог степена позната као карактеристична једначина  $A$ . Ова једначина има решење уколико је  $n$  један од њених корена (еиген вредност  $A$ ).  $A$  има веома једноставну структуру јер је сваки ред умножак константе и првог реда (или било ког другог реда). Стога су све  $n$  еигенвредности  $A$  осим једне једнаке нули. Сума еиген вредности матрице је једнака суми њених елемената на дијагонали матрице. У овом случају сви елементи дијагонале су једнаки 1 па је њихова сума једнака  $n$ , одакле следи да  $n$  мора бити еифен вектор  $A$ , и то је највећа основна редност, тако да постоји решење различито од нуле.

Када је  $a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$ , матрица  $A=(a_{ij})$  је конзистентна и има идеалну форму  $a_{ij} = w_i/w_j$  и њена основна еигенвредност је једнака  $n$ .

Када формирано матрицу оцена  $A$ , уместо уноса два броја  $w_i$  и  $w_j$ , и формирања односа  $w_i/w_j$ , ми додељујемо једну бројчану вредност са скале бројевних вредности који треба да представља однос  $(w_i/w_j)/1$ . То је најближа целобројна апроксимација односа  $w_i/w_j$ . Ово је основна карактеристика у приступу релативних мерења. За овај приступ је потребна основна скала која ће нумерички изразити релативну значајност једног члана у односу  $w_i/w_j$  у односу на други. Доносилац одлуке не мора да буде обучен на посебан начин да би могао да примењује ову скалу и може на основу својих субјективних оцена да спроводи довољно тачна поређења. Овакве оцене се могу успешно применити за поређење алтернатива које нису сувише различите у магнитуди. Уколико се алтернативе значајно разликују, треба их груписати у кластере од којих ће сваки садржати хомогене алтернативе. Под хомогеним се сматра да су алтернативе унутар предефинисаних граница. Кластери се могу међусобно повезати путем својих елемената, користећи пивот елементе од кластера до суседног кластера.

Weber- Fechner закон који се односи на логаритамске једначине и релацију стимулус-одговор (Saaty, 2009), дефинише да свака алтернатива подељена сама са собом има вредност 1 тако да су све вредности поређења парова на дијагонали матрице једнаке 1. Такође за поређења се морају користити целобројне вредности. Бројеви 3, 5, 7, и 9 одговарају вербалним оценама “ Нешто значајније”, “ Много значајније”, “ Веома много значајније”, и “ Апсолутно значајније” (а бројеви 2, 4, 6, и 8 се користе као компромисне вредности између наведених). Реципрочне вредности се аутоматски уносе на транспоноване позиције. Дозвољено је да се интерполирају вредности које су између целобројних вредности уколико је потребно. Уобичајена скала за вербалне оцене која се користи је дата у табели 5.1:

**Табела 5.1 Скала за вербалне оцене парова**

Интензитет значајности	Дефиниција	Објашњење
1	Једнак значај	Два фактора поједнако доприносе циљу

3	Нешто значајније	Искуство и оцена благо фаворизују један у односу на други
5	Много значајније	Искуство и оцена јако фаворизују један у односу на други
7	Веома много значајније	Искуство и оцена веома јако фаворизују један у односу на други.
9	Апсолутно значајније	Доказ веће значајности једног у односу на други је највеће могуће
2,4,6,8	Међувредности	Примењују се када су потребни компромиси

Суштина математичких операција које описују АХП методологију се састоји у томе да се конструише матрица која одражава релативне вредности групе атрибута/алтернатива.

### 5.1.2. ДЕА

Веома често примењивана техника за оцену техничке ефикасности је ДЕА методологија. ДЕА је непараметарски метод који користи линеарно програмирање за одређивање најефикасније компаније у узорку.

За сваку компанију, њеним улазним и излазним величинама се додељују тежински коефицијенти, како би се максимизирао однос пондерисаних излазних и улазних величина. ДЕА методологија се може примењивати у случајевима вишебројних улазних и излазних величина који се фокусира на оперативну ефикасност регулисане компаније. ДЕА методологија дефинише неку компанију као ефикасну ако ниједна друга компанија у узорку може да произведе више излазних величина (уз одређен ниво улазних величина) или да користи мање улазних величина (уз одређен ниво излазних величина).

Како се ефикасност дефинише као однос излазних и улазних величина, више излазних величина по јединици улазних величина одсликава већу ефикасност. Уколико се оствари највећи могући излаз за дати јединични улаз, сматра се да је

остварена максимална или оптимална ефикасност, и да није могуће унапредити више ефикасност применом нове технологије или другим променама у производном процесу (David, Joe, 2006).

На слици 5.2 је приказан теоријски улазно орјентисани модел са две улазне величине  $X_1$  и  $X_2$  (на пример то могу бити капитал и рад) да би се произвела једна излазна величина  $Y$  (нпр. испоручена енергија). Вертикална и хоризонтална оса представљају улазне величине капитал и рад по јединици излазне величине, а позиција одређене компаније је представљена на слици стварним трошковима рада и капитала по јединици излазне испоручене енергије ( $P$ ). Линија  $AA'$  приказује релативну цену две улазне величине- она показује све могуће комбинације ангажовања рада и капитала, узимајући у обзир њихове релативне цене.

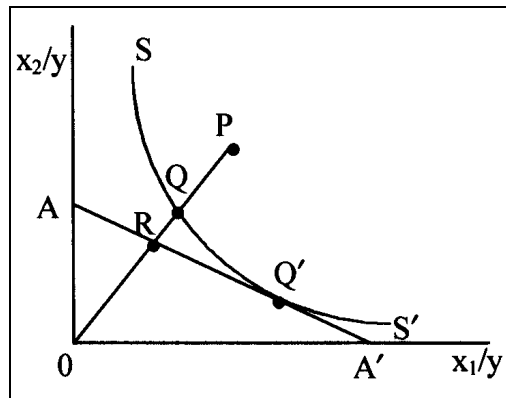
На слици 5.2 крива представљена као  $SS'$  је мера техничке ефикасности, која представља могућност реализације максималне излазне величине, за предефинисано ангаживање рада и капитала. Уколико дата компанија користи одређене количине улазних величина дефинисаних тачком  $P$ , како би произвела јединицу излазне величине, техничка неефикасност за ту компаније је представљена растојањем  $QP$ , т.ј. износом за који је могуће све улазне величине пропорционално смањити без смањења излазне величине. То се обично исказује као однос  $QP/OP$ , који представља проценат за који се могу све улазне величине умањити. Ниво техничке ефикасности ( $TE$ ) дат у једначини (4), за неку фирму се утврђује као однос

$$TE_i = OQ/OP, \quad (4),$$

што је једнако са  $1-QP/OP$ .

Ефикасност сваке компаније у односу на идеално стање (компанију) се добија као резултат који има вредност између 1 и 0 (идеална, најбоља компанија има резултат 1) и представља индикатор степена техничке неефикасности компаније. Вредност 1 указује да је компанија потпуно технички ефикасна. На пример технички ефикасна компанија је представљена тачком  $Q$  која се налази на кривој техничке ефикасности.

Резултати ефикасности се рачунају за компанију тако што се она пореди са линеарном комбинацијом компанија у узорку које производе што је више могуће излазних величина са минималном комбинацијом улазних величина.



Слика 5.2 Улазно оријентисан модел (КЕМА, 2008)

Рачунање резултата за ефикасност применом ДЕА а методологије се своди на решавање низа линеарних једначина. Уколико се узорак састоји од  $N$  компанија, а свака од њих користи  $K$  улазних величина да би произвела  $M$  излазних величина, вектор  $(x_i)$  представља улазну величину коју користи компанија  $(i)$  да произведе групу излазних величина  $(y_i)$ . Ако предпоставимо да  $(u)$  представља  $M \times 1$  вектор излазних тежинских коефицијената а  $(v)$  је  $K \times 1$  вектор улазних тежинских коефицијената, онда је мера ефикасности дата једначином (5):

$$\frac{u^T Y_i}{v^T X_i} \quad (5)$$

Односно, ефикасност се дефинише као пондерисани однос излазних и улазних величина. По дефиницији ефикасност је скаларна величина, вредности између 0 и 1, при чему 0 подразумева да нема ефикасности а 1 потпуну ефикасност. Ефикасност неке компаније се сада може израчунати проналажењем одговарајућих вредности за  $(u)$  и  $(v)$ . То захтева максимизирање (једначина 3) свих односа ефикасности уз уважавање ограничења да су ови односи мањи или једнаки један (једначине 7, 8). То се може написати као следећи оптимizacionи проблем:

$$\max_{u,v} \frac{u^T y_i}{v^T x_i} \quad (6)$$

$$\frac{u^T y_j}{v^T x_j} \leq 1, j = 1 \dots N \quad (7)$$

$$u, v \geq 0 \quad (8)$$

Решавање овог проблема, међутим, води до бесконачног броја могућих решења. То се може превазићи увођењем додатних ограничења (једначине 9, 10, 11, 12).

$$\max_{u,v} u^T y_i \quad (9)$$

Овај израз максимизира нумератор за јединицу која се оцењује, покушавајући да му се додели највећа могућа вредност за продуктивност.

$$v^T x_j = 1 \quad (10)$$

Ова једначина одређује да је деноминатор за јединицу која се оцењује једнак 1.

$$u^T y_j - v^T x_j \leq 0, j = 1 \dots N \quad (11)$$

$$u, v \geq 0 \quad (12)$$

Применом теорије дуалности, ово се може написати у форми ``познатог`` ДЕА проблема, представљеног једначинама (једначине 13, 14, 15, 16):

$$\min_{\theta, \lambda} \theta \quad (13)$$



$$-Y_j + Y_1 \geq 0 \quad (14)$$

$$\theta_{x_i} - X_1 \geq 0 \quad (15)$$

$$l \geq 0 \quad (16)$$

Дуална оцена ефикасности, којом се минимизира  $\theta$ , захтева да пондерисане улазне величине других ОДС-ова буду мање или једнаке улазним величинама ОДС-а који се оцењује, и да пондерисане излазне величине других ОДС-ова будеу веће или једнаке од ОДС-а који се оцењује.

У овом линеарном проблему, матрице  $X$  и  $Y$  представљају, респективно, простор улазних и излазних података – који се састоји од  $x_i$  улазног и  $y_i$  излазног вектора за свих  $N$  компанија. Оптимизациони проблем треба решавати за сваку компанију како би се одредила као резултат ефикасност  $\theta$  (која је скалар).

Интуитивни приступ ДЕА проблемима је да се за сваку компанију, одреди растојање у односу на мултидимензионалну границу која је одређена на основу вредности свих ефикасних комбинација улазних и излазних величина. Резултат ефикасности се тако одређује као растојање између позиције одређене компаније и њене ``сенке`` или пројектоване ефикасне тачке (линеарна комбинација реалних обсервација) на линију најбољих резултата.

Примена ове методологије омогућава идентификацију непараметарске линеарне границе која представља најбољу праксу у трансформацији бројних улазних величина у излазне. Овај процес се може одигравати под предпоставком константног поврата на обим (CRS) и варијабилног поврата на обим (VRS). Постоје предпоставке да је VRS примеренији за примену из разлога што оперативна величина ОДС-а може да утиче на просечну продуктивност. Главна последица је да се компаније боље пореде са дистрибутивним компанијама сличним у погледу обима производње, посебно ако постоји хетерогеност у величини

дистрибутивних компанија. Последично, може се догодити да се мала компанија буде неефикасна у поређењу са великом, само због разлике у средствима. Међутим према (OFGEM, 2003) разлози за примену VRS у односу на CRS нису сасвим јасни. Емпиријске анализе пружају слабе доказе да повећање поврата на обим у области дистрибуције електричне енергије (IRS); осим тога, повећање поврата на обим није у интересу потрошача јер у принципу се тиме награђују мале компаније које су неефикасне због недовољног обима и омогућава се да се спајањем компанија остваре све добробити које то спајање доноси. Као последица, под претпоставком да све компаније имају слободу да се спајају, чини се да је CRS примеренији за примену.

Према (OFGEM, 2003) ДЕА методологија захтева одабир улазних и излазних варијабли, који може значајно да утиче на резултате. Такође постоји и претпоставка да узорак садржи и најефикаснију компанију, што не мора увек да буде случај. Свакако није потребно сачињавати било какве претпоставке које би се односиле на технологију која је упитању осим да је производна функција конвексна. То је разлика која постоји у односу на регресионе приступе у којима је потребно претпоставити функцију трошкова. Иако ДЕА методологија дозвољава примену варијабилног поврата на обим, у неким случајевима је примереније користити константан поврата на обима као што то ради холандски регулатор. ДЕА методологија не дозвољава стохастичке грешке и не даје податке о стандардним грешкама које би указале на значај индивидуалних улазних или излазних величина.

ДЕА методологија се може примењивати и на малим узорцима података. Иако се могућност да се прави диференцијација према компанијама умањује како се узорак смањује, применом ДЕА методологије се и даље добијају смислени подаци. Неефикасне компаније се пореде са стварним, другим компанијама а не са неком статистичком мером.

ДЕА методологија омогућава да се узму у обзир и фактори који су изван контроле компанија али утичу на њихово пословање, било да се ти утицају дефинишу кроз улазне или излазне варијабле. Ова методологија омогућава и примену само физичких вредности за улазне/излазне варијабле а не нужно и финансијске

податке. Физичке податке је обично и лакше добити и прецизнији су. Нека регулаторна тела као нпр. у Холандији и Норвешкој су управо ову могућност користили да превазиђу недостатак података о неким ценама које су сачињавале трошкове који су чинили улазну варијаблу (OFGEM, 2003).

Као што наводи (Odeck, 2007), ДЕА се може описати као проширена анализа једноставних односа улазних и излазних величина, при чему се могу решавати и проблеми са вишебројним улазним и излазним варијаблама. ДЕА методологија не захтева никакву функционалну спецификацију идеалне ефикасности, већ се то идеално стање оцењује на основу параметара из праксе добијених од компанија које сачињавају узорак.

У ДЕА методологији се гранична вредност која представља максималну ефикасност одређује на основу реалних параметара компанија које сачињавају узорак, као односи њихових улазних и излазних варијабли. Компаније које сачињавају идеалну границу у односу на коју се пореди су оне које имају користе минималну количину улазних величина да би произвеле исту количину излазних величина.

Иако ДЕА методологија има бројне предности, као што је могућност да се анализа спроводи са вишебројним улазним и излазним варијаблама (чак иако економски подаци нису расположиви), постоји један значајан недостатак који може довести резултате примене ове анализе у питање. Недостатак је да примена конвенционалне ДЕА методологије не пружа никакве информације о неизвесности оцена. Стога није могуће утврдити да ли су разлике између две или више оцена статистички значајне.

У Табели 5.2 (КЕМА, 2008), наведене су земље у којима се примењује ДЕА методологија за потребе подстицајне регулације.

**Табела 5.2 Benchmarking методе које користе регулаторна тела**

<b>Држава</b>	<b>Benchmarking методе</b>	<b>Benchmarking узорак</b>
Велика Британија	COLS (OPEX) COLS&DEA (OPEX)	14 ОДС ел.енергије 8 ОДС природног гаса
Холандија	DEA	19 ОДС ел.енергије
Норвешка	DEA (VRS)	180 националних регионалних мрежа и дистрибутивних компанија (ел. енергија)
Румунија	DEA	
Пољска	OLS, COLS&DEA	
Словенија	COLS &DEA (OPEX)	Словеначке и међународне дистрибутивне компаније
Турска	DEA &COLS	

ДЕА модели садрже три врсте варијабли- улазне, излазне и из окружења. Док су улазне и излазне варијабле контролабилне од стране менаџмента, варијабле из окружења су нешто што је изван контроле ОДС-а.

Када се одређују параметри ефикасности, разматрају се улазни или излазни модели. Када се разматрају улазно орјентисани модели сматра се да су излазне варијабле константне, тако да се варирањем улазних варијабли може побољшати ефикасност. Док се код излазно орјентисаних модела сматра да су улазне варијабле константне а да је могуће варирати излазне варијабле како би се побољшала ефикасност. Коју врсту модела одабрати, улазно или излазно орјентисане зависи од врсте индустрије која се анализира. Када се анализира дистрибуција природног гаса сматра се да оператори дистрибутивних система не

могу много да утичу на излазне варијабле већ да је само могуће варирати улазне варијабле како би се унапредила ефикасност. Кључни корак у примени ДЕА методологије је одабир одговарајућих улазних и излазних варијабли. Варијабле би требало да, колико је то могуће, да одсликавају главне аспекте употребе ресурса у активности која се анализира. Погрешна спецификација варијабли може да доведе до лоших резултата, и до тога да мање ефикасне компаније сачињавају максималну (идеалну) границу ефикасности.

Такође број варијабли може утицати на примену модела, што је више варијабли укључено у модел, број компанија које се налазе на линији ефикасности се повећава.

## **6. КОМПАРАЦИЈА УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ НАСТАЛИХ ПО ОСНОВУ ОБАВЉАЊА ДЕЛАТНОСТИ ДИСТРИБУЦИЈЕ ПРИРОДНОГ ГАСА**

Један од изазова данашњице је пронаћи начин да се оствари задовољење све веће потребе за енергијом, а да се истовремено загађење околине смањи на минимум. Природни гас је битна компонента светске енергетике. Он спада у најчистије, најсигурније и најкорисније фосилно гориво, па му и употреба све више расте.

Природни гас сагорева без штетних продуката- чађи и пепела, с малим емисијама угљен-моноксида и сумпор-диоксида чиме се сврстава међу еколошки најчистије енергенте. Посматрано у односу на сва остала фосилна горива, употреба природног гаса производи такође и најмању количину угљен-диоксида ( $\text{CO}_2$ ), што је битан допринос смањењу глобалне емисије угљен-диоксида. Једна од неминовних чињеница је да економски развој утиче на животну средину. Кад год се одређена економска активност догађа, посебно у области индустрије, неопходно је узети у обзир и њен утицај на животну средину. Међутим, током времена узроци за различите приступе у оцени утицаја на животну средину се

мењају. Сада посебну пажњу изазивају ефекти емисија привредних активности у окружење.

Као и друге људске активности, експлоатација природног гаса, прерада, транспорт, дистрибуција и његова употреба имају утицај на окружење и на друштво. Неки од ових ефеката се могу очигледније приметити, неки се могу избећи, али свакако да сви они утичу на животну средину чинећи одређени негативни утицај.

Проблем не представља само постојање овог утицаја, с обзиром да је он неминован као последица људске активности. Иако се може разматрати да ли је ниво потрошње енергије у одређеним ситуацијама висок или не, не може се занемарити чињеница је да је одређена потрошња енергије неопходна ради одвијања одређених процеса.

Оно о чему треба водити рачуна је интензитет овог утицаја- потрошња енергије расте гледано у светским оквирима, како у широкој потрошњи тј. у резиденцијалном сектору тако и у индустријском, гледано по глави становника. У неким земљама економски раст и потрошња енергије нису тако директно условљени, али у неким земљама пораст потрошње енергије је чак бржи од раста других привредних параметара. У тим земљама је утицај на животну средину повезан са енергетским делатностима чак и већи.

Либерализација енергетског тржишта такође може да допринесе овом утицају на начин да утиче на алокацију ризика и критеријуме за рад одређених енергетских постројења као и на њихово планирање и развој.

Када се разматра утицај у целини на друштво, може се рећи да економски развој доводи до погоршања услова животне средине и онда се поставља као проблем како пронаћи равнотежу између користи и штете који настају и како на најефикаснији начин алоцирати ограничене ресурсе. На слободном тржишту, механизам за алокацију је цена, у овом случају различите цене различитих енергената. Међутим, чињеница је да цене енергије не узимају у обзир све наведене утицаје.

То доводи до другог проблема везаног за животну средину а то су екстерналије, односно трошкови везани за утицај на животну средину који нису укључени у цену.

Чињеница је да одређени процеси или производи имају утицај на друге економске процесе, а они нису узети у обзир нити као трошкови нити као бенефити када се анализира одређена производна функција и њен утицај на животну средину. Постојање ових екстерналија или екстерних трошкова, доводи онда до неисправне алокације ресурса засноване на економским принципима односно на принципу деловања цена, тако што спречава да сами механизми тржишта путем цена доведу до ефикасне и исправне алокације ресурса. Тако да у случајевима када постоје екстерналије, цена енергије ће бити нижа него што би било економски оправданом да су трошкови екстерналија били укључени, а последично то доводи до тога да је већа потрошња такве енергије као и већи утицај на животну средину употребе те енергије него што би то био случај када би алокација трошкова била ефикасна.

Као закључак може се рећи да није у питању само употреба енергије која забрињава у смислу утицаја на животну средину и процена интензитета тог утицаја већ и чињеница да постоји одређени утицај енергетског сектора на животну средину који се не квантификује и не узима у обзир у процесу одређивања цена па се стога не зна ни квантификација тог нити свеукупног утицаја енергетског сектора на животну средину. Да би се ове неправилности отклониле, потребно је укључити у анализе и обрачун цена енергије и ове екстерналије. Неки од начина на које се настоји да се екстерналије укључе у цену енергије су широко примењени као што су таксе везане за животну средину, тржиште за трговину загађујућим емисијама, или мере за подршку и стимулацију коришћења обновљивих извора енергије и могу имати значајне утицаје на привреду.

## 6.1. Неправилности у функционисању тржишта енергије

Тржиште енергије као ни друга тржишта не функционишу савршено. Недостаци тржишта енергије се могу груписати као:

- недостатак потпуних информација - тешко је доносити одлуке о потрошњи или трговини уколико се не располаже комплетним информацијама. Ово се нарочито може јавити у случајевима када неки од учесника на тржишту енергије располажу информацијама којима други не располажу, (такозвана информациона асиметрија) што им омогућава изврстан утицај на тржишту,
- трошкови трансакција- ови трошкови се односе на трговину производима, извршење уговора и сл. и могу представљати баријере да одређени субјекти уђу на тржиште енергије што води неефикасности у алокацији трошкова,
- јавна добра- потрошња одређене робе или пружање одређених услуга се сматра општим добром и њихово пружање се не може одбити- у овим случајевима цене су често ниске да би компензовале све трошкове,
- постојање екстерналија- када трошкови производње или потрошње не рефлектују верно утицај који ови процеси некада имају на друге делатности.

Када се дешавају екстерналије, субјекти кој су одговорни за негативни или позитивни утицај немају трошкове или надокнаду због тога. Уколико се сматра да ваздух и вода припадају свима (или никоме) компаније могу сматрати да могу да испуштају или емитују свој отпад на штету других корисника тих истих добара (Ariaga, 2013).



## 6.2. Утицај енергетских делатности на животну средину

Производња и потрошња енергије утичу на животну средину, што доводи до настајања екстерналија. Ови утицаји могу да буду различити у зависности од врсте горива и примењених технологија које се користе за производњу енергије или њену потрошњу, и стога њихови трошкови могу бити различити.

Када се разматрају утицаји производње енергије или њене потрошње важно је обратити пажњу да ови утицаји не настају само током финалне потрошње енергије (као што су нпр. азотни оксиди), већ и током активности које претходе њеној потрошњи као што су производња, прерада, транспорт и дистрибуција.

Свака од ових фаза која претходи употреби одређене врсте енергије производи одређени утицај на животну средину. Када се анализира утицај коришћења одређене врсте енергије анализира се у свим фазама, од производње закључно са финалним отпадом или продуктима које употреба енергије ствара. То се зове циклус горива, као што постоји животни циклус индустријских производа. Узимање у обзир последица из целокупног циклуса горива даје могућност да се адекватно узме у обзир утицај на животну средину у процесу доношења одлука.

## 6.3. Обим утицаја на животну средину

Утицај који употреба одређене врсте енергије има на животну средину може да се разликује како по географском обиму утицаја тако и по времену током којег тај утицај постоји. Стога када се анализира утицај употребе неког од видова енергије на животну средину треба обратити пажњу како на област на коју утицај постоји тако и на временски период током којег се тај утицај може уочити.

Када је у питању географско подручје на којем постоје одређени утицаји, обично постоји следећа подела:

- локални: када постоји директна веза између извора утицаја и рецептора утицаја. Ово је обично случај код загађивача као што су бука, визуелни утицаји, честичне материје или чврсти отпад,
- регионални: директна веза између извора и рецептора загађења није толико очигледна јер постоје трансформације које доводе до тога да је тешко одредити одговорност за одређени утицај (нпр. киселе кише),
- глобални: нема евидентне везе између извора утицаја и рецептора утицаја, као што је случај са климатским променама или смањењем озонског омотача (Ariaga, 2013).

Када се разматра утицај који делатности у области природног гаса имају на животну средину, у случају транспортовања гаса долази до емисија CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, долази до промене намене и употребе земљишта и утицаја који то има на визуелни ефекат, опасност од експлозије, измене у окружењу, и стварање буке.

Приликом анализе утицаја на животну средину одређених загађивача осим што је важно да се у животном циклусу одређеног производа одреди и квантификује количина полутаната која настаје, то не значи нужно да та квантификација представља и директну меру утицаја на животну средину. Штавише, коначни утицај на животну средину може у неким случајевима бити мањи или већи од овог квантификованог износа полутаната.

Стога је само први корак у анализи да се за одређену енергетску активност квантификује количина полутаната. Када се одређено загађење генерише, његов утицај на животну средину ће зависити и од временске и просторне дистрибуције. Уколико се ради о атмосферском загађењу утицај ће зависити од надморске висине на којој је загађење настало, топографије терена, атмосферског притиска и др. Дисперзија полутаната одређује интензитет и обим рецептора који су под утицајем загађења. На пример исто загађење неће проузроковати исте ефекте у руралним и густо насељеним зонама.

Утицај на животну средину зависи и од самих рецептора загађења. Полутанти могу да утичу како на људе тако и на биљни и животињски свет или на све, на глобалном нивоу.

Сумпор диоксид на пример, може у малим концентрацијама да делује као ђубриво на биљке али у одређеној концентрацији, док веће концентрације могу да буду токсичне.

Климатске промене или глобално загревање настају као последица ефекта стаклене баште, који проузрокују емисије гасова стаклене баште као што су: угљен диоксид, метан, азотни диоксид, хлорофлуорокарбонати, сумпорни хексафлуорид, водена пара и други.

Иако ефекат стаклене баште представља природну појаву, повећане емисије ових гасова узрокују повећање овог ефекта и последично промену климатских услова а посебно повећање температуре.

Хемијска једињења која највише доприносе ефекту стаклене баште су према значају поређана као угљен-диоксид настао сагоревањем фосилних горива и уништавањем шума, метан из пољопривреде и употребе фосилних горива, азотни оксиди из процеса сагоревања...

Други гасови на пример, могу да смање утицај ових горе наведених гасова као загађивача. Азотни оксиди могу да скрате животни век метана у атмосфери и тиме доводе до ефекта хлађења. Сумпор диоксид такође може да утиче на смањење глобалног загревања због улоге коју има у формирању аеросола који доводи до одбијања сунчеве радијације и на тај начин доприноси хлађењу атмосфере (Ariaga, 2013).

Постоје и одређене непознанице у вези ових гасова и њиховог утицаја на животну средину. Стога се може рећи да није до краја јасно дефинисан утицај антропогенних емисија на процес климатских промена. Међутим, постоје и тврђења која су супротна, а то је да се нпр. у извештају Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) наводи да постоје нови и чврсти докази да се већина загревања утврђеног у последњих 50 година може сматрати последицом људског деловања (IPCC, 2001).

У овом извештају се наводи очекивање да температура порасте за 1,4 до чак 5,5<sup>0</sup>С до 2100. уколико се одређене мере не спроведу. Ова предвиђања представљају највеће повећање температуре у последњих десет хиљада година.

Овакви догађаји могу да доведу до подизања нивоа мора, могу да имају негативна утицај на људско здравље и биодиверзитет.

Постоје студије које анализирају физички и економски утицај на климатске промене а базиране су на симулационим моделима. Као значајан параметар се наводи велики степен неизвесности и ризика (Тоl, 2002). Сви ови аспекти су довели до тога да је већина земаља потписала Кјото протокол, мада су неки од највећих загађивача као Сједињене Америчке Државе и Аустралија иступиле из овог процеса. Република Србија је чланица Оквирне конвенције УН о климатским променама од јуна 2001. године. Република Србија је ратификовала Кјото протокол. Србија није усвојила националну стратегију за смањење емисија гасова стаклене баште по Протоколу и има статус не-Анекс I земља. Такозване Анекс I земље су се обавезале да смање гасове стаклене баште за 5% у односу на емисије из 1990 као и на примену одређених механизма за смањење трошкова овог смањења емисија као што су трговина емисијама, механизми чистог развоја и заједничка примена.

Озонски омотач служи као заштита од ултраљубичастог зрачења, а уочено је његово смањење нарочито у областима близу северног и јужног пола. На неким местима је утврђено смањење дебљине зонског омотача и до 95%. Као главни узроци овог смањења се наводи интеракција брома и хлора са озонем, у условима ниске темепратуре и интензивног дејства сунца. Главни извори ових елемената су њихова једињења која обично не настају у процесима везаним за енергетске делатности. Међутим, као катализатор у овим реакцијама се појављују азотни оксиди који се обично повезују са активностима у енергетском сектору. Овом проблему доприноси и аеросол који се формира од сумпор диоксида. С тим у вези се енергетски сектор такође може сматрати делимично одговорним и за ове процесе.

Кисела једињења која доприносе стварању киселог слоја на земљиној површини настају као последица реакције која се одиграва у атмосфери са гасовима као што

су сумпор диоксид или азотни оксиди, које емитују постројења за сагоревање, возила или рафинерије.

У основне загађиваче у овој групи спадају честичне материје или аеросол који се формирају од CO<sub>2</sub> или NO<sub>x</sub>, као и друге материје које се емитују у мањој мери али могу бити токсичније као што су ароматична једињења, тешки метали, органохлориди, или радиоактивне материје. Њихов највећи утицај је на људско здравље и вегетацију.

Утицај на људско здравље се огледа у повећаном морталитету који наступа због удисања ових материја. Проблеми могу настати као акутни, непосредно након удисања загађивача или хронични услед дуготрајне изложености загађењу.

Иако неки аутори сматрају да се за CO<sub>2</sub> може у мањим количинама сматрати да има позивитан утицај као ђубриво (Murray, Wilson, 1990), он у већим концентрацијама постаје токсичан. Гернерално говорећи, утицај полутаната на пољопривредне културе није велики, јер се на пољопривредним екосистемима стално спроводи одређена циљана људска активност која има за ефекат поништење ефеката од полутаната.

Међутим у природним екосистемима у којима се ове циљане активности не спровode њихов утицај је значајнији.

## **6.4. Економска процена утицаја на животну средину**

Када се спроведе квантификација утицаја енергетских делатности на животну средину, може се спровести и њихова конверзија у новчане јединице. Ова активност има два аспекта, да се раздвоје екстерналије од оних чији утицај је можда већ узет у обзир, а други да се економска вредност додели сваком од утицаја.

Када се ради евалуација утицаја на животну средину, односно на здравље, постоје многи контроверзни ставови, а поготову у погледу тога да се здравствене или вредности животне средине не могу валоризовати кроз новац.

Инернализација екстерналија подразумева да се трошкови или користи од одређеног утицаја на животну средину укључе у трошкове производног или другог процеса који их узрокује.

Ови трошкови пре него што се укључе као део укупних трошкова нечијег пословања прво морају да се квантификују. Када су квантификовани, они се укључују у производну функцију на неколико различитих начина.

Постоје разни инструменти да се то спроведе, сваки са различитим предностима и недостацима, као и са различитим степеном ефикасности, и у погледу ефикасне алокације ресурса и у погледу задовољења регулаторних захтева. Одабир начина на који ће се спровести интернализација екстерналија зависи од бројних фактора, на пример- типа екстерналија које треба да се компензују, административних предефинисаних вредности, структуре привредне гране о којој се ради.

Иако поседује одређене предности у смислу ефикасне алокације ресурса, директна интернализација екстерналија везаних за животну средину у енергетици је одбачена из неколико разлога. Она може довести до повећања трошкова енергије јер се фаворизују технологије које имају мањи утицај на животну средину али су скупље. Може се појавити проблем једнакости, правичности, јер мере које се спроведу могу да повећају трошкове које неће сносити сви потрошачи једнако. Резултати могу да не буду оптимални јер методе за оцену екстерналија још увек нису сасвим поуздане. Може доћи до регионалних неравномерности или неравномерности у смислу одређених индустријских гранау колико се обавеза да се интернализују екстерналије не примењује у свим гранама индустрије и у свим регионима на исти начин.

Што се тиче повећања трошкова енергије када се у њих укључе и екстерналије, ово се и не може у целости смарати за недостатак, јер алокација ресурса на тржишту се може остварити само уколико цене одражавају све и то стварне трошкове чиме се осигурава да се не троше ресурси више него што је оптимално.

Иако је оправдано поставити питање правичне расподеле трошкова на конзументе одређене врсте енергије, државни органи ипак располажу механизмима да уколико постоје одређене неправилности, да их коригују.

У пракси су примењивана два начина за интернализацију екстерналија и то:

- инструменти који служе да се имплементирају резултати централизоване интернализације, које спроводе државни органи- влада. У овом приступу влада укључује екстерналије у производну функцију индустрије и одређује тачку максималне друштвене ефикасности. Накнадно се одређују алати да се ови циљеви остваре.
- инструменти који имају за циљ достизање тачке максималне друштвене ефикасности директно путем интернализације екстерналија за сваку од делатности која их узрокује, остављајући тржишним деловањима да доведу до оптималних резултата.
- Ова друга опција је теоретски гледано боља јер интернализација која се одиграва у једном кораку може елиминисати бројне неефикасности. С друге стране, обично се захтевају бројне информације које често нису доступне. Стога се у пракси најчешће јавља у примени први начин (Ariaga, 2013).

Традиционални облик интернализације трошкова утицаја на животну средину у енергетском сектору се састоји од утврђивања стандарда, који се такође називају и контролни механизми. Они се састоје од утврђивања ограничења везаних за животну средину у смислу квантитета и примењују се на одређену индустрију у целисти.

Најрестриктивнији контролни механизми су тзв. технолошки стандарди који постављају ограничења у вези употребе одређене технологије (BAT- best available technology) тако да је утицај на животну средину применом ове препоручено најбоље технологије у оквиру жељених граница. Ово је на пример приступ који се примењује кроз Директиву о интегрисаној превенцији и контроли загађења

(96/61/EC), којом се од индустрије захтева да се инсталира одређена врста опреме како би се добила лиценца за обављање делатности.

Стандарди квалитета за горива су нешто флексибилнији. Они настоје да се контрола загађења спроведе кроз контролу сировина које се користе. Ово је био начин за контролу емисија од возила путем Директиве 2003/17/EC, путем ограничења садржаја сумпора у горивима која се користе у транспорту.

А још флексибилнији механизми се састоје у дефинисању емисионих стандарда који постављају границе за количину или концентрацију полутаната који настају на одређеном извору емисија. Ови стандарди могу бити изражени на различите начине- као максимална концентрација полутаната која се емитује током одређеног временског периода или као минималне карактеристике опреме која служи за уклањање или чишћење полутаната. Они се могу примењивати или на поједини извор полутаната или на серију извора полутаната. Њихова флексибилност лежи у чињеници да дозвољавају загађивачима да користе средства која сматрају да треба како би остварили задате границе у смислу загађења, уместо да их ограничавају у смислу употребе одређене технологије или горива. Примери ове врсте регулативе су емисиони стандарди који се користе за контролу CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и честичних материја из постројења за сагоревање [6], а националне граничне вредности тј глобални стандард емисија за CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC и NH<sub>3</sub> за 2010 и 2020 годину су одређени према Директиви 81 из 2001 године.

Недостатак ових стандарда је што они ограничавају емисије полутаната али не узимају у обзир утицај који имају на животну средину што може значајно да варира. То значи да одређивање граница за емисију може да се примењује поједанко на два извора загађења од којих је један у урбаној зони и да производи већи негативни ефекат по животну средину у односу на други извор загађења на који се исти тај стандард примењује а који има мање ефекте на животну средину.

Да би се превазишли ови недостаци, уведени су стандарди квалитета животне средине, који имају за циљ да ограниче утицај на примаоце ефеката загађења. Њихов недостатак је што их је тешко утврдити и надзирати њихову примену јер



зависе од локације активности која производи загађење, распореда прималаца загађења као и географских или метеоролошких услова. Ови стандарди се обично утврђују на локалном нивоу, мада постоји и европска регулатива на ту тему (2002/3/EC).

У контролне механизме спадају и различите врсте ауторизација, које се односе на процену утицаја на животну средину. Ово питање је обрађено и Директивом о оцени утицаја (97/11/EC). Ауторизације се могу доделити трајно или могу да буду предмет периодичних ревизија.

Контролни механизми су релативно једноставни за примену и надзор, и немају високе административне трошкове. Њихов недостатак је примена у нпр. случајевима када се на једнак начин примењују на два извора загађења која производе потпуно различит ефекат по животну средину (нпр. у зависности од тога да ли се извор загађења налази у близини подручја велике густине насељености или великог еколошког значаја). Овај недостатак се може превазићи формирањем стандарда за сваки извор загађења, али је то у смислу потребних информација прилично неизводљиво због обима и броја информација које су неопходне.

Још један од недостатака контролних механизма је да не подстичу даље смањење загађења у односу на прописани ниво, што доводи до тога да нема ни подстицаја за инвестиције у технологије за смањење загађења.

Економски инструменти који се користе у сврху смањења загађења се сврставају у две групе- они који се трошковно укључују у производну функцију и они који се укључују у излазне варијабле на које потом делују тржишни механизми. У производну функцију се укључују разне врсте такси док се за излазно орјентисане механизме сматрају дозволе за трговину емисијама.

У случају укључивања економских подстицаја за смањење загађења у производну функцију може се десити парадоксана ситуација да се извор одговоран за загађење пеналише двоструко. Када се путем таксе као додатног трошка оптерете трошкови производње то представља прву врсту пеналисања, а када се извор загађења тиме стимулише да смањи своју производњу како би смањио и

загађење, то доводи до другог пеналисања у виду смањене зараде од умањене производње.

Начин да се овај недостатак превазиђе може да буде пеналисање само прекорачења које је изнад одређене границе а не целокупног производа који одређени генератор загађења ствара.

Други тип тржишног механизма за смањење загађења су дозволе којима се тргује, а на нивоу Европске Уније је усвојена ЕС Директива 2003/87/ЕС. У овом случају укупно дозвољено загађење се утврђује и алоцира у форми дозвола за емисију. Постоји формирано тржиште за трговину овим емисијама, које је некада ограничено на одређену географску област како загађујуће емисије не би довеле до превеликих концентрација у одређеним областима зависно од трговине .

Након скоро декаде доминације природног гаса као горива избора у производњи електричне енергије, природни гас поново, поготову у Европи, има као конкурентно гориво угаљ, између осталог и због ограничене интернализације утицаја на животну средину, и због субвенција у обновљиве изворе енергије. Ове промене могу довести до значајнијих промена у регулаторном приступу у сектору природног гаса. Кашњење у променама у регулаторној пракси у односу на ове измењене услове на тржишту енергије може да доведе до тога да природни гас буде мање конкурентно гориво у односу на остала.

## **6.5. Еколошки аспект примене природног гаса**

Традиционално се природни гас сматра за гориво које је повољно у погледу заштите животне средине. Приликом сагоревања природног гаса скоро да нема сумпор диоксида или емисије честичних материја, а има мање количине сумпортних оксида и мање емисије угљен диоксида у удонсу на коришћење других видова примарне енергије. Његова употреба је погодна и у погледу коришћења као горива у енергетски ефикасним технологијама као што су примена у комбинованим гасно парним циклусима и код кондензацијских котлова. Употреба природног гаса је довела до смањења загађења у урбаним

зонама у земљама у којима постоји развијена гасоводна мрежа, а могуће је и повећати допринос који природни гас ума смањењу утицаја на животну средину, поготову када су урбане зоне у питању његовом већом применом у транспорту. Потенцијал за већу примену природног гаса се поготову проналази у земљама у којима он до сада није у значајнијој мери коришћен, односно тамо где гасоводне мреже нису до сада развијане.

Ова разматрања не значе да природни гас има само позитиван утицај на животну средину.

Промене у смислу конкурентности са обновљивим изворима енергије када се ради о производњи електричне енергије, као и енергетска ефикасност у свим секторима доводе у питање став да природни гас добија на значају у примени са поштравањем захтева везаних за заштиту животне средине. Ово трвђење се може сматрати за истинито погово уколико се разматра у краћем временском року, и у срединама у којима је удео угља као горива за производњу електричне енергије значајан, међутим, то и није толико истинита тврдња за развијенија тржишта у којима гас постаје скоро па споредни енергент јер га замањују обновљиви извори енергије. Потенцијал за већу употребу природног гаса се налази у сектору транспорта у којем је његова употреба и даље ограничена.

Утицај које делатности дистрибуције и транспорта природног гаса имају на животну средину се у приличној мери односе на фазу изградње гасовода. Приликом изградње потешно је раскрчити трасу гасовода, тј. посећи растиње, дрвеће које постоји на траси. Након полагања цеви, већи део учињеног се може довести у првобитно стање. Након што се гасовод пусти у рад постоји утицај у виду цурења гаса и испуштања метана у атмосферу који је један од важних гасова са ефектом стаклене баште, иако је чињеница да ова истицања не би требала да представљају значајне количине метана испуштеног у атмосферу када се узму у обзир нове технологије и материјали који се користе у изградњи гасовода.

Због тога се у истраживању и настојало да се на одређени начин и овај утицај на животну средину који имају дистрибутери гаса, прво квантификује а онда и узме у обзир приликом анализе.

Последњих година забринутост у погледу утицаја на животну средину изазивају и терминали за регасификацију ТНГ-а (у неким случајевима и гасоводи и компресорске станице које су у саставу објекта) због опасности од експлозија и утицаја на друге активности које близина оваквог постројења може да има због безбедносних мера и зона опасности за оваква постројења.

Истицања која могу настати иза мерног уређаја, тј. на унутрашњим гасним инсталацијама не представљају одговорност дистрибутера, јер се сматра да је саставни део дистрибутивне рмеже прикључак закључно са мерним уређајем. Међутим ова врста истицања често представља главну окосницу заинтересованости јавности за безбедност примене природног гаса, због трагичних последица које са собом повлачи. Како у складу са важећим прописима овај део гасоводних инсталација не припада оделу система за који је одговоран оператор дистрибутивног система, у анализи није ни разматран.

Природни гас свакако има најмањи загађујући ефекат у односу на остала фосилна горива. Емисије CO<sub>2</sub> након сагоревања природног гаса су 37% мање него у односу на угаљ и 24% мање него уља за ложење, за исту произведену количину топлоте. Како је природни гас најприкладнији за комбиновану производњу топлоте и електричне енергије, што је процес који има већу ефикасност трансформације енергије, може се закључити да је емисија CO<sub>2</sub> по kWh произведеном у постројењу за производњу електричне енергије на гас, барем упола мања него да је употребљен угаљ. Слични, мада по квантитету нешто мањи ефекти се могу очекивати и код кондензацијских котлова који се користе за производњу топлоте која се користи у системима даљинског грејања.

Слични односи важе и за емисије азотних оксида које су ниже у односу на друга горива, а када се разматрају сумпорни оксиди и честичне материје може се рећи да су скоро занемарљиве.

У развијеним земљама на снази су строги прописи о заштити животне средине, који уводе систем ограничења емисије штетних гасова, и плаћања значајних такси на емисије штетних продуката. То значи да ће коришћење еколошки погодних енергената пружити могућност уштеда сваком потрошачу кроз смањење трошкова за енергију.

Карактеристике емисија CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> код фосилних горива су следеће:

CO<sub>2</sub> – садржај угљеника у природном гасу је 15,3 kg/GJ док је у лигниту нпр. 27,6 kg/GJ (IPCC, 2006), што приближно једна половина (55%) количине, тако да су на основу овог податка одређени ефективни фактори емисије CO<sub>2</sub> за ова горива 56 100 kg/TJ за природни гас односно 101 000 kg/TJ за лигнит. CO<sub>2</sub> проузрокује интензивирање ефекта стаклене баште и глобалног пораста температуре.

CO<sub>2</sub> - углавном се ослобађа сагоревањем угља и течних горива. Природни гас практично не производи CO<sub>2</sub> односно коефицијент емисије CO<sub>2</sub> за природни гас је 0, што је и очекивано када се узме у обзир састав природног гаса. CO<sub>2</sub> који се емитује из постројења за сагоревање или возила, у атмосфери ступа у хемијску реакцију којом настају кисела једињења која доприносе стварању киселог слоја на земљиној површини

NO<sub>x</sub> - сагоревањем природног гаса ослобађају се мање количине азотних оксида, него сагоревањем других фосилних горива. NO<sub>x</sub> такође у атмосфери ступа у хемијску реакцију којом настају кисела једињења која доприносе стварању киселог слоја на земљиној површини (заједно са CO<sub>2</sub> и амонијаком)

Према (Solujić, 2013) неки од кључних параметара који указују на потребу за унапређењем енергетске ефикасности су свакако следећи:

- енергетски интензитет примарне енергије у Србији (0.56 тен2/1000 \$, 2005) који је 2–3 пута већи него у земљама у окружењу (Хрватска 0.18, Мађарска 0.23, Румунија 0.31), односно готово 5 пута већи од развијених земаља ЕУ (Немачка 0.11, Француска 0.12, Данска 0.08), из чега се може закључити да Србија троши неколико пута више енергије у односу на земље ЕУ да би створила исту количину новостворене вредности;
- високо учешће домаћинстава у потрошњи електричне енергије (53% у 2010. години4), које је највећим делом резултат њеног коришћења за потребе грејања/догревања током зимских

месеци, што нам говори о томе да се електрична енергија веома неефикасно користи;

- ефикасност трансформације примарне у финалну енергију износила је 57% у 2010. години;
- зависност од увозних енергената у 2010. години била је на нивоу од око 33,5%
- велика емисија гасова са ефектом „стаклене баште” из енергетског сектора: око 76% свих емисија ових гасова долази из сектора енергетике.

Побољшати енергетску ефикасност значи користити технологије које троше мање енергије за исте или боље енергетске услуге. Потреба за унапређењем енергетске ефикасности је аргумент који инвестициона улагања за прелазак са постојећих горива, као што су угаљ и течна горива, на природни гас чине исплативим. Други аргумент су трошкови за емисију штетних продуката који нас очекују у будућности.

Стога је у истраживању анализа утицаја који дистрибуције природног гаса има на животну средину, спроведена у два правца. Један су позитивни ефекти који настају применом природног гаса, чији предуслов је да постоји дистрибутивна мрежа путем које се природни гас испоручује за потрошњу, у смислу могуће супституције одређених врста горива и позитивног утицаја који то у погледу смањења емисија CO<sub>2</sub> има. Други правац анализе је негативан утицај који обављање дистрибуције природног гаса има на животну средину због фугитивних емисија метана из дистрибутивних цевовода. Обе ове оцене су узете у обзир као критеријуми у моделу за оцену који дистрибутивни систем је погоднији за развој.

## **6.6. Предности коришћења природног гаса у односу на друга горива**

Природни гас, због својих повољних карактеристика, има посебан значај у заштити животне средине.

Ради заштите ваздуха од загађивања и спречавања последица које настају загађивањем ваздуха, предвиђене су мере контроле и заштите. Ограничен је садржај сумпора у течним горивима, а у градским зонама забрањена је изградња топлана на угаљ.

Највећи део загађивања ваздуха потиче из разних процеса производње и потрошње енергије, углавном из процеса сагоревања. Главни загађивачи су:

- електропривреда (термоелектране и топлане),
- саобраћај,
- индустријска ложишта (парни котлови и индустријске пећи),
- ложишта у широкој потрошњи (индивидуална ложишта).

Зависно од врсте употребљеног горива, ови загађивачи емитују углавном следеће штетне материје:

- угљен моноксид (CO),
- сумпор диоксид (CO<sub>2</sub>),
- азотне оксиде (NO<sub>x</sub>),
- угљоводонике (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>),
- чврсте честице (чађ и летећи пепео).

Као илустрација потенцијалног смањења емитованих количина штетних материја у атмосферу, могу се видети подаци о емисијама штетних материја природног гаса у односу на друга горива (табела 6.1).

**Табела 6.1. Емисија штетних материја (Tubin, 2000)**

Врста горива	Јединица	Количина горива	Емисија штетних материја (у тонама/h)				
			CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Честице
Природни гас	m <sup>3</sup>	10000	0,03	0,0002	0,017	0,001	/

Мрки угаљ	T	20,3	0,85	0,136	0,002	0,136	0,136
Уље за ложење	kg	6880	0,034	0,071	0,017	0,004	0,01

Из табеле се види да су сатне емисије CO при сагоревању природног гаса мање од сатних емисија које се добијају при сагоревању мрког угља на истим условима, као и за CO<sub>2</sub>, а чврстих честица практично нема. Нешто је повољнија ситуација у погледу коришћења уља за ложење, мада су и ту знатно веће емисије штетних материја, посебно CO<sub>2</sub>.

Гасне инсталације су тако изведене да у нормалним околностима не може доћи до хаварије. Уколико се то ипак деси, у атмосферу ће истећи само ограничена количина гаса, јер ће блокадни вентил реаговати код превеликог истицања гаса и аутоматски затворити даљи довод гаса. Пошто је природни гас лакши од ваздуха, он ће отићи у атмосферу и не може угрозити ближу околину.

Приликом неконтролисаног истицања гаса уколико дође до паљења природног гаса, тј. до пожара, или експлозије, последице би биле великих, али ограничених размера.

Продукти сагоревања природног гаса нису опасни по околину, међутим уколико дође до пожара, или експлозије, дошло би до дисперзије чврстих честица и чађи, затим до уништења биљног и животињског света, на ограниченом простору, као и до знатног топлотног зрачења, које би могло да доведе до поремећаја микроклиматских услова подручја за неко ограничено време.

Количина емитованог CO<sub>2</sub> директно зависи од количине потрошеног горива, садржаја угљеника у гориву и потпуности сагоревања угљеника.

Уведен је и посебан критеријум за оцену квалитета горива по критеријуму CO<sub>2</sub>-коэффициент емисије CO<sub>2</sub>. Вредности коефицијента емисије CO<sub>2</sub> су приказане у табели 6.2.



**Табела 6.2 Вредности коефицијената емисије угљен диоксида за различите врсте горива (IPCC, 2006)**

Гориво	Коефицијент $KE_{CO_2}$ (kg $CO_2$ /TJ)
Камени угаљ	94 600
Мрки угаљ	96 100
Лигнит	101 000
Моторни бензин	69 300
Керозин	71 500
Тешко уље за ложење	77 400
Уље за ложење	74 100
Природни гас	56 100
Дрво	112 000

Смањење емисије угљен диоксида могуће је остварити на два начина и то:

- повећањем енергетске ефикасности и
- заменом горива са високим коефицијентом  $KE_{CO_2}$  са горивима са ниском вредношћу коефицијента  $KE_{CO_2}$ .

Горива са ниским коефицијентом  $KE_{CO_2}$  (перспективна горива су):

- оксигенати: алкохоли, етри (метанол, етанол, изопропанол и др.)
- течни нафтни гас
- течни природни гас
- компримовани природни гас
- водоник (Stojiljković, 2005).

## 6.7. Негативни ефекти употребе природног гаса

### 6.7.1. Истраживања о емисијама метана из дистрибутивних гасовода

Значајнија употреба природног гаса се често предлаже као стратегија за смањење глобалног загревања. Током сагоревања природног гаса се ствара мање угљен диоксида по јединици произведене енергије у односу и на угаљ и уље за ложење. Стога се може рећи да се глобално загревање може смањити супституцијом других горива природним гасом, због мањих количина CO<sub>2</sub> које се емитују. Међутим, како је природни гас у највећем проценту метан (98%), веома потентан гас са ефектом стаклене баште, губици природног гаса који се дешавају током обављања делатности производње, транспорта и дистрибуције природног гаса могу смањити његова суштински позивитна својства по животну средину у погледу мањих CO<sub>2</sub> емисија.

Приликом истраживања о обиму истицања гаса током обављања делатности дистрибуције природног гаса које је спроведено у САД (USA EPA, 1996), дошло се до податка да узимајући у обзир и оксидацију која се дешава приликом проласка природног гаса кроз земљиште, јер се гасоводи у највећој мери налазе као подземни, укупне емисије метана које потичу од подземних гасовода чине 15% укупних емисија метана из гасне индустрије. Како је дужина дистрибутивних гасовода далеко већа од дужине транспортних гасовода, и испоручене количине са дистрибутивних система су значајно веће од количина испоручених са транспортног система оправдано је сегменту дистрибуције гаса посветити посебну пажњу у анализи емисија које настају обављањем те делатности, јер су препоруке према (IPCC, 2006), да се ове емисије оцењују управо у зависности од испоручених количина.

**Табела 6.3 Поређење емисија метана из подземних гасовода у односу на осталу гасну индустрију (US EPA, 2006)**

Сегмент	Укупне емисије гасне индустрије, Bscfu	Емисије подземних гасовода, Bscfu
Производња	84,4	6,6
Прерада	36,4	-
Транспорт/складиштење	116,5	0,2
Дистрибуција	77,0	41,6
Укупно	314,3	48,4

1 Bscf = 28.32 милиона кубних метара

У овом документу је разматрана процена смањења емисија метана које потичу од подземних цевовода у процесима производње, транспорта и дистрибуције природног гаса. Техника одређивања количине гаса који истиче је развијена за потребе овог истраживања како би се квантификовале емисије метана од подземно постављених гасовода у гасној привреди.

Укупне емисије су одређене као резултат емисионих фактора, одређених мерењем цурења и фактора активности, одређених из евиденција о репарацијама гасовода. Резултати су стратификовани у зависности од вредности притиска (виши, нижи) и материјала гасовода. Резултати су показали да највеће учешће у емисијама имају гасоводи од ливеног гвожђа, а затим челични гасоводи без заштите. Укупне емисије су одређене као  $\Sigma$  (емисиони фактор  $\times$  фактор активности) (Gas Technology Institute, 2013).

Где је,

- емисиони фактор = количина метана који је испуштен од стране одређеног субјекта,
- фактор активности = укупна популација субјеката који емитују метан.

Стратификација података је спроведена по следећим варијаблама:

- радни притисак гасовода (виши, нижи),
- материјал гасовода,
- старост гасовода.

Ову стратификацију података у истраживању су предложили стручњаци из гасне привреде (US EPA, 1996).

Подаци који су добијени о квантитету испуштања гаса су кориговани у зависности од типа земљишта због оксидационог ефекта који постоји када гас пролази кроз земљиште, а подаци о земљишту су преузети из друге студије која је спроведена на Универзитетима Вашингтон и Њу Хемпшир. У студији је наведено да оксидација до које доводи пролазак гаса кроз земљиште умањује емисије метана које потичу из подземних цевовода за око 18%.

Развијен је програм за сарадњу са дистрибутерима природног гаса који су спроводили мерења цурења на гасоводима, обиласком трасе гасовода се детектовало где има цурења, затим би се одређени делови трасе одкопавали и спроводила би се мерења како би се утврдило колико је цурење. Количине које су одређене као губици из гасовода су кориговане у зависности типа земљишта у којем је гасовод био положен због оксидационог ефекта који земљиште има на испуштени природни гас.

Такође, како је проценат метана у природном гасу велики (98%), у наведеном истраживању је спроведена и корекција емисија од детектованог цурења у зависности од различитог састава природног гаса јер то значи и варијацију у проценту метана.

Због сталне потребе да се утиче на климатске промене и да се смање емисије гасова стаклене баште, дистрибутивне компаније у САД као и УСА Агенција за заштиту животне средине су утврдили потребу да се ажирирају подаци о емисијама метана настале обављањем делатности дистрибуције природног гаса и поновили истраживање.

У 2013. су у поновљеном испитивању добијене ниже вредности емисија метана за полиетиленске гасоводе (Gas Technology Institute, 2013). Формирана је база

података на основу које је сваки дистрибутер могао у зависности од броја детектованих цурења да оцени своје емисије.

Такође истраживање је унапређено тако што је узет у обзир и утицај температуре. Сезонске промене у температури могу да утичу на проток гаса из подземних гасовода као и на тачност самих мерења. За сваких 5°F, запремина гаса се промени за око 1% (PHMSA, 2002). Земљиште у начелу има слаба својства термичке проводљивости. Међутим, полиетиленске цеви од којих се углавном граде дистрибутивни гасоводи показују релативно велико термичко ширење ( $0,23-0,41 \times 10^{-5} \text{ cm/cm/}^\circ\text{C}$ ) тако да се отвор на цеви из којег гас истиче може променити у пречнику због утицаја температуре. У овом истраживању (Gas Technology Institute, 2013), овај ефекат је оцењен на типичном отвору који се јавља на полиетиленским цевима.

Према (US EPA, 1996) разлози који могу довести до цурења на гасоводима могу бити корозија гасовода, дефекти у материјалу гасовода и дефекти или недостаци на спојевима и фитинзима. На бази података о детектованим цурењима који су у овом истраживању били доступни, предпостављено је да губици на гасоводима представљају потенцијално значајан удео емисија метана из гасне привреде.

У сектору дистрибуције природног гаса узимани су у обзир и подаци о репарацији гасовода који су постојали у одређеној бази података, и то о репарацијама које су се спроводиле због детектованих цурења. Ови подаци су служили да се одреде тзв. фактори активности. Резултати овог истраживања су употребљени да се упореде емисије гасова са ефектом стаклене баште из циклуса горива као што су природни гас, угаљ и нафта, применом потенцијала за глобално загревање који су објављени од стране Међународног Панела о Климатским Променама (IPCC). Резултати су показали да природни гас мање доприноси потенцијалном глобалном загревању него угаљ или нафта, што је у складу са стратегијом коју препоручује IPCC.

Осим тога, резултати ове студије су употребљени од стране гасне индустрије, како би смањили своје оперативне трошкове путем смањења емисија.

Осим овог истраживања у САД су спровођена и друга истраживања како би се оцениле емисије метана настале обављањем енергетских делатности, као на пример истраживање спроведено на Универзитету у Бостону, које се бавило мапирањем цурења на цевоводима у Бостону (Phillips et al., 2013). Ова, И друге студије су се бавиле различитим техникама мерења емисија, укључујући инжењерске оцене, директна мерења на одређеним местима, као и мерења из ваздуха (Allen et al., 2013).

Интензитет истицања гаса зависи и од величине отвора, пукотине која на гасоводу постоји, као и од притиска гаса у цевоводу, а степен истицања гаса се може повећати током времена уколико се не санира благовремено (US Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, 2002).

Постоје различите методе за одређивање истицања гаса, које су базиране на спектру различитих технологија као што су нпр. акустичне методе које детектују буку која настаје од истицања гаса, оптичке методе које детектују радијацију, и методе узорковања које мере испарења угљоводоника у ваздуху (Murvay, Silea, 2012). Постоје и софтверски базиране или електронске методе, које значајно варирају у нивоу комплексности, којима се прате једна или више варијабли (запремина, притисак) на више места дуж трасе гасовода како би се детектовала цурења (U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration). Како би се повећала тачност мерења, многи аутори примењују више техника.

У марту 2014., америчка администрација је усвојила Стратегију за смањење емисија метана (Methane strategy), која нарочито има за циљ идентификацију, мерење и смањење емисија метана (Utech, 2014).

САД Влада путем своје Агенције за заштиту животне средине објављује годишње податке о проценама свих антропогених емисија гасова стаклене баште. Овај регистар гасова стаклене баште је базиран на подацима како из индустрије тако и из других извора. Извештај за 2014. показао је да су за 2012, укупне емисије гасова са ефектом стаклене баште износиле 6,526 милиона метричких тона еквивалентног CO<sub>2</sub>. Примарни извор емисија у тој години је била производња

електричне енергије (32%), транспорт (28%), индустрија (20%), комерцијални/резиденцијални сектор (10%), и пољопривреда (10%)[30].

У САД је формиран програм за извештавања о емисијама гасова са ефектом стаклене баште И то тако да се подаци прикупљају директно од енергетских субјеката. Агенција за заштиту животне средине је издала обавезујућа правила за извештавање по којима само субјекти који емитују више од 25,000 метричких тона годишње имају обавезу извештавања Агенције (US EPA).

И у извештајима САД Агенције за заштиту животне средине се наводи да постоји значајан ниво неизвесности у погледу добијених података, због малог узорка са којим се радило и услед великих варијација у мерењима (US EPA). Као два главна узрока губитака наводе се истицање гаса и нетачност мерења (Energy & Infrastructure Program Energy Project, 2014).

Такође је било оспоравања и од стране стручне јавности, тј. од Америчке Гасне Асоцијације која је имала критички став према резултатима наведених истраживања, сматрајући да они нису репрезентативни за цео сектор природног гаса, наводећи да су наведене процене превисоке (Energy & Infrastructure Program Energy Project, 2014).

## 6.8. Стање у Србији

У Србији је техничким прописима уређено питање материјала и катодне заштите гасовода који се користе за дистрибуцију гаса. Стога се резултати какви су добијени у истраживањима као (US EPA, 1996) у којима се наводи као значајан узрок истицања гаса корозија гасовода настала због примењеног материјала цеви и зног тога што челични гасоводи нису катодно заштићени, не могу очекивати у Србији (Zakon o cevovodnom transportu, 2009)(Pravilnik o uslovima za nesmetanu i bezbednu distribuciju prirodnog gasa, 2015).

У Србији не постоји прописана процедура за редовно одржавање којом би се дистрибутери обавезали на обилазак трасе гасовода. Ове активности су предмет

интерних прописа и зависе од тога како их сваки енергетски субјект уреди понаособ.

Законом о цевоводном транспорту течних и гасовитих угљоводоника и дистрибуцији гасовитих угљоводоника, је предвиђено да Министар енергетике прописује услове и начин коришћења и руковања цевоводима и њихово одржавање у току рада, ремонта и ванредних догађаја; заштите од корозије и пропуштања цевовода; преглед и одржавање сигурносних уређаја; испитивање замењених делова и извршених поправки кварова; евидентирање кварова; стање корозије и пропуштања цевовода; начин обавезне и повремене контроле цевовода и вођење посебне евиденције о извршеној контроли.

До сада овај правилник није донет, па не постоји ни прописана обавеза обављања ових активности, а с тим у вези ни адекватна евиденција која би се могла користити у сврхе процене емисија метана у животну средину.

У неким земљама је обавеза евидентирања прикупљених података о обиласку трасе гасовода и евентуално детектованим цурењима прописана Правилима о квалитету испоруке и снабдевања, јер се у односу на остварене вредности ових параметара одређује и регулисана цена дистрибуције природног гаса заснована на подстицајним методама регулације.

У Србији нема значајније варијације састава гаса у смислу компоненти које чине његов хемијски састав тако да у овом истраживању није уочена потреба да се приликом анализе губитака коригује количина потенцијалних емисија метана због варијације у саставу природног гаса. У Србији се природни гас у највећој мери обезбеђује из увоза- из Руске Федерације, и његов састав не варира у значајнијој мери.

Од укупно расположивих колична природног гаса за потрошњу у Србији, током 2014. је било 22% из домаће производње, из складишта 14%, а преосталих 64% су били из увоза (AERS, 2014).

Квалитет гаса који се преузима у дистрибутивне системе стога незнатно варира јер због значајнијих колична из увоза долази до намешавања гаса, тако да гас који потиче из складишта или домаће производње који може бити другачијег



квалитета у коначној смеши гасова не доводи до смањења квалитета природног гаса.

Питање квалитета природног гаса који се преузима у дистрибутивне системе и испоручује са дистрибутивних система је уређено Правилима о раду дистрибутивних систем која доноси сваки дистрибутер за свој систем. Сагласност на ова правила даје Агенција за енергетику Републике Србије (Правила о раду дистрибутивног система).

У правилима (Правила о раду транспортног система) је предвиђено да оператор транспортног система у погледу хемијских и других својстава природног гаса узоркује, утврђује и прати квалитет природног гаса који испоручује у дистрибутивне системе у складу са правилима о раду транспортног система.

Само Србијасгас као оператор дистрибутивног система има прописане услове да на одређеним дистрибутивним мрежама на којима постоји преузимање природног гаса из домаће производње (Зобнатица, Кањижа и Хајдуково) преузме природни гас са домаћих гасних поља ако његова хемијска и друга својства одговарају захтевима квалитета прописаним у правилима, као и да на уговореним излазима са ових ДГМ испоручи природни гас најмање истог квалитета.

**Табела 6.4 Квалитет природног гаса (Правила о раду транспортног система, 2013)**

Хемијски састав	Метан	мин. 90 молска процента
	Етан	макс. 4 молска процента
	пропан, бутан	макс. 2 молска процента
	азот+угљен диоксид	макс. 5 молска процента
Садржај сумпора	Водоник сулфид	макс. 5 mg/ m <sup>3</sup>
	Сумпор из меркаптана	макс. 5,6 mg/ m <sup>3</sup>

	Сумпор укупно	макс. 20 mg/ m <sup>3</sup>
Тачка росе воде		- 5 ° C (на 40 bar)
Доња топлотна вредност		33.500 + / - 1000 кJ/m <sup>3</sup>

## 6.9. Губици на дистрибутивним системима у Србији

Губици на системима се одређују као разлика количина које дистрибутивна компанија купује И које улазе у систем, И количина које се испоручују са система односно продају крајњим купцима (U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, 2002). Још детаљнију дефиницију губитака је дала Америчка Гасна Асоцијација (АГА) (AGA website): губици гаса су разлика количина гаса расположивог из свих извора и укупних количина које се књиговодствено воде као продате, које су за потребе рада система и потребе саме компаније. Ова разлика количина укључује цурење односно стварне губитке гаса, разлике настале услед нетачности мерења, варијације температуре и/или притиска, и других варијабли, посебно услед неједновремености мерења.

Скоро идентична дефиниција је дата у (PHMSA website) и обе дефиниције наводе да губици нису синоним за “истекли гас.” Вредности за губитке често могу бити последица разних фактора од којих многи не морају уопште да буду повезани са истицањем гаса. У бројним случајевима тачни узроци губитака нису прецизно познати, и некада се у извештајима дају као јединствени податак који агрегира више података. У САД губици за типичне енергетске субјекте износе између 2% и 5% од укупних количина које се преузимају на улазу у систем (National Regulatory Research Institute, 2013).

У неким истраживањима употребљене су вредности овако одређених губитака за процену потенцијалних емисија метана из дистрибутивних система (Innovative Environmental Solutions, 2008). Међутим, узимајући у обзир ниво поузданости и

недостатак тачних података који се односе на утврђивање губитака, неки аутори заступају став да се губици не могу, или барем још увек не могу употребити за тачно утврђивање емисија метана из дистрибутивних система (Energy & Infrastructure Program Energy Project, 2014).

Према (Picard) IPCC Смернице дају три нивоа у приступу оцене фугитивних емисија из нафтно гасног сектора:

- Ниво 1: Одозго-на-доле приступ просечног фактора емисија;
- Ниво 2: Приступ масеног биланса, и
- Ниво 3: Ригорозни одоздо-на-горе приступ.

Приступ који се усвоји за конкретан случај свакако треба да буде у складу са количином емисија и доступних извора за оцену тих емисија. Последично, може се десити да је примерено да се примене различити приступи на различите гране индустрије, а уколико је могуће чак и да се спроведе директни мониторинг извора емисија. Целокупан приступ, током времена, треба да има прогресивно усавршавање како би се обрадиле области за које постоји највећи ниво неизвесности као и обухватио утицај специфичних контролних мера (Picard).

Мада се према (Energy & Infrastructure Program Energy Project, 2014) губици не могу користити за процену емисија метана, постоје и другачија тумачења. Према (Picard) иако је једноставан масени биланс који спада у приступ предвиђен 2-гим нивоом исказивања података заснован на националним статистичким подацима о производњи сиров индикатор фугитивних губитака метана, он пружа поузданије податке него што су подаци предвиђени приступом 1- нивоа. У овом случају нето биланс или количине које затварају биланс (тј. губици) се могу користити као индикација укупних фугитивних емисија из процеса који се не односе на испуштање или спаљивање гаса.

У САД методологије одређивања губитака варирају од државе до државе, као и међу енергетским субјектима.

У подацима који су разматрани у овом истраживању то није случај, односно сви подаци о губицима су одређени на истоветан начин прописан Методологијом за одређивање цене приступа дистрибутивном систему за природни гас, и то за све

дистрибутере истоветно, тако да се могу користити за њихово међусобно поређење.

Такође, ако се сматра да су главни узрочници губитака истицање гаса (које утиче негативно на животну средину), и нетачност мерења, која не утиче на животну средину али се такође може сматрати за негативну карактеристику дистрибутера, добија се још један аргумент у прилог чињеници да се губици на мрежи могу користити као негативна оцена, за поређење дистрибутера. Нетачност мерења често настаје због тога што мерни уређаји на дистрибутивном систему нису баждарени у предвиђеним роковима, као што прописи уређују.

Емисије од фугитивног истицања на опреми су пропорционалне количини процесне опреме и генерално одсликавају квалитет компоненти опреме, као и програма контроле и одржавања. Обично су фугитивне емисије најмање у случајевима када је процесни флуид веома токсичан или је одорисан (Picard). Природни гас који се користи у широкој потрошњи, односно који је намењен за употребу у домаћинствима се одорише једињењима сумпора.

Према (Picard) фугитивне емисије из система за транспорт и дистрибуцију немају висок степен корелације са протеклим количинама кроз систем, а имају бољу корелацију са дужином цевовода.

На дистрибутивним системима у Србији постоје веома различите вредности за губитке који постоје на мрежама. Подаци о губицима се прикупљају у овире редовног извештавања Агенције за енергетику (AERS, сајт), као и поступку одређивања регулисане цене приступа и коришћења дистрибутивног система у складу са Методологијом (AERS, 2012). Овом методологијом је прописано како се губици на дистрибутивним системима израчунавају:

Количина природног гаса потребна за надокнаду губитака у систему за дистрибуцију природног гаса у периоду  $t$ , израчунава се према следећој формули:

$$G_t = K_{IT} * C_{Gt} / (1 - C_{Gt}) \quad (17)$$

где су:

Гт – количина природног гаса за надокнаду губитака ( $y \text{ m}^3$ )

КИт – количина природног гаса која се испоручује из целокупног дистрибутивног система у периоду т ( $y \text{ m}^3$ ) и СГт – оправдана стопа губитака природног гаса у целокупном дистрибутивном систему у периоду т ( $y \%$ ).

Количина природног гаса која се испоручује са целокупног дистрибутивног система једнака је збиру количина природног гаса које се испоручују купцима чији су објекти повезани на мрежу, у мреже дистрибутивних система других енергетских субјеката, произвођачима природног гаса и природног гаса за сопствену потрошњу оператора система.

Количина природног гаса која се преузима у дистрибутивни систем, једнака је збиру количина природног гаса које се преузимају са повезаног транспортног система, са повезаних дистрибутивних система других енергетских субјеката и са домаћих гасних поља која су повезана на мреже оператора система.

Оправдана стопа губитака природног гаса у периоду т, одређује се на основу: остварених стопа губитака природног гаса у претходне три године, анализе стања система, упоредне анализе остварених стопа губитака других оператора дистрибутивних система у земљи и окружењу (бенцхмаркинг), узимајући у обзир старост гасовода, материјал гасовода и квалитет природног гаса, као и на основу плана за смањење губитака и резултата реализованих мера за смањење губитака.

Остварена годишња стопа губитака природног гаса се израчунава на основу остварених годишњих количина, дељењем разлике између укупно преузетих и укупно испоручених количина са целокупног дистрибутивног система, са укупно преузетом количином природног гаса (AERS, 2012).

Узроци за губитке на дистрибутивним системима у Србији се могу дефинисати као:

- истицање гаса на мрежи,
- број мерних уређаја без температурне компензације,

- разлика у тачности мерења - (идентификована су места преузимања дистрибутера од транспортера или дистрибутера Србијагаса при чему је процена да разлика у тачности мерача на транспорту Србијагаса и мерења на дистрибуцији може да доведе до разлике измерених вредности од 1,5%, а евентуално испадање из мерног опсега мерача може да се деси због значајних промена у количинама; отворено је питање каква је класа тачности мерача на местима примопредаје дистрибуција-дистрибуција)
- неовлашћена потрошња - о овоме нема података из процеса редовног извештавања Агенције за енергетику јер таква евиденција није ни предвиђена- ови подаци се приликом даљих истраживања могу тражити додатно од дистрибутера
- пражњење мреже због прикључења или запрљаности, истицање гаса у КМРС-овима (кућним мерно регулационим сетовима), старост мерача односно да ли су и када баждарени су подаци којима Агенција за енергетику не располаже а могу да буду од утицаја на губитке, као и да ли је и када последњи пут прегледана мрежа детекторима за гас.

У истраживању (Gas Technology Institute, 2013) већина истицања је детектована на спојевима цеви, и то на спојевима између гасоводне мреже и прикључних гасовода. Стога податак о броју места испоруке тј. броју прикључака може представљати значајан индикатор да се на мрежама са више прикључака може очекивати и већи број места цурења.

Приликом одређивања регулисане цене дистрибуције, од дистрибутера природног гаса се траже подаци о оствареним губицима а за дистрибутере код којих су губици изнад оправданог нивоа (2%) тражи се и План за смањење губитака.

Подаци о губицима које су дистрибутери достављали се налазе у Табели 6.5.



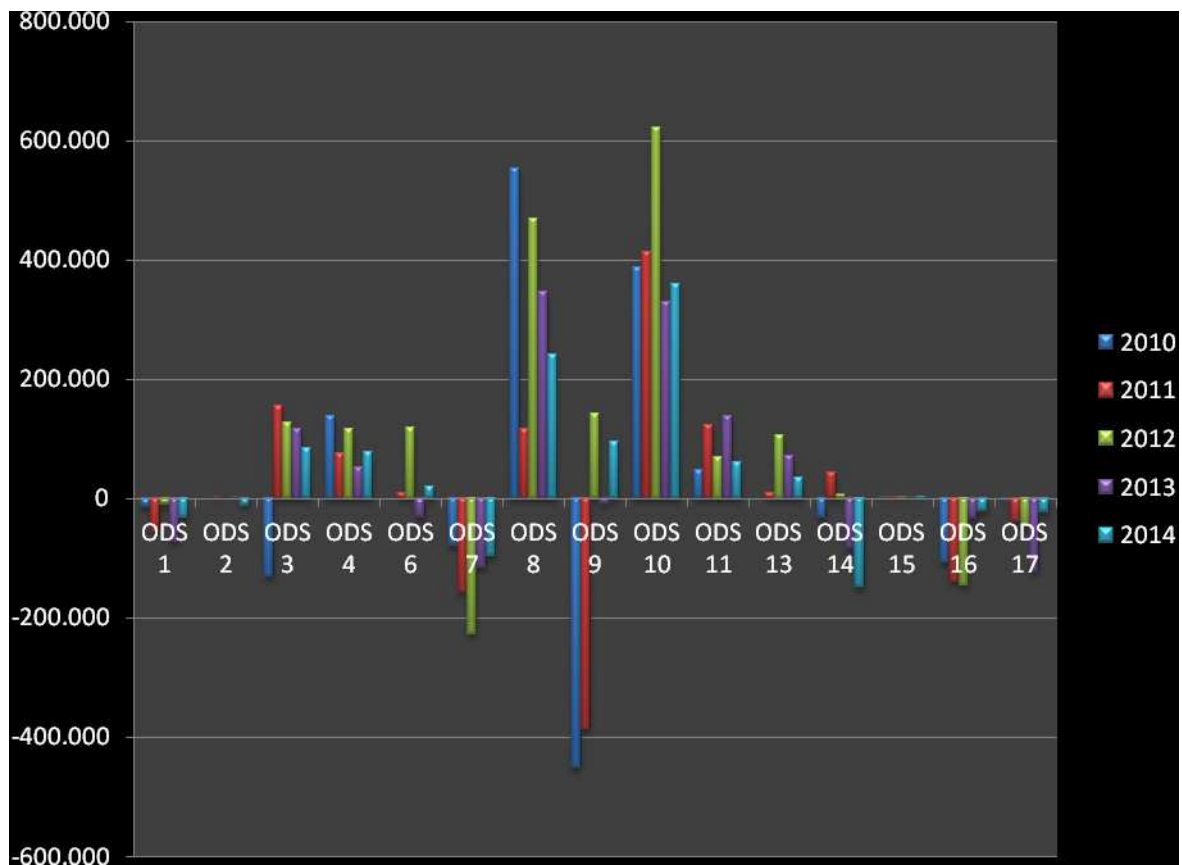
Р.Б.	Назив дистрибутера	губици 2010 (%)	губици 2011 (%)	губици 2012 (%)	губици 2013 (%)	губици 2014 (%)	Преузето у ДС 2010	Преузето у ДС 2011	Преузето у ДС 2012	Преузето у ДС 2013	Преузето у ДС 2014	Место преузимања	РЕ p < 6 bar	Џ < 6 bar
ODS 1	Гас, Бечеј	-0,50	-1,80	-0,40	-2,76	-1,25	2.940.987	3.045.728	2.753.194	2.663.545	2.591.733	Т,Д	192.840	
ODS 2	Интерклима, Врњачка бања	0,00	0,03	0,00	0,04	-0,55	2.545.511	2.635.258	2.555.456	2.415.626	2.398.538	Т	98.809	
ODS 3	7. Октобар, Нови Кнежевац	-11,00	10,10	8,76	8,72	7,03	1.178.657	1.539.357	1.443.351	1.347.625	1.204.089	Д	49.652	
ODS 4	Градитељ, Србобран	4,70	2,82	4,23	2,04	2,83	2.931.455	2.701.480	2.761.439	2.589.009	2.755.123	Д	142.400	7,8
ODS 5	Грејање, Зрењанин	5,50	4,80	4,45	4,28	5,77	26.792.472	33.201.429	30.175.854	28.208.380	24.735.035	Т,Д	53.464	419,1
ODS 6	Топлана – Шабац, Шабац	0,00	0,25	3,20	-0,87	0,71	1.098.091	3.882.613	3.712.315	3.527.633	2.941.844	Д	161.927	
ODS 7	Врбас – Гас, Врбас	-0,70	-1,70	-2,90	-2,01	-1,84	11.394.185	9.214.305	7.838.523	5.729.332	5.171.918	Т	172.264	
ODS 8	Гас, Темерин	6,34	1,37	5,95	4,87	4,00	8.726.886	8.468.116	7.898.874	7.120.079	6.030.368	Т	255.500	
ODS 9	Гас - Рума, Рума	-2,95	-2,30	0,87	-0,05	0,63	15.252.810	16.762.087	16.356.760	15.476.981	15.244.847	Т	348.242	
ODS 10	Ковин – Гас, Ковин	3,80	3,43	5,96	3,24	3,68	10.214.808	12.025.499	10.429.886	10.153.688	9.745.776	Т	266.993	36,8
ODS 11	Комуналац, Нови Бечеј	1,84	4,89	3,20	6,52	2,62	2.589.513	2.500.747	2.171.979	2.133.775	2.304.373	Т	114.458	6,7
ODS 12	Србијагас, Нови Сад	1,14	0,97	0,89	0,72	0,51	1.056.909.255	1.107.807.879	1.074.391.691	999.708.185	950.349.257	Т,Д	5.100.918	1.339,0
ODS 13	Ресава Гас, Свилајнац	0,00	0,48	5,09	3,91	1,68	2.934.115	2.078.832	2.100.569	1.814.940	2.066.238	Д	48.220	
ODS 14	Родгас, Бачка Топола	-0,53	0,53	0,07	-0,95	-1,66	6.067.639	8.231.738	8.988.574	8.692.776	8.846.352	Т	191.697	
ODS 15	Сигас, Пожега	0,07	0,76	0,55	0,81	1,21	243.902	303.832	297.142	278.996	259.719	Т	19.987	
ODS 16	Сомбор - Гас, Сомбор	-1,00	-1,30	-1,30	-0,35	-0,23	10.623.032	10.730.076	11.282.832	9.489.897	9.091.689	Т	155.000	
ODS 17	Ужице-гас, Ужице	-1,50	-3,80	-1,40	-2,39	-0,44	84.916	996.985	3.304.716	5.117.239	5.130.946	Д	120.003	

Табела 6.5 Подаци о губицима на дистрибутивним системима



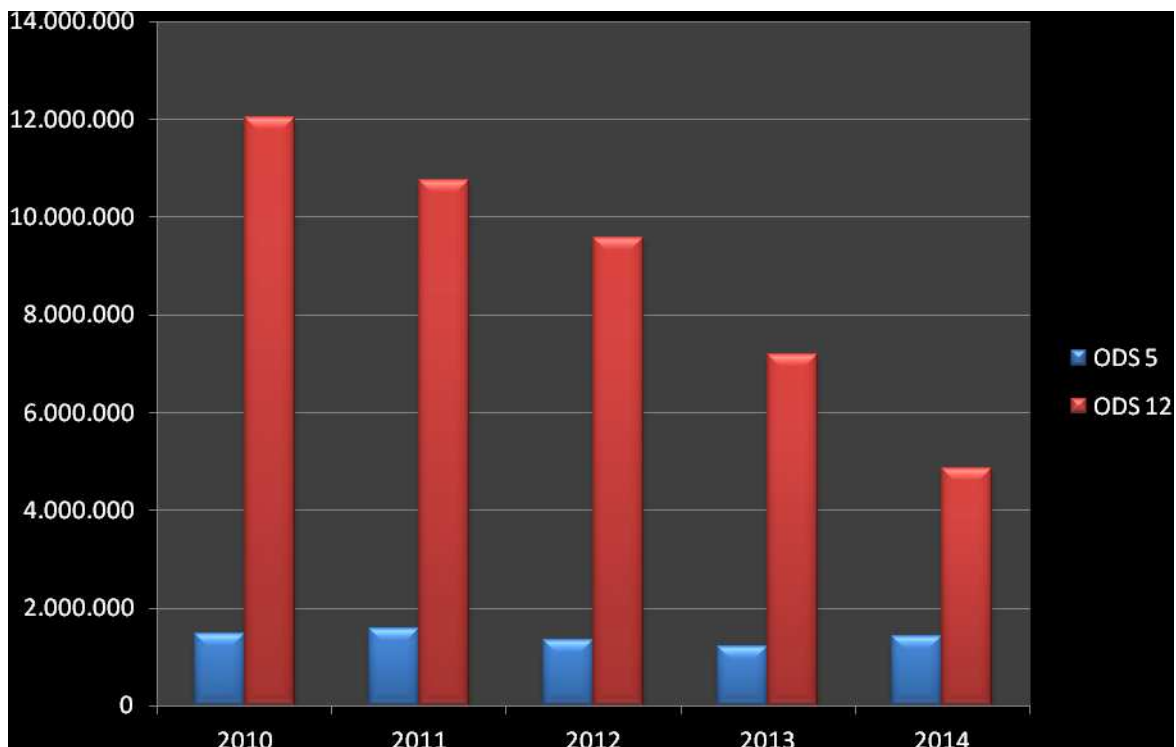
У табели 6.5. могу да се уоче дистрибутери који имају губитке стално (дистрибутери 4, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 15), они који имају негативне губитке (вишкове) стално (дистрибутери 1, 7, 16, 17), и они којима губици варирају од године до године, а код неких се и смањују, на пример код дистрибутера који се позабавио проблемом крађе гаса (дистрибутер 9).

Проблем код дистрибутера који стално имају велике губитке се своди на два случаја, или је у питању значајан удео челичне мреже у целокупном дистрибутивном систему (дистрибутери 12 и 5) на којој постоје истицања или је у питању проблем неадекватног мерења на излазима са дистрибутивног система код осталих (дистрибутери 4,8 и 11 са великим процентуалним учешћем мерила без температурне корекције).



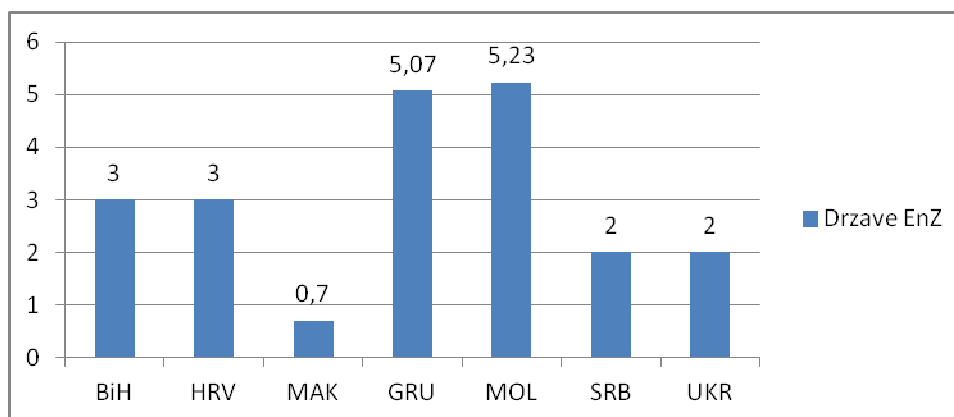
**Слика 6.1** Подаци о губицима на дистрибутивним системима за период 2010-2014 у м<sup>3</sup>

На слици 6.2 су приказани дистрибутери 5 и 12 због значајно већих количина губитака у односу на одтсале, како би био јаснији приказ количина.



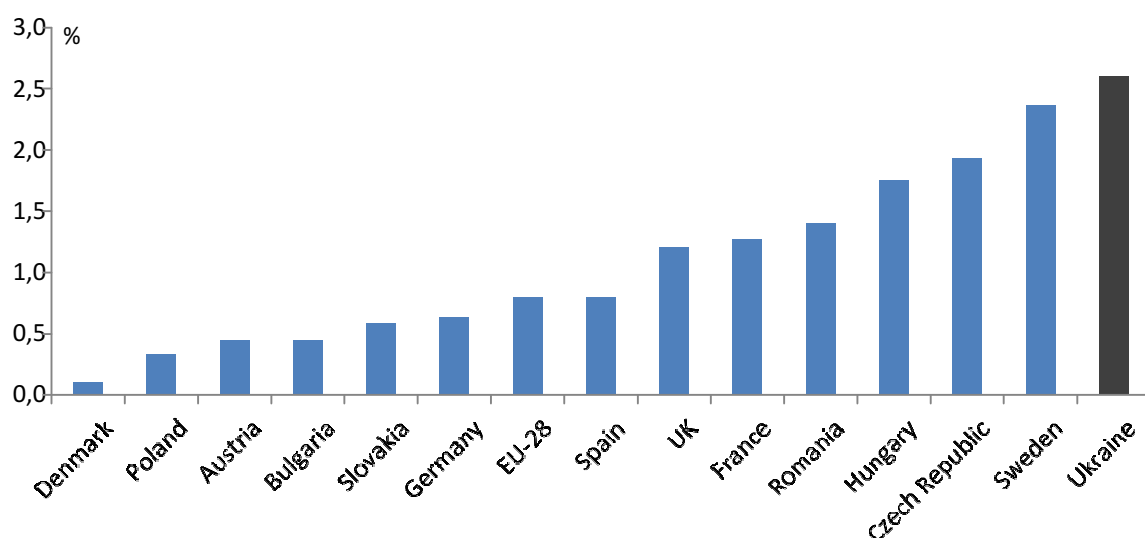
**Слика 6.2** Приказ губитака за дистрибутере 5 и 12 за период 2010-2014 у m<sup>3</sup>

У истраживању спроведеном у земљама Енергетске заједнице, прикупљени су подаци о губицима оствареним на дистрибутивним системима и приказани су на слици 6.3.



**Слика 6.3** Одобрени ниво губитака на дистрибутивним системима у %

А у земљама ЕУ, ниво губитака на дистрибутивним системима је дат на слици 6.4



Слика 6.4 Губици на дистрибутивним системима у земаљама ЕУ, (German Advisory Group, 2015)

## 6.10. Подаци и методологија употребљени у истраживању ради компарације дистрибутера у смислу њиховог потенцијала за негативан утицај на животну средину

У складу са препорукама из (Picard), употребљене су две врсте података- подаци о губицима на дистрибутивним системима (приступ првог нивоа који имплицира солидну корелацију између протеклих количина и нивоа фугитивних емисија- а губици се одређују као процентуална разлика количина које су преузете у систем и испоручене са система) што може бити валидно за системе који имају велике емисије из испуштања и спаљивања гаса. За добро контролисане системе код којих је доминантни извор емисија најчешће фугитивно истицање на опреми, које је у начелу независно од протока. Зато је као друга врста податка употребљен препоручени фактор емисија из (Picard) који је у корелацији са испорученим количинама.

Просечни фактори емисија су најчешће одређени и публиковани од стране агенција за заштиту животне средине и привредних асоцијација. То су статистички подаци који могу да дају задовољавајуће резултате када се примењују на велику популацију извора емисија (нпр. за потребе одређивања националних и регионалних регистара) а нису намењени за примену на појединачне изворе или мали број извора емисија (Picard).

Узимајући у обзир ове наводе, у формираном моделу за компаративну анализу дистрибутивних система, у истраживању је примењен фактор емисија за делатност дистрибуције природног гаса наведен у (Picard) јер се полази од претпоставке да се конструисан модел може применити на све дистрибутере у Србији, односно да се када подаци буду доступни анализа може спровести на националном нивоу са подацима од свих дистрибутера. У овом истраживању је анализа ограничена на 17 дистрибутера због доступности података, а фактор емисије је примењен на сваког од дистрибутера у зависности од испоручених количина на дистрибутивној мрежи на којој обавља делатност.

Подаци о губицима за 17 дистрибутера који су предмет анализе АХП методологијом су утврђени као просечна вредност за период 2010-2014. Изабрано је да се одреди просечна вредност за период 2010-2014. и да се не користе само подаци о губицима из 2012. (остали подаци употребљени у АХП моделу као што су дужина мреже, број прикључака и економски подаци су за 2012. годину), јер губици од године до године варирају између осталог и због осцилација у температури. Губици у  $m^3$  за период 2010-2014 и просечне вредности губитака су приказане у табели 6.6.

**Табела 6.6 Губици и просечне вредности губитака на дистрибутивним системима у периоду 2010-2014**

(у  $m^3$ )

Оператор дистрибутивног система	2010	2011	2012	2013	2014	просечни губици
ОДС 1	-14.705	-54.823	-11.013	-73.514	-32.397	-37.290
ОДС 2	0	791	0	966	-13.192	-2.287

ОДС 3	-129.652	155.475	126.438	117.513	84.647	70.884
ОДС 4	137.778	76.182	116.809	52.816	77.970	92.311
ОДС 5	1.473.586	1.593.669	1.342.826	1.207.319	1.427.212	1.408.922
ОДС 6	0	9.707	118.794	-30.690	20.887	23.739
ОДС 7	-79.759	-156.643	-227.317	-115.160	-95.163	-134.809
ОДС 8	553.285	116.013	469.983	346.748	241.215	345.449
ОДС 9	-449.958	-385.528	142.304	-7.738	96.043	-120.976
ОДС 10	388.163	412.475	621.621	328.979	358.645	421.977
ОДС 11	47.647	122.287	69,503	139.122	60.375	87.787
ОДС 12	12.048.766	10.745.736	9.562.086	7.197.899	4.846.781	8.880.254
ОДС 13	0	9.978	106.919	70.964	34.713	44.515
ОДС 14	-32.158	43.628	6.292	-82.581	-146.849	-42.334
ОДС 15	171	2.309	1.634	2.260	3.143	1.903
ОДС 16	-106.230	-139.491	-146.677	-33.215	-20.911	-89.305
ОДС 17	-1.274	-37.885	-46.266	-122.302	-22.576	-46.061

За потребе поређења парова у АХП методологији формирана је скала за оцењивање која дистрибутере дели у четири категорије дате у Табели 6.7 и то:

**Табела 6.7 Скала за оцену губитака у моделу за поређење АХП**

<b>Количине губитака (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Опсег</b>
0	1
до 50 000	2
50 000-100 000	3
100 000 и више	4

Оцене су им додељене на основу препорука за поређење преференци на вербалној скали, с тим да је операторима дистрибутивних система који немају губитке дата највиша могућа оцена у смислу преференци- 9, а операторима са највећим губицима најмања – 1.

На основу овако додељених оцена у дефинисаном моделу за поређење парова у софтверу expert choice, унети су међусобни односи ових оцена.

Оцене које су додељене дистрибутерима на основу количина губитака (вредности губитака су преузете из табеле 6.6, с тим да су негативни губици изједначени са 0 јер се сматра да у том случају нема истицања гаса) су дате у Табели 6.8.

**Табела 6.8 Оцене ОДС-ова према оствареним губицима**

<b>Оператор дистрибутивног система</b>	<b>Губици (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Опсег</b>
ОДС 1	0	1
ОДС 2	0	1
ОДС 3	70.884	3
ОДС 4	92.311	3
ОДС 5	1.408.922	4
ОДС 6	23.739	2
ОДС 7	0	1
ОДС 8	345.449	4
ОДС 9	0	1
ОДС 10	421.977	4
ОДС 11	87.787	3
ОДС 12	8.880.254	4
ОДС 13	44.515	2
ОДС 14	0	1
ОДС 15	1.903	2
ОДС 16	0	1
ОДС 17	0	1

Друга оцена која је урађена се заснива на вредностима фактора емисије за метан, датих у литератури. Преузета је вредност из (IPCC, 2001) за делатност дистрибуције која је дата као фактор емисије метана од  $5,2 \cdot 10^{-4}$  Gg по километру дистрибутивне мреже.

Тако добијене емисије метана су представљене у табели 6.9.

**Табела 6.9 Емисије CH<sub>4</sub> по дистрибутерима**

<b>Оператор дистрибутивног система</b>	<b>Дужина мреже у km</b>	<b>Емисија метана у Gg</b>
ОДС 1	192,84	0,100
ОДС 2	103,48	0,054
ОДС 3	49,65	0,026
ОДС 4	150,20	0,078
ОДС 5	509,92	0,265
ОДС 6	159,45	0,083
ОДС 7	182,67	0,095
ОДС 8	266,50	0,139
ОДС 9	447,01	0,232
ОДС 10	333,09	0,173
ОДС 11	120,50	0,063
ОДС 12	6.626,38	3,446
ОДС 13	47,72	0,025
ОДС 14	185,88	0,097



ОДС 15	19,98	0,010
ОДС 16	171,00	0,089
ОДС 17	99,53	0,052

Међутим, 2006 су донете нове смернице за вођење националних регистара гасова стаклене баште (IPCC, 2006) којима је дефинисано да се за делатност дистрибуције природног гаса оцена фугитивних емисија CH<sub>4</sub> спроводи у зависности од количина природног гаса испоручених са дистрибутивних система, при чему се наводе различити фактори емисије за процену фугитивних емисија за развијене земље а различити за земље у развоју чија привреда је у транзицији. За развијене земље је дата вредност фактора емисије од  $1,1 \cdot 10^{-3}$  Gg на  $10^6$  испоручених количина са система, а за земље у развоју  $1,1-2,5 \cdot 10^{-3}$  Gg на  $10^6$  испоручених количина са система.

У анализи је спроведено поређење следећих случајева: оцена фугитивних емисија у зависности од дужине мреже (IPCC, 2001), оцена фугитивних емисија у зависности од испоручених количина са дистрибутивних система у две варијанте, према количинама испорученим током 2012 године и према просечној вредности испоручених количина у периоду 2010-2014 јер испоручене количине могу да варирају од године до године.

За процену фугитивних емисија према испорученим количинама је усвојена вредност од  $2,5 \cdot 10^{-3}$  Gg на  $10^6$  испоручених количина са система. Резултати процена фугитивних емисија су дати у Табели 6.10.

**Табела 6.10 Фугитивне емисије метана у зависности од количина и дужине мреже**

Оператор система	Испоручене количине за 2012, у милионима m <sup>3</sup>	Просечне количине у периоду 2010-2014	Емисија CH <sub>4</sub> у Gg за 2012	Емисија CH <sub>4</sub> у Gg за просек 2010-2014	Емисија CH <sub>4</sub> у Gg по дужном метру мреже
ОДС 1	2.7610	2.8334	<b>0.007</b>	<b>0.007</b>	<b>0.100</b>

ОДС 2	2.5570	2.5127	<b>0.006</b>	<b>0.006</b>	<b>0.054</b>
ОДС 3	1.3010	1.2596	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>	<b>0.026</b>
ОДС 4	2.6450	2.6964	<b>0.007</b>	<b>0.007</b>	<b>0.078</b>
ОДС 5	28.8120	27.1559	<b>0.072</b>	<b>0.068</b>	<b>0.265</b>
ОДС 6	3.8730	2.7620	<b>0.010</b>	<b>0.007</b>	<b>0.083</b>
ОДС 7	8.0630	8.0037	<b>0.020</b>	<b>0.020</b>	<b>0.095</b>
ОДС 8	7.4180	7.2953	<b>0.019</b>	<b>0.018</b>	<b>0.139</b>
ОДС 9	16.1870	15.9232	<b>0.040</b>	<b>0.040</b>	<b>0.232</b>
ОДС 10	9.8080	10.0918	<b>0.025</b>	<b>0.025</b>	<b>0.173</b>
ОДС 11	2.0950	2.2460	<b>0.005</b>	<b>0.006</b>	<b>0.063</b>
ОДС 12	1,064.3550	1,028.5286	<b>2.661</b>	<b>2.571</b>	<b>3.446</b>
ОДС 13	1.9430	2.1363	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.025</b>
ОДС 14	8.9790	8.2043	<b>0.022</b>	<b>0.021</b>	<b>0.097</b>
ОДС 15	0.2955	0.2753	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.010</b>
ОДС 16	11.4280	10.3315	<b>0.029</b>	<b>0.026</b>	<b>0.089</b>
ОДС 17	3.3496	2.9849	<b>0.008</b>	<b>0.007</b>	<b>0.052</b>

Анализирајући резултате уочљиво је да су процене фугитивних емисија метана према старијој методологији (у зависности од дужине мреже) значајно веће у односу на процењене количине према новијој методологији (према испорученим количинама), иако је према старој методологији узета нижа вредност фактора емисије (дате су биле две вредности за САД и Канаду, узета је вредност за Канаду јер је мања) а према новој методологији је узета већа

вредност (0,0025) добијене су оцењене вредности фугитивних емисија које се значајно разликују.

Одабрано је да се у АХП анализу иде са проценом према новој методологији јер су испоручене количине са дистрибутивних система променљива која ближе одсликава понашање дистрибутера јер се испоручене количине од године до године мењају што се из оцене емисија не види као значајно јер су укупне испоручене количине већине дистрибутера мале. Међутим, дужина мреже се чини као лошији показатељ јер се мреже слабо развијају, и њихова промена није ни близу динамична као што је промена количина тако да ова варијабла није превише сензитивна да одсликава понашање оператора дистрибутивних система.

Процењене фугитивне емисије метана у зависности од просечно испоручених количина из периода 2010-2014 су вредности које су унете у матрице за поређење парова у АХП дефинисаном моделу.

## **6.11.Компарација дистрибутера у смислу њиховог потенцијала за позитиван утицај на животну средину- ефекти супституције горива природним гасом**

Подаци и методологија употребљени у истраживању ради компарације дистрибутера у смислу оцене ефеката супституције горива су потрошња горива у погонске и технолошке сврхе у Републици Србији по квадрантима у 2012. и преузети су из (RZS, 2013) и дати су у табели 6.11.

**Табела 6.11. Потрошња горива у погонске и технолошке сврхе у Републици Србији по квадрантима у 2012, извор података (RZS, 2013)**

<b>Дистрибутер</b>	<b>Квадрант</b>	<b>Камени угаљ (kg)</b>	<b>Мрки угаљ (kg)</b>	<b>Лигнит (kg)</b>	<b>Тешко уље за ложење (kg)</b>
ОДС 1	7.3	0	30.000	5.000	46.000

ОДС 2	17.4	0	4.300	0	3.763.000
ОДС 3	7.3	0	30.000	5.000	46.000
ОДС 4	7.2	611.000	35.466.000	75.615.000	4.080.000
ОДС 5	12.9	0	0	18.000	0
ОДС 6	13.6	0	242.000	5.296.000	9.303.000
ОДС 7	7.2	611.000	35.466.000	75.615.000	4.080.000
ОДС 8	12.8	0	738.000	15.000	8.909.000
ОДС 9	12.7	13.209.000	924.000	5.010.000	24.460.000
ОДС 10	12.2	75.000	174.000	5.917.000	6.897.000
ОДС 11	7.3	0	30.000	5.000	46.000
ОДС 12		103.823.000	568.141.000	3.619.670.300	311.188.000
ОДС 13	17.8	0	336.902.000	534.302.000	1.708.000
ОДС 14	7.5	0	0	0	218.000
ОДС 15	18.8	62.000	737.000	11.685.000	2.476.000
ОДС 16	7.4	0	683.000	30.000	900.000
ОДС 17	13.2	104.000	1.200.000	428.000	7.491.000

Код одређивања података који ће се користити за ЈП Србијагас у компарацији дистрибутера су преузети подаци који се односе на територију целе Србије, из разлога што само овај дистрибутер има лиценцу за обављање делатности на територији целе Србије и не може се сврстати ни у један квадрант.

Да би подаци могли да се користе за поређење у смислу вредности Коефицијента  $\text{KCO}_2$  било је потребно превести ове природне вредности потрошње у енергетске јединице.

За топлотне моћи горива као и за коефицијенте емисије  $\text{CO}_2$  преузете су вредности из (IPCC,2006) и приказане су у Табели 6.12.

**Табела 6.12. Топлотне моћи горива и коефицијенти емисије  $\text{CO}_2$  (IPCC, 2006)**

Гориво	Доња топлотна моћ горива (TJ/kg)	Коефицијент емисије $\text{CO}_2$ ( $\text{KCO}_2$ ) (kg/TJ)
Камени угаљ	25,8	94.600
Мрки угаљ	18,9	96.100
Лигнит	11,9	101.000
Тешко уље за ложење	40,4	77.400
Уље за ложење	43,0	74.100
Природни гас	48,0	56.100
Дрво	15,6	112.000

Тако је добијена потрошена енергија у TJ исказана у табели 6.13, одређена на основу потрошње одређеног горива дате у Табели 6.11 и топлотне моћи горива дате у Табели 6.12, која по дистрибутерима износи:

**Табела 6.13. Утрошена енергија по врсти горива по квадрантима/дистрибутерима**

(у ТЈ)

	Квадрант	Камени угаљ	Мрки угаљ	Лигнит	Тешко уље за ложење	Укупно енергија из угљева и тешког уља за ложење (у 10 <sup>3</sup> ТЈ)
ОДС 1	7.3	0	567.000	59.500	1.858.400	2.484,9
ОДС 2	17.4	0	81.270	0	152.025.200	152.106,5
ОДС 3	7.3	0	567.000	59.500	1.858.400	2.484,9
ОДС 4	7.2	15.763.800	670.307.400	899.818.500	164.832.000	1.750.721,7
ОДС 5	12.9	0	0	214.200	0	214,2
ОДС 6	13.6	0	4.573.800	63.022.400	375.841.200	443.437,4
ОДС 7	7.2	15.763.800	670.307.400	899.818.500	164.832.000	1.750.721,7
ОДС 8	12.8	0	13.948.200	178.500	359.923.600	374.050,3
ОДС 9	12.7	340.792.200	17.463.600	59.619.000	988.184.000	1.406.058,8
ОДС 10	12.2	1.935.000	3.288.600	70.412.300	278.638.800	354.274,7
ОДС 11	7.3	0	567.000	59.500	1.858.400	2.484,9
ОДС 12		2.678.633.40 0	10.737.864.900	43.074.076.570	12.571.995.200	69.062.570,1
ОДС 13	17.8	0	6.367.447.800	6.358.193.800	69.003.200	12.794.644,8
ОДС 14	7.5	0	0	0	8.807.200	8.807,2
ОДС 15	18.8	1.599.600	13.929.300	139.051.500	100.030.400	254.610,8

ОДС 16	7.4	0	12.908.700	357.000	36.360.000	49.625,7
ОДС 17	13.2	2.683.200	22.680.000	5.093.200	302.636.400	333.092,8

Када је утрошена енергија за сваки тип горива помножена са одговарајућим коефицијентом емисије CO<sub>2</sub> датим у Табели 6.11 (KECO<sub>2</sub> у kgCO<sub>2</sub>/TJ), добијене су процењене емисије CO<sub>2</sub> у зависности од употребљеног горива, приказане у Табели 6.14.

**Табела 6.14. Процењене емисије CO<sub>2</sub> у зависности од употребљеног горива**

(10<sup>9</sup> kgCO<sub>2</sub>)

	Камени угаљ	Мрки угаљ	Лигнит	Тешко уље за ложење	Укупна емисија CO <sub>2</sub> из угљева и тешког уља за ложење
ОДС 1	0	54	6	144	<b>204</b>
ОДС 2	0	8	0	11.767	<b>11.775</b>
ОДС 3	0	54	6	144	<b>204</b>
ОДС 4	1.491	64.417	90.882	12.758	<b>169.547</b>
ОДС 5	0	0	22	0	<b>22</b>
ОДС 6	0	440	6.365	29.090	<b>35.895</b>
ОДС 7	1.491	64.417	90.882	12.758	<b>169.547</b>
ОДС 8	0	1.340	18	27.858	<b>29.217</b>
ОДС 9	32.239	1.678	6.022	76.485	<b>116.424</b>

ОДС 10	183	316	7.112	21.567	<b>29.177</b>
ОДС 11	0	54	6	144	<b>204</b>
ОДС 12	253.399	1.031.909	4.350.482	973.072	<b>6.608.862</b>
ОДС 13	0	611.912	642.178	5.341	<b>1.259.430</b>
ОДС 14	0	0	0	682	<b>682</b>
ОДС 15	151	1.339	14.044	7.742	<b>23.276</b>
ОДС 16	0	1.241	36	2.814	<b>4.091</b>
ОДС 17	254	2.180	514	23.424	<b>26.372</b>

Потенцијална емисија CO<sub>2</sub> која би настала уколико би се сва потрошња горива/утрошена енергија наведена у табели 6.13 као: „укупно енергија из угљева и тешког уља за ложење” супституисала природним гасом, укупно утрошена енергија је помножена коефицијентом емисије CO<sub>2</sub> датим у табели 6.12 (KECO<sub>2</sub> у kgCO<sub>2</sub>/TJ), за природни гас и резултати су приказани у Табели 6.15.

**Табела 6.15. Процењене емисије CO<sub>2</sub> из природног гаса**

	<b>Укупно енергија из угљева и тешког уља за ложење (10<sup>3</sup>TJ)</b>	<b>Емисија CO<sub>2</sub> од природног гаса (10<sup>9</sup> kg CO<sub>2</sub>)</b>
ОДС 1	2.484,9	139,4
ОДС 2	152.106,5	8.533,2
ОДС 3	2.484,9	139,4
ОДС 4	1.750.721,7	98.215,5



ОДС 5	214,2	12,0
ОДС 6	443.437,4	24.876,8
ОДС 7	1.750.721,7	98.215,5
ОДС 8	374.050,3	20.984,2
ОДС 9	1.406.058,8	78.879,9
ОДС 10	354.274,7	19.874,8
ОДС 11	2.484,9	139,4
ОДС 12	69.062.570,1	3.874.410,2
ОДС 13	12.794.644,8	717.779,6
ОДС 14	8.807,2	494,1
ОДС 15	254.610,8	14.283,7
ОДС 16	49.625,7	2.784,0
ОДС 17	333.092,8	18.686,5

Као оцена за поређење дистрибутера у АХП моделу, употребљен је однос емисија CO<sub>2</sub> из свих угљева и тешког уља за ложење заједно и природног гаса, приказан у табели 6.16. Што је овај однос већи већи су и ефекти од могуће супституције горива природним гасом, па су оператори дистрибутивних система који послују у областима које имају већи овај однос добијали веће оцене у поређењу парова.

Табела 6.16. Однос оцењених емисија CO<sub>2</sub> за различите врсте горива

Оператор дистрибутивног система	Укупно емисија CO <sub>2</sub> угљеви+тешко уље за ложење (10 <sup>9</sup> kgCO <sub>2</sub> )	Емисија CO <sub>2</sub> из природног гаса (10 <sup>9</sup> kgCO <sub>2</sub> )	Однос емисија CO <sub>2</sub> (угљеви+ тешко уље за ложење /природни гас)
ОДС 1	204	139	1.47
ОДС 2	11.775	8.533	1.38
ОДС 3	204	139	1.47
ОДС 4	169.547	98.215	1.73
ОДС 5	22	12	1.80
ОДС 6	35.895	24.877	1.44
ОДС 7	169.547	98.215	1.73
ОДС 8	29.217	20.984	1.39
ОДС 9	116.424	78.880	1.48
ОДС 10	29.177	19.875	1.47
ОДС 11	204	139	1.47
ОДС 12	6.608.862	3.874.410	1.71
ОДС 13	1.259.430	717.780	1.75
ОДС 14	682	494	1.38
ОДС 15	23.276	14.284	1.63

ОДС 16	4.091	2.784	1.47
ОДС 17	26.372	18.687	1.41

Република Србија је регионално по нормама НУТС-а пођељена на пет статистичких региона: Војводину, Београд, Шумадију и западну Србију, Јужну и источну Србију и Косово. Ови региони су формирани по Номенклатури статистичких територијалних јединица - НУТС Европске уније и груписани су у две и више НУТС-1 јединица (RZS, 2012).

За сектор домаћинства су употребљени подаци о потрошњи домаћинства по регионима из табеле 6.17, дати у милионима.

Табела 6.17. Укупна годишња потрошња енергената у настањеним становима у физичким јединицама - у милионима (Министарство рударства и енергетике - Република Србија, 2013. година)

јединице	Камени угљ		Производи каменог угља		Укупно камени угљ и производи		Мрки угљ бrikети		Мрки угљ и производи		Lignit		Lož ulje (ekstra iako ulje za loženje)		Mazut (teško ulje za loženje)		Drvo		Drveni peleti		Drveni briketi		Drvena secka		Ukupno drvo i proizvodi		
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	l	l	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Republika Srbija	187,936,253	7,498,871	5,234,131	200,669,255	318,037,868	13,531,048	331,568,916	875,460,748	4,147,406	2,296,998	5,452,355	27,857,033	19,241,090	53,276,795	105,827,273												
Beograd	29,323,257	0	1,816,925	31,140,182	147,712,461	0	147,712,461	212,169,251	1,950,078	0	453,064	16,194,766	11,259,985	0	27,907,814												
Vojvodina	91,187,413	5,034,512	2,580,060	98,801,985	61,526,978	11,708,325	73,235,303	229,684,248	1,290,788	1,132,076	1,285,024	0	5,161,149	37,249,897	43,696,070												
Centralna i zapadna Srbija	64,279,854	2,464,360	837,146	67,581,359	50,550,146	1,822,723	52,372,869	233,226,826	0	422,868	2,173,109	8,846,407	615,621	10,531,447	22,166,584												
Juzna i istocna Srbija	3,145,729	0	0	3,145,729	58,248,284	0	58,248,284	200,380,423	906,540	742,054	1,541,158	2,815,860	2,204,335	5,495,452	12,056,805												

На основу потрошње одређене врсте горива (Табела 6.18) и њихових топлотних моћи (Табела 6.12) одређен је утршак енергије.

**Табела 6.18. Потрошња горива у домаћинствима**

Ukupno kameni ugalj i proizvodi	Mrki ugalj i proizvodi	Lignit	Lož ulje (ekstra lako ulje za loženje)	Mazut (teško ulje za loženje)	Ukupno drvo i proizvodi
kg	kg	kg	l	kg	kg
200,669,255	331,568,916	875,460,748	4,147,406	2,274,028	105,827,273
31,140,182	147,712,461	212,169,251	1,950,078	0	27,907,814
98,801,985	73,235,303	229,684,248	1,290,788	1,120,756	43,696,070
67,581,359	52,372,869	233,226,826	0	418,639	22,166,584
3,145,729	58,248,284	200,380,423	906,540	734,633	12,056,805

За сваки од региона је одређен однос процењених емисија CO<sub>2</sub> из различитих врста горива, на начин као што је одређен и за индустрију, и добијени су коефицијенти за однос количина емитованог CO<sub>2</sub> из угљева (камени угаљ и производ, мрки угаљ и производи, лигнит), екстра лаког уља за ложење, тешког уља за ложење, дрвета (заједно са дрвеним пелетима, дрвеним брикетима и дрвеном сечком) и природног гаса.

Доња топлотна моћ горива која је употребљена је преузета из Табеле 6.12.

За дрвени пелет, дрвене брикете и дрвену сечку су употребљени подаци за дрво, из Табеле 6.12.

Тако је добијена потрошена енергија у ТЈ исказана у табели 6.19, одређена на основу потрошње одређеног горива дате у Табели 6.18 и топлотне моћи горива дате у табели 6.12, која по регионима износи :

**Табела 6.19. Утрошена енергија у домаћинствима, по регионима**

Укупно камени угаљ и производи TJ/kg	Мрки угаљ и производи TJ/kg	Lignit TJ/kg	Лоџ уље (екстра лако уље за ложење) TJ/l	Мазут (тешко уље за ложење) TJ/kg	Укупно дрво и производи GJ/kg	укупно енергија
25.8	18.9	11.9	0.0000374	40.4	15.6	угаљ, мазут, дрво, пелет
енергија у TJ	енергија у TJ	енергија у TJ	енергија у TJ	енергија у TJ	енергија у TJ	енергија у TJ
5,177,266,783	6,266,652,516	10,417,982,898	155	91,870,716	1,650,905,462	23,604,678,530
803,416,696	2,791,765,504	2,524,814,091	73	0	435,361,904	6,555,358,269
2,549,091,206	1,384,147,226	2,733,242,549	48	45,278,523	681,658,692	7,393,418,244
1,743,599,060	989,847,222	2,775,399,224	0	16,913,017	345,798,703	5,871,557,227
81,159,820	1,100,892,564	2,384,527,034	34	29,679,176	188,086,163	3,784,344,791

Када је утрошена енергија за сваки тип горива помножена са одговарајућим коефицијентом емисије CO<sub>2</sub> датим у табели 6.12 (KECO<sub>2</sub> у kgCO<sub>2</sub>/TJ), добијене су процењене емисије CO<sub>2</sub> у зависности од употребљеног горива, приказане у Табели 6.20.

**Табела 6.20 Процењене емисије CO<sub>2</sub> у зависности од употребљеног горива**

	камени угаљ	мрки угаљ	лигнит	тешко уље за ложење	дрво	екстра лако уље за ложење	укупна емисија (угаљ, уље за ложење, дрво)
Република Србија	489,769	602,225	1,052,216	7,111	184,901	0.011	2,336,223
Београд	76,003	268,289	255,006	0	48,761	0.005	648,059
Војводина	241,144	133,017	276,057	3,505	76,346	0.004	730,068
Централна и западна Србија	164,944	95,124	280,315	1,309	38,729	0.000	580,423
Јужна и источна Србија	7,678	105,796	240,837	2,297	21,066	0.003	377,674

Потенцијална емисија CO<sub>2</sub> која би настала уколико би се сва потрошња горива наведена у табели 6.17 супституисала природним гасом, је одређена тако што је укупно утрошена енергија помножена коефицијентом емисије CO<sub>2</sub> датим у табели 6.12 (KECO<sub>2</sub> у kgCO<sub>2</sub>/TJ), за природни гас и резултати су приказани у Табели 6.21.

**Табела 6.21** Процењене емисије CO<sub>2</sub> из природног гаса

	Укупна енергија (угаљ, уље за ложење, дрво) у TJ	Емисија CO <sub>2</sub> (kg) природног гаса
Република Србија	23,604,678,530	1,324,222
Београд	6,555,358,269	367,756
Војводина	7,393,418,244	414,771
Централна и западна Србија	5,871,557,227	329,394
Јужна и источна Србија	3,784,344,791	212,302

Као оцена за поређење дистрибутера у софтверу Expert choice, употребљен је однос емисија CO<sub>2</sub> из свих врста угља, уља за ложење, дрвета и производа од дрвета заједно и природног гаса, приказан у табели 6.22.

**Табела 6.22.** Однос оцењених емисија CO<sub>2</sub> за различите врсте горива

	Природни гас емисија	Укупна емисија (угаљ, уље за ложење, дрво)	однос остала горива/природни гас
Република Србија	1,324,222	2,336,223	1.7642
Београд	367,756	648,059	1.7622
Војводина	414,771	730,068	1.7602
Централна и западна Србија	329,394	580,423	1.7621
Јужна и источна Србија	212,302	377,674	1.7789

У зависности од припадности подручја на којем одређени дистрибутер обавља своју делатност одређеном региону, дистрибутерима су као оцене додељивани коефицијенти, који представљају однос количина оцењених емисија CO<sub>2</sub> из угља, лож уља, дрвета и пелета у односу на оцењену емисију CO<sub>2</sub> из природног гаса, приказани у табели 6.23.

Табела 6.23 Оцене дистрибутера према потенцијалу за смањење емисија CO<sub>2</sub>

Дистрибутер	Оцена потенцијала за смањење емисија CO <sub>2</sub>
ОДС 1	1,7602
ОДС 2	1,7621
ОДС 3	1,7602
ОДС 4	1,7602
ОДС 5	1,7602
ОДС 6	1,7621
ОДС 7	1,7602
ОДС 8	1,7602
ОДС 9	1,7602
ОДС 10	1,7602
ОДС 11	1,7602
ОДС 12	1,7642
ОДС 13	1,7621
ОДС 14	1,7602
ОДС 15	1,7621
ОДС 16	1,7602
ОДС 17	1,7621



Ове оцене су унете у матрице за поређење парова у АХП моделу.

## **6.12. Закључак о утицају обављања делатности дистрибуције на животну средину**

Ради смањења губитака на гасоводима и последично смањења потенцијалних емисија метана, потребно је увести обавезан мониторинг цевовода, било доношењем Правилника о одржавању гасовода који предвиђа редовно обилажење гасовода и детекцију цурења, што је у надлежности Министарства за енергетику, било Правилима о квалитету испоруке и снабдевања природним гасом и електричном енергијом што је у надлежности Агенције за енергетику.

Пожељно би било и да се размотри могућност прикупљања података о уоченом неовлашћено преузетом гасу, роковима баждарења мерних уређаја и прегледу трасе гасовода гасним детекторима ради уочавања цурења.

Такође је приликом сваке анализе губитака потребно имати и информације о финансијским могућностима конкретног дистрибутера о могућностима да инвестирају у гасоводе односно мераче и колики су им пословни губици због непризнатих губитака да би се донео закључак о могућим даљима активностима.

Начелно гледано, постоје још увек значајне недоумице око којих се воде дебате везане за оцену емисија гасова са ефектом стаклене баште насталих током животног циклуса природног гаса а саме процењене вредности варирају у значајном опсегу. То указује на потребу за даљим истраживањима у овој области.

Употреба података о губицима као мери емисија метана се у овом тренутку, са постојећим нивоом тачности података које дистрибутери природног гаса достављају Агенцији за енергетику, у Србији не може сматрати сасвим оправданом.

Међутим, како предмет истраживања није тачна квантификација емисија метана, односно утврђивање тачне количине емисија метана из делатности дистрибуције природног гаса, већ поређење дистрибутера природног гаса у Србији у смислу њиховог

утицаја на животну средину, подаци о губицима се могу сматрати за меродавне за њихову компарацију као мера потенцијалних емисија метана и у том смислу као мера потенцијала за негативан утицај на животну средину.

У истраживању је уважена чињеница да пријављени губици у себи садрже и друге компоненте осим истицања гаса, али доступност података и њихова суштина (да се све компоненте које сачињавају губитке могу сматрати за негативне карактеристике дистрибутера у односу на дистрибутере који немају губитке) оправдавају овај критеријум за оцену афикасности дистрибутера у Србији.

У прилог примени података о губицима за потребе компарације дистрибутера у смислу утицаја на животну средину када се анализирају потенцијалне емисије метана, иде и чињеница да од анализираних 17 дистрибутера, њих 7 не пријављује губитке гаса, те се може сматрати да су њихови губици и последично потенцијалне емисије метана једанке нули.

У складу са овим закључком је и навод у литератури (U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, 2015) да се “добити у гасу” односно негативне вредности губитака изједначавају са нулом, што је и претпоставка наведена у овом истраживању.

Употреба података о губицима се може унапредити уколико би се специфични узроци губитака боље идентификовали и мерили или утврђивали.

Начин на који би се агрегирани податак о губицима могао декомпоновати ради боље примене сваке од компоненти које чине губитке је приказан у студији која је урађена за потребе Америчке Асоцијације за Гас за утврђивање емисија гасова са ефектом стаклене баште из дистрибутивних система на основу података о губицима уз уважавање тачности мерења и фугитивних емисија у зависности од протока (Innovative Environmental Solutions, 2008).

Уредба о условима за испоруку природног гаса (Uredba o uslovima za isporuku prirodnog gasa, 2006) би требала да уреди и питање обрачунског периода чима би се смањиле разлике које настају у неједновременом читавању на излазима са транспортног система (улази у дистрибутивне система) и излазима са дистрибутивних система.

У даљим истраживањима би се за потребе прецизније оцене утицаја обављања делатности дистрибуције природног гаса у Србији, требало размотрити да се подаци о губицима воде на начин да се омогући и увид у њихове узроке, како би се евентуално тачност мерења или неједновременост читавања могле елиминисати из процене количина природног гаса за које се сматра да су истекле из цевовода.

Израчунети односи оцењених емисија CO<sub>2</sub> несумњиво указују да се гасификацијом индустрије и домаћинства доприноси смањењу емисија CO<sub>2</sub>, било да се она директно супституише или се смањује потрошња електричне енергије, произведене првенствено сагоревањем угља. Колико ће смањење бити зависи од тренутне структуре и потрошње енергената у појединим регионима. При томе треба имати у виду да највећа потрошња енергије не значи и највеће смањење емисије, тј. да ови односи захтевају прорачуне који показују супституцију којег горива би дала најповољније ефекте.

Овом анализом нису обухваћени остали производи сагоревања као што су SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и честице чађи и пепела што представља могућност за додатна истраживања и додатне аргументе у прилог позитивним ефектима употребе природног гаса.

## 7. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

У примени софтвера expert choice и АХП методологије, први корак је био дефинисање проблема и структурирање процеса доношења одлуке одозго на доле, како би се дефинисао модел за одлучивање.

Ситуација у Србији је анализирана за операторе дистрибутивних система који поседују лиценцу за обављање ове делатности, тј. то значи да су сви анализирани енергетски субјекти морали да имају барем 7 запослених јер је то захтев из Правилника о издавању лиценци (Правилник о лиценци за обављање енергетске делатности и сертификацији, 2015).

У Србији делатност дистрибуције природног гаса обавља 33 оператора дистрибутивних система. Већина ових компанија је основана од стране локалне самоуправе, чиме је дефинисана и територија на којој дистрибуирају гас- територија општине или града који су им и оснивачи.

Разлог за овакву ситуацију у смислу уситњености обављања ове делатности се може пронаћи првенствено у историјском развоју дистрибутивних мрежа у Србији. Како се гасификација развијала, првенствено у северном делу земље, дистрибутивне компаније су осниване како би обављале дистрибуцију гаса која је у то време била комунална делатност. Оваква стратегија у гасификацији насељених места је довео до тога да свака општина има своје дистрибутивно предузеће за обављање комуналних делатности (вода, одпад, топлота) и дистрибуцију природног гаса.

Иако у протеклом периоду није било економије обима у обављању делатности дистрибуције природног гаса код већине ОДС-ова, није дошло до спајања ових компанија како би се њихов статус у погледу економије обима побољшао евентуалним спајањем.

Оператори дистрибутивних система у Србији обављају делатност на дистрибутивним гасоводним мрежама чија дужина варира од 20 km до 7 500 km, а број места испоруке је у опсегу од 34 до 82 000. У претходном периоду је дошло само до спајања једне мале дистрибутивне компаније и највеће, што није променило слику у смислу фрагментираности обављања ове делатности у Србији. Мада, и даље се оснива понека нова и мала дистрибутивна компанија, са веома ниским степеном искоришћености својих капацитета, према подацима који се достављају Агенцији за енергетику о коришћењу капацитета гасовода.

Називи оператора дистрибутивних система су у облику „ОДС 1“, „ОДС 2“ итд., због питања поверљивости података и због тога што је за анализу и примењену методологију ирелевантно ком оператору дистрибутивног система припадају одређени подаци. Подаци су прикупљени путем стандардизованих образаца који се користе за редовно извештавање Агенције за енергетику Републике Србије (АЕРС) (Табеле инфо правила, 2015). Финансијски и технички подаци употребљени у анализи су преузети из базе података АЕРС и односе се на 2012 годину и били су расположиви за 17 од 34 ОДС-а. Распоживост тачних података је ограничила величину узорка.

Први корак који је примењен у истраживању је био дефинисање проблема који треба решити вишекритеријумском анализом- одабир стратегије који дистрибутивни систем даље развијати.

Други корак је био структурирање хијерархије за доношење одлуке тј. критеријума од којих елементи нижих нивоа зависе. На овај начин су одабрани елементи за поређење:

- број запослених у односу на испоручене количине природног гаса,
- број становника по km<sup>2</sup> дистрибутивне области (густина потрошње),
- испоручене количине у односу на дужину мреже,
- техничка ефикасност одређена применом ДЕА методологије,
- утицај на животну средину,
  - губици на дистрибутивним системима,
  - фугитивне емисије на дистрибутивним системима,
  - ефекти супституције горива природним гасом у сектору индустрије,
  - ефекти супституције горива природним гасом у сектору домаћинства,
- повећање испоручених количина путем,
  - повећања дужине мреже,
  - повећања броја купаца.

Како би се задовољиле препоруке у вези дефинисања модела које се односе на дефинисање кластера, одабрани су елементи које је могуће међусобно поредити а узете су у обзир и препоруке о њиховом броју.

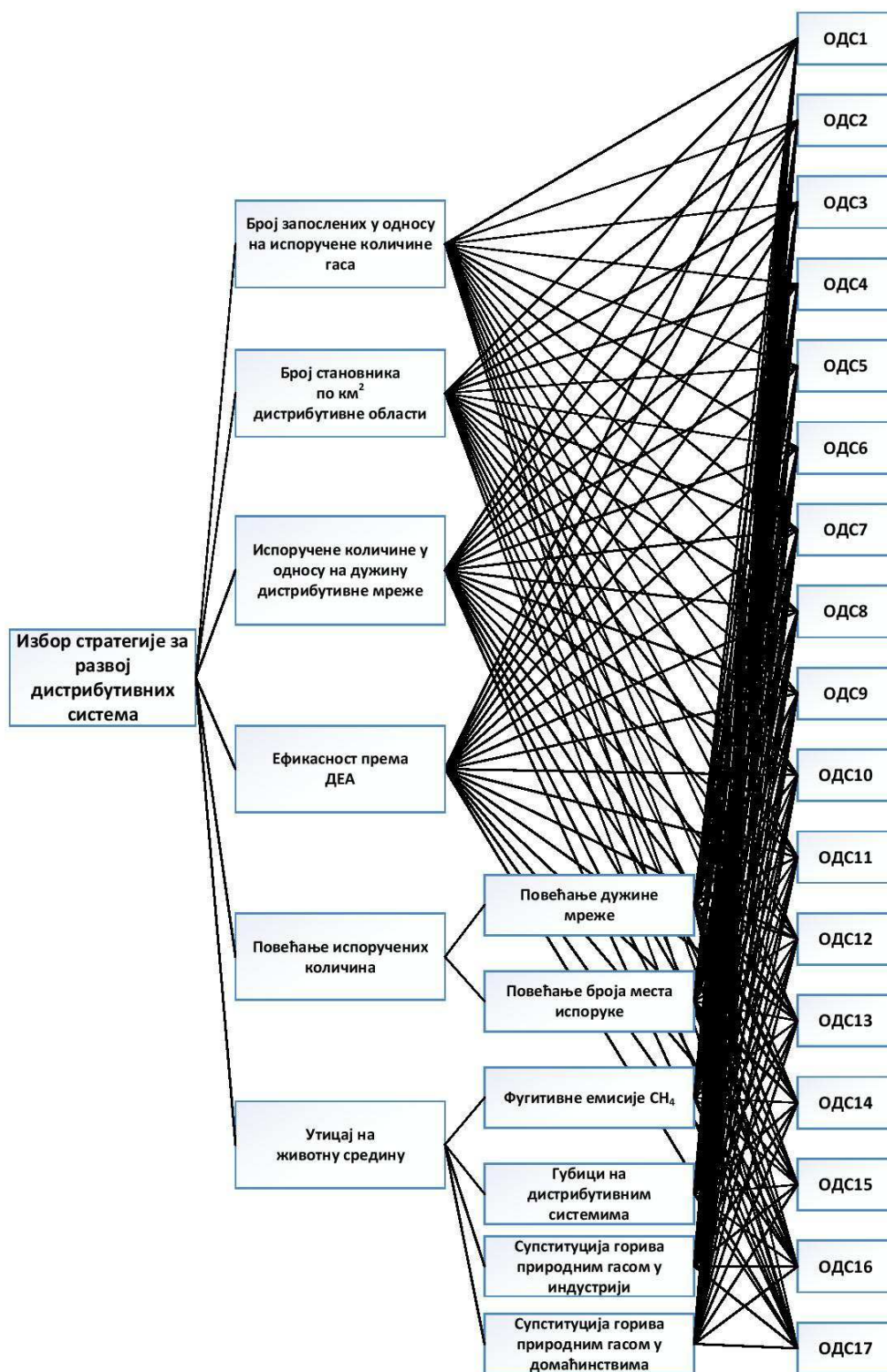
Како је један од циљева хијерархијске структуре да се раздвоје важни од мање важних елемената, одабрано је 6 елемената (критеријума) који су оцењени као елементи истог приоритета а у оквиру елемента (критеријума) повећање испоручених количина, као елементи нижег хијерархијског нивоа дефинисани су елементи повећање дужине мреже и повећање броја купаца. У оквиру критеријума утицај на животну средину, као критеријуми нижег ранга дефинисани су губици на дистрибутивним системима, фугитивне емисије на дистрибутивним системима, ефекти супституције горива природним гасом у сектору индустрије и ефекти супституције горива природним гасом у сектору домаћинства.

Трећи корак је био да се дефинишу матрице за поређење парова, за сваки од критеријума.

Сprovedено је поређење парова вредности које одсликавају пословање оператора дистрибутивних система у смислу њиховог значаја, тако што су за одређене карактеристике употребљене физичке величине из праксе а за нека поређења су употребљене величине које су добијене рачунским операцијама од физичких величина из праксе.

Нумеричке вредности ових физичких карактеристика су унете у модел за поређење парова. Процене су спроведене за релативне вредности или количиник  $a/b$  две вредности истих називних јединица ( $m^3$ , метри,  $km^2$  итд).

Слика 7.1 Структура модела за одлучивање и управљање дистрибутивним системима



## 7.1. Број запослених у односу на испоручене количине

За први критеријум (број запослених у односу на испоручене количине природног гаса), постоје неке препоруке у литератури, на основу анализа спроведених на Институту Хрвоје Пожар (Вулама, Матић, 1999). Према њиховим анализама оптимум за дистрибутивни сектор у Хрватској је један запослени на 1 до 1,5 милиона м<sup>3</sup> испорученог природног гаса.

Уколико се уважи овај критеријум, увидом у податке приказане у Табели 7.1 види се да само један ОДС (ОДС 12) задовољава овај критеријум, односно испоручује количине веће од препоручених у односу на број запослених (1-1.5 милион м<sup>3</sup> по запосленом).

**Табела 7.1 Препоручене и остварене испоруке природног гаса (м<sup>3</sup>)**

	<b>Остварена испорука природног гаса</b>	<b>Препоручена испорука природног гаса</b>
ОДС 1	2.761	14.700
ОДС 2	2.557	33.300
ОДС 3	1.301	12.000
ОДС 4	2.645	18.000
ОДС 5	28.812	81.450
ОДС 6	3.873	21.900
ОДС 7	8.063	19.050
ОДС 8	7.418	25.200
ОДС 9	16.187	47.250
ОДС 10	9.808	31.500



ОДС 11	2.095	14.250
ОДС 12	1.064.355	718.500
ОДС 13	1.943	21.600
ОДС 14	8.979	14.400
ОДС 15	296	9.600
ОДС 16	11.428	18.375
ОДС 17	3.350	17.550

За оцену у АХП моделу употребљене су стварно реализовна физичке величине односа испоручених количина и броја запослених и њихови међусобни релативни односи су унети у матрице за поређење парова.

На овај начин су одређене релетивне преференце алтернатива (ОДС1...ОДС17) у погледу овог критеријума, као што је приказано у Табели 7.2.

**Табела 7.2 Релативне оцене алтернатива у погледу критеријума однос броја запослених и испоручених количина**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 2	2.45															
ОДС 3	1.73	1.41														
ОДС 4	1.28	1.91	1.36													
ОДС 5	1.88	4.61	3.26	2.41												
ОДС 6	1.06	2.30	1.63	1.20	2.00											
ОДС 7	2.25	5.51	3.90	2.88	1.20	2.39										
ОДС 8	1.57	3.83	2.72	2.00	1.20	1.66	1.44									
ОДС 9	1.82	4.46	3.16	2.33	1.03	1.94	1.24	1.16								
ОДС 10	1.66	4.05	2.87	2.12	1.14	1.76	1.36	1.06	1.10							
ОДС 11	1.28	1.91	1.36	1.00	2.41	1.20	2.88	2.00	2.33	2.12						
ОДС 12	7.89	19.29	13.66	10.08	4.19	8.38	3.50	5.03	4.32	4.76	10.08					
ОДС 13	2.09	1.17	1.21	1.63	3.93	1.97	4.71	3.27	3.81	3.46	1.63	16.47				
ОДС 14	3.32	8.12	5.75	4.24	1.76	3.53	1.47	2.12	1.82	2.00	4.24	2.38	6.93			
ОДС 15	6.10	2.49	3.52	4.77	11.49	5.75	13.75	9.56	11.13	10.12	4.78	48.13	2.92	20.26		
ОДС 16	3.31	8.10	5.74	4.23	1.76	3.52	1.47	2.11	1.82	2.00	4.23	2.38	6.91	1.00	20.20	
ОДС 17	1.02	2.49	1.76	1.30	1.85	1.08	2.22	1.54	1.79	1.63	1.30	7.76	2.12	3.27	6.20	3.26



**Слика 7.2 Приказ нумеричке скале за поређење алтернатива**

## 7.2. Густина потрошње

Још један од важних критеријума за компаративну анализу оператора дистрибутивних система је податак о величини територије на којој одређени ОДС обавља своју делатност, и број становника у тој области којим дати ОДС треба да испоручује природни гас.

У зависности од броја становника и величине дистрибутивног подручја рачуна се густина потрошње као однос ове две величине и користи се као критеријум за гасификацију. Овај податак се такође може показати као користан у поступку доношења одлуке о спајањима дистрибутивних компанија уколико се посматра да ли се спајањем овај параметар поправља. Осим што је пожељно да дистрибутивно подручје буде што је веће могуће, то није довољан предуслов. Уколико је дистрибутивно подручје велико, а број потенцијалних потрошача мали, та област није погодна за гасификацију јер трошкови изградње дистрибутивне мреже могу значајно да надмаше приходе од испоруке природног гаса.

Други критеријум, густина потрошње је анализирана у може се уочити да код 5 ОДС-а има вредност изнад 100 а за 3 ОДС-а између 90 и 100, као што је приказано у табели 7.3. Разматрајући наведене податке може се препоручити да се при евентуалној анализи погодности одређених дистрибутивних система за спајање може уважити вредност 100 као меродавна.

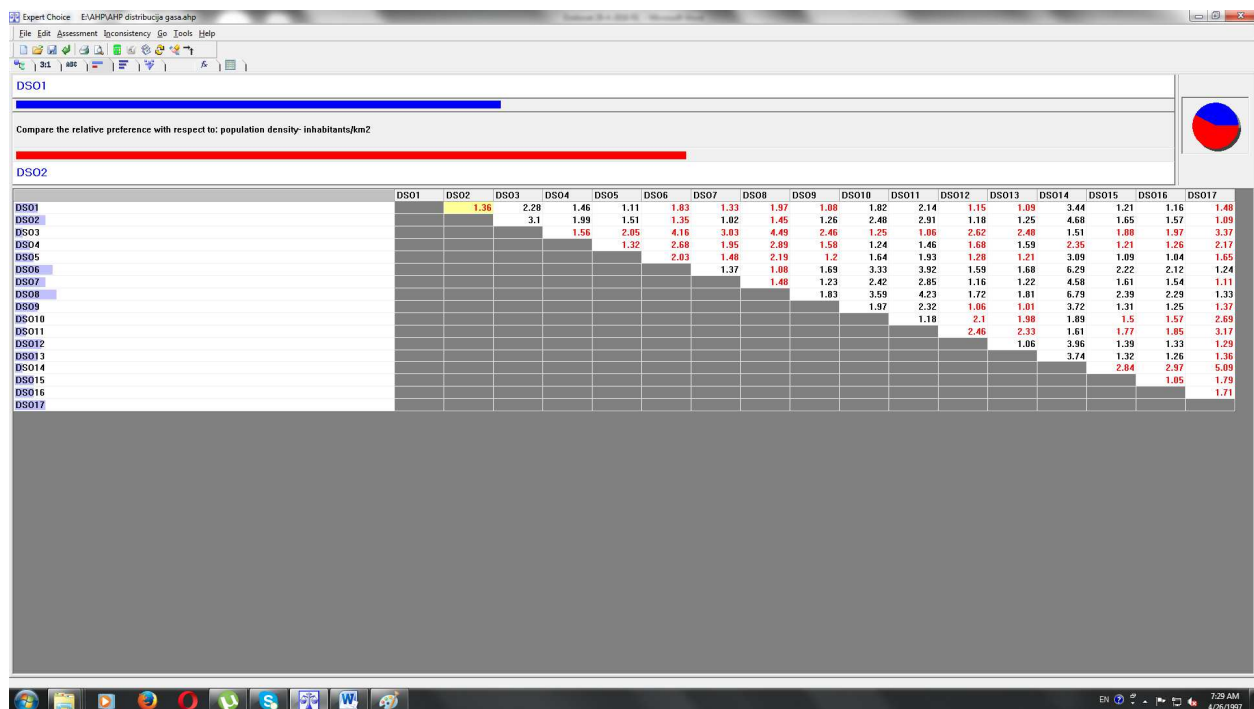
**Табела 7.3 Густина потрошње**

	<b>Број становника</b>	<b>Дистрибутивна област у km<sup>2</sup></b>	<b>Густина потрошње</b>
ОДС 1	40.987	487	84
ОДС 2	27.332	239	114
ОДС 3	11.269	305	37
ОДС 4	16.317	284	57
ОДС 5	139.739	1.847	76
ОДС 6	122.320	795	154
ОДС 7	42.092	376	112
ОДС 8	28.227	170	166
ОДС 9	58.754	646	91
ОДС 10	33.722	730	46
ОДС 11	23.925	609	39
ОДС 12	7.498.001	77.474	97
ОДС 13	33.136	362	92
ОДС 14	14.573	596	24
ОДС 15	29.638	427	69
ОДС 16	85.569	1.178	73
ОДС 17	83.022	667	124

У реализацији процена на основу овог критеријума употребљене су тачне физичке вредности на основу којих је израчуната густина потрошње (број становника по km<sup>2</sup> дистрибутивне области) на основу које су парови упоређени, као што је приказано у Табели 7.4.

**Табела 7.4 Поређење алтернатива у погледу густине потрошње**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 2	1.36															
ОДС 3	2.28	3.10														
ОДС 4	1.46	1.99	1.56													
ОДС 5	1.11	1.51	2.05	1.32												
ОДС 6	1.83	1.35	4.16	2.68	2.03											
ОДС 7	1.33	1.02	3.03	1.95	1.48	1.37										
ОДС 8	1.97	1.45	4.49	2.89	2.19	1.08	1.48									
ОДС 9	1.08	1.26	2.46	1.58	1.20	1.69	1.23	1.83								
ОДС 10	1.82	2.48	1.25	1.24	1.64	3.33	2.42	3.59	1.97							
ОДС 11	2.14	2.91	1.06	1.46	1.93	3.92	2.85	4.23	2.32	1.18						
ОДС 12	1.15	1.18	2.62	1.68	1.28	1.59	1.16	1.72	1.06	2.10	2.46					
ОДС 13	1.09	1.25	2.48	1.59	1.21	1.68	1.22	1.81	1.01	1.98	2.33	1.06				
ОДС 14	3.44	4.68	1.51	2.35	3.09	6.29	4.58	6.79	3.72	1.89	1.61	3.96	3.74			
ОДС 15	1.21	1.65	1.88	1.21	1.09	2.22	1.61	2.39	1.31	1.50	1.77	1.39	1.32	2.84		
ОДС 16	1.16	1.57	1.97	1.26	1.04	2.12	1.54	2.29	1.25	1.57	1.85	1.33	1.26	2.97	1.05	
ОДС 17	1.48	1.09	3.37	2.17	1.65	1.24	1.11	1.33	1.37	2.69	3.17	1.29	1.36	5.09	1.79	1.71



Слика 7.3 Графичко поређење алтернатива

### 7.3. Испоручене количине по дужини мреже

Трећи критеријум, испоручене количине у односу на дужину мреже, према техно-економским анализама спроведеним на Институту Хрвоје Пожар, не би требале бити мање од  $60 \text{ m}^3/\text{m}^3$  (Вулама, Матић 1999).

Када се посматрају подаци дати у табели 7.5 уочава се да само 2 ОДС-а задовољавају овај критеријум од  $60 \text{ m}^3/\text{m}^3$  мреже. И за поређења у односу на овај критеријум су употребљене тачне физичке вредности које су ОДС-ови реализовали.

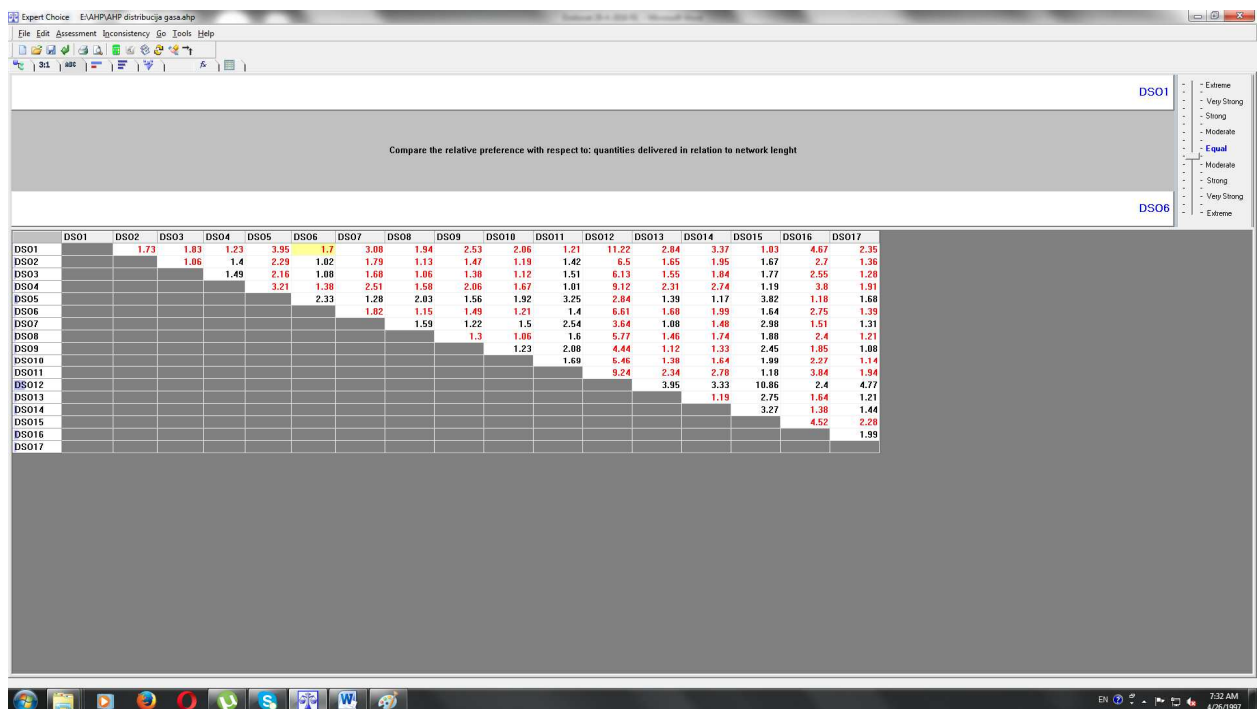
**Табела 7.5 Однос испоручених количина природног гаса и дужине мреже**

	Испоручене количине	Дужина мреже	Однос количина/дужина мреже
ОДС 1	2.761	14.700	14
ОДС 2	2.557	33.300	25
ОДС 3	1.301	12.000	26
ОДС 4	2.645	18.000	18
ОДС 5	28.812	81.450	57
ОДС 6	3.873	21.900	24
ОДС 7	8.063	19.050	44
ОДС 8	7.418	25.200	28
ОДС 9	16.187	47.250	36
ОДС 10	9.808	31.500	29
ОДС 11	2.095	14.250	17
ОДС 12	1.064.355	718.500	161
ОДС 13	1.943	21.600	41
ОДС 14	8.979	14.400	48
ОДС 15	296	9.600	15
ОДС 16	11.428	18.375	67
ОДС 17	3.350	17.550	34

Израчунати односи испоручених количина и дужине мреже су употребљени за поређење парова, као што је приказано у Табели 7.6.

**Табела 7.6 Поређење алтернатива у погледу односа испоручених количина и дужине дистрибутивне мреже**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 2	1.73															
ОДС 3	1.83	1.06														
ОДС 4	1.23	1.40	1.49													
ОДС 5	3.95	2.29	2.16	3.21												
ОДС 6	1.70	1.02	1.08	1.38	2.33											
ОДС 7	3.08	1.79	1.68	2.51	1.28	1.82										
ОДС 8	1.94	1.13	1.06	1.58	2.03	1.15	1.59									
ОДС 9	2.53	1.47	1.38	2.06	1.56	1.49	1.22	1.30								
ОДС 10	2.06	1.19	1.12	1.67	1.92	1.21	1.50	1.06	1.23							
ОДС 11	1.21	1.42	1.51	1.01	3.25	1.40	2.54	1.60	2.08	1.69						
ОДС 12	11.22	6.50	6.13	9.12	2.84	6.61	3.64	5.77	4.44	5.46	9.24					
ОДС 13	2.84	1.65	1.55	2.31	1.39	1.68	1.08	1.46	1.12	1.38	2.34	3.95				
ОДС 14	3.37	1.95	1.84	2.74	1.17	1.99	1.09	1.74	1.33	1.64	2.78	3.33	1.19			
ОДС 15	1.03	1.67	1.77	1.19	3.82	1.64	2.98	1.88	2.45	1.99	1.18	10.86	2.75	3.27		
ОДС 16	4.67	2.70	2.55	3.80	1.18	2.75	1.51	2.40	1.85	2.27	3.84	2.40	1.64	1.38	4.52	
ОДС 17	2.35	1.36	1.28	1.91	1.68	1.39	1.31	1.21	1.08	1.14	1.94	4.77	1.21	1.44	2.28	1.99



**Слика 7.4 Поређење алтернатива на вербалној скали**



## 7.4. Оцена техничке ефикасности применом ДЕА методологије

Четврти критеријум који је примењен је оцена техничке ефикасности утврђена применом ДЕА методологије.

Да би се дефинисао модел који ће бити примењен у ДЕА методологији размотрено је неколико опција.

Приликом одабира погодног модела за оцену техничке ефикасности, у првој итерацији је разматрано 5 могућих модела у зависности од улазних и излазних варијабли које су примењиване.

Такође је уважено да дистрибутивне компаније у ограниченој мери могу да утичу на количине које испоручују, јер су према прописима који су на снази, обавезни да прикључују и снабдевају купце који за тим изразе жељу (Закон о јавним предузећим, 2004). Стога се може закључити да постоји већа могућност дистрибутивних компанија да утичу на своје улазне варијабле него на излазне како би унапредиле своју ефикасност (Erturk, Turut-Asik, 2011).

У истраживању је примењена ДЕА, непараметарска метода како би се избегле могуће грешке до којих долази применом параметарских метода које захтевају увођење одређених претпоставки у вези технологије која је у питању.

### 7.4.1. Опис узорка- оператори дистрибутивних система у Србији

Финансијски подаци који су примењени у овој анализи су преузете из базе података АЕРС, односе се на 2012 годину и били су расположиви за 17 од 34 оператора дистрибутивних система чиме је била ограничена величина узорка.

Повећање дужине дистрибутивне мреже у Србији, за период 2011-2014 приказан је у Табели 7.7, указује на умерен развој дистрибутивних мрежа, односно оператори дистрибутивних система нису значајније варирали ову варијаблу. Када се посматрају

подаци о броју места испоруке у периоду за исти период, види се мало повећање броја места испоруке на који утиче тренд да се купци одјављују са дистрибутивних система или користе друге изворе енергије- употребљавају електричну енергију за грејање, првенствено у домаћинствима.

**Табела 7.7 Подаци о дистрибутивним системима за период 2011-2014**

година		2011	2012	2013	2014
Дужина мреже (km)	km	14.628	15.348	15.839	16.363
	% повећања у односу на претходну годину	2,3	4,9	3,2	3,3
Места испоруке	број	257.145	258.971	261.015	261.203
	% повећања у односу на претходну годину	2	0.7	0.8	0.1

Количине природног гаса које испоручују оператори дистрибутивних система у Србији су такође веома фрагментиране. На пример, највећи оператор дистрибутивних система у Србији, у 2014 је испоручио 84% од укупно испоручених количина, други по величини је испоручио 2,9%, трећи 2,1% а остали чак и мање.

Узорак на којем су спроведене анализе показује велику хетерогеност по свим параметрима, јер укључује и велике и мале компаније.

Количине природног гаса које испоручује 17 ОДС-ова који су анализирани чине 88% свих количина које су испоручили сви дистрибутери у Србији у 2012. А број места испоруке који је предмет обраде представља 53% од укупног броја места испоруке у 2012.

Репрезентативност узорка може бити упитна када се посматра број компанија које сачињавају узорак, али како је делатност дистрибуције природног гаса веома фрагментирана овај узорак се сматра за репрезентативан и укључује и велика и мале компаније, и старе и нове.

## 7.4.2. Дескриптивна статистика

У Табели 7.8 су приказани резултати неких од основних статистичких анализа који указују на велику варијабилност величине дистрибуција.

Овај закључак се изводи на основу резултата коефицијента варијабилности који се рачуна као однос стандардне девијације и средње вредности. Резултати показују да је стандардна девијација 2,45 до 3,7 пута већа од средње вредности за сваку од посматраних варијабли. Осим тога, израчунат је и коефицијент корелације за сваку од могућих излазних варијабли и оперативних трошкова. Резултат је у свим случајевима близу 1 што указује на висок степен корелације наведених излазних варијабли и оперативних трошкова.

**Табела 7.8 Дескриптивна статистика**

	стандардна девијација	средња вредност	коефицијент варијабилности	корелација
Број места испоруке	19.693	8.028	2,45	0,984
Испоручене количине (000 m <sup>3</sup> )	256.533	69.247	3,70	0,999
Дужина мреже (m)	1.567.053	567.044	2,76	1

Резултати оцене техничке ефикасности методологијом ДЕА, само приказују да ли компанија послује на оптималном нивоу или не, али не даје информацију да ли се

налази на делу криве ефикасности који се приближава оптималном положају или се удаљава од њега.

У истраживању је анализирана техничка ефикасност која даје одговор на постављену хипотезу да оператори дистрибутивних система не послују ефикасно, и даје прецизне информације о њиховој ефикасности/неефикасности и који оператори дистрибутивних система би требали да унапреде своју ефикасност.

У табели 7.9 и 7.10 су приказани могући модели и њихове улазне односно излазне варијабле.

**Табела 7.9 Модели 1,2,3**

<b>Варијабле</b>	<b>Модел 1</b>	<b>Модел 2</b>	<b>Модел 3</b>
Укупни оперативни трошкови увећани за трошкове за надокнаду губитака	Улазна	Улазна	Улазна
Укупан број места испоруке	Излазна		Излазна
Укупна испорука са мреже m <sup>3</sup> (годишње)	Излазна	Излазна	

Пре одлучивања да се анализа ради са једноставнијим моделом, са малим бројем улазних и излазних варијабли, спроведене су анализе комплекснијих модела у смислу да је укупна испорука са система подељена на испоруку за домаћинства и испоруку за остале потрошаче (индустрију), да је број места испоруке посматран као број места испоруке за домаћинства и број места испоруке за остале.

Анализе су рађене на основу података за 2012. годину.

**Табела 7.10 Модели 4,5**

Варијабле	Модел 4	Модел 5
Укупни оперативни трошкови увећани за трошкове за надокнаду губитака	Улазна	Улазна
Број места испоруке за домаћинства	Излазна	
Број места испоруке за индустрију	Излазна	
Испорука за домаћинства m <sup>3</sup> (годишње)		Излазна
Испорука за индустрију m <sup>3</sup> (годишње)		Излазна

Резултати ДЕА анализе техничке ефикасности према моделима 2,3,4,5 су приказани у табели 7.11.

**Табела 7.11 Техничка ефикасност оцењена помоћу ДЕА, по моделима 2,3,4,5**

модел 3	0.27	1.00	0.51	0.62	1.00	0.60	0.18	1.00	0.58	0.54	0.79	1.00	0.10	0.11	0.16	0.24	0.07
модел 4	0.63	1.00	0.52	0.62	1.00	0.60	0.21	1.00	1.00	0.54	1.00	1.00	0.10	0.34	0.16	0.99	0.07
модел 2	0.07	1.00	0.11	0.08	0.33	0.18	0.33	0.23	0.32	0.38	0.09	1.00	0.10	0.39	0.16	0.58	0.12
модел 5	0.25	1.00	0.11	0.22	1.00	1.00	0.44	1.00	0.65	0.62	0.31	1.00	0.10	0.40	0.16	0.66	0.20

Израчунате су стандардне девијације за ове моделе и приказане у табели 7.12.

**Табела 7.12 Стандардне девијације техничке ефикасности, по моделима**

	Стандардна девијација
Модел 3	0,338461
Модел 4	0,346520
Модел 2	0,282648
Модел 5	0,342129

Упоређени су модели 2 и 5 јер модел 2 подразумева обједињена сва места испоруке као једну варијаблу а модел 5 поделу места испоруке на домаћинства и индустрију као две излазне варијабле, и модели 3 и 4 јер модел 3 подразумева обједињену испоруку са система за све кориснике као једну излазну варијаблу а модел 4 поделу испоручених количина за домаћинства и остале као две варијабле.

Како су стандардне девијације модела 2 и 5 мање, закључак је да се ради са обједињеним местима испоруке а не подељено на домаћинства и остале како у погледу количина тако и у погледу броја места испоруке јер су у обе варијанте стандардне девијације мање за модел 2 у односу на модел 5 и за модел 3 у односу на 4.

Због наведених резултата, одлучено је да се у даљој анализи ДЕА модела користе модели 1,2,3, под претпоставком варијабилног поврата на обим (Variable Return on Scale).

Након што су одабрани модели, урађена је анализа ефикасности применом ДЕА методологије за моделе 1, 2, 3 на подацима из 2012. године да би се проценило који је од ова три модела најприхватљивији за примену у коначној оцени према АХП методологији.

За сва три модела улазна варијабла која је одабрана су укупни оперативни трошкови увећани за трошкове набавке гаса за надокнаду губитака. Ове информације су прикупљене од оператора дистрибутивних система у поступку редовног извештавања АЕРС путем табела инфо правила.

Излазне варијабле првог модела су и број места испоруке и испоручене количине, другог модела испоручене количине а трећег модела број места испоруке.

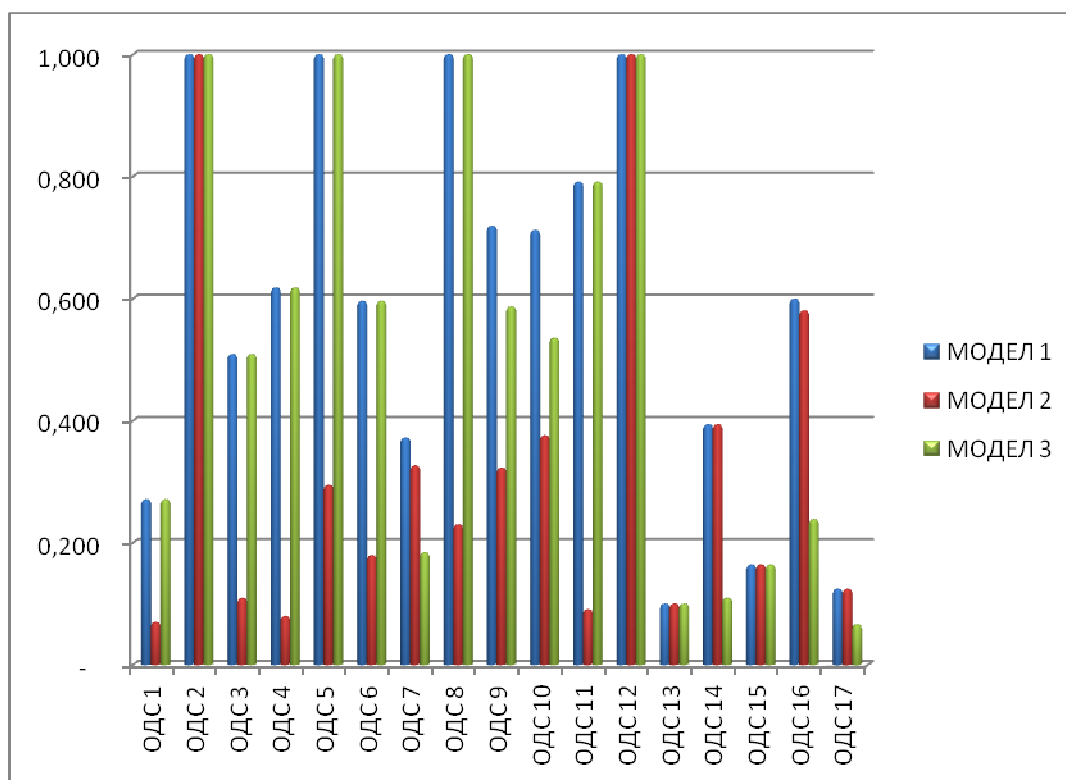
Примена броја места испоруке као излазне варијабле би требало да одслика расподелу потражње за гасом што се обично сматра за један од главних индикатора трошкова. Ова варијабла такође омогућава уважавање важних разлика које постоје у нивоима просечне потрошње као и разилке између регионалних дистрибутера (Товар, 2013).

Резултати техничке ефикасности по ова три модела приказани у табели 7.13 и на сликама 7.5 и 7.6 , су одређени применом софтвера EMS v 3.1, под VRS претпоставком.

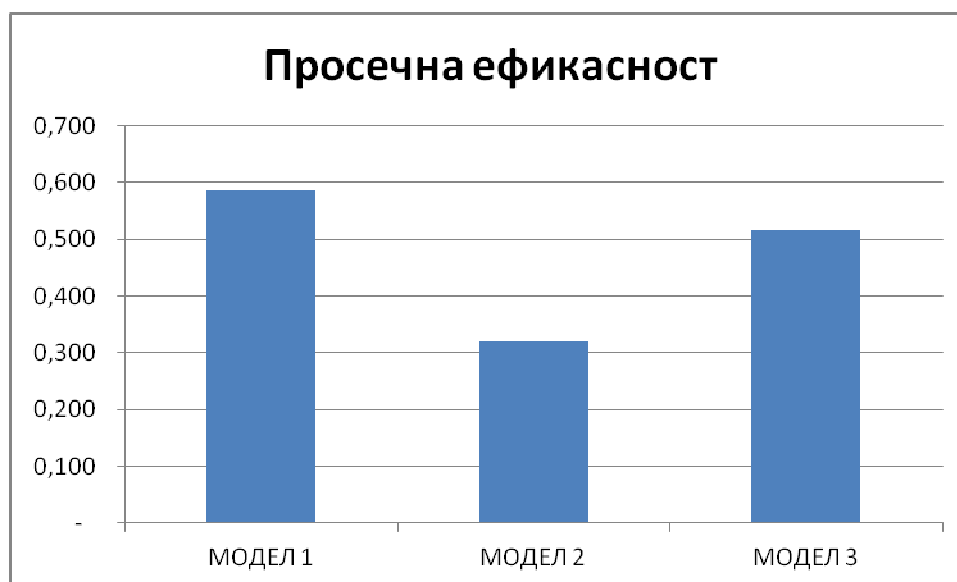
**Табела 7.13 Оцена техничке ефикасности према моделима 1,2,3**

модел 1	0.27	1.00	0.51	0.62	1.00	0.60	0.37	1.00	0.68	0.68	0.79	1.00	0.10	0.39	0.16	0.60	0.12
модел 2	0.07	1.00	0.11	0.08	0.33	0.18	0.33	0.23	0.32	0.38	0.09	1.00	0.10	0.39	0.16	0.58	0.12
модел 3	0.27	1.00	0.51	0.62	1.00	0.60	0.18	1.00	0.58	0.54	0.79	1.00	0.10	0.11	0.16	0.24	0.07

Слика 7.5 Оцена техничке ефикасности оператора дистрибутивних система према моделима 1,2,3



Слика 7.6 Просечна ефикасност према моделима 1,2,3



Техничка ефикасност одређена према ДЕА, по моделу 1 је у опсегу од 0,1 до 1, за модел 2 је у опсегу 0,07 и 1 и за модел 3 је од 0,07 до 1. Просечна техничка ефикасност према моделу 1 је 0,586, за модел 2 је 0,320 а за модел 3 је 0,516. Ови резултати указују на релативно ниске нивое техничке ефикасности, узимајући у обзир да су анализе рађене



на подацима из 2012 године, три године након увођења регулације цена коришћења дистрибутивног система када се можда већ могло очекивати да регулација цена има утицаја на ефикасност, али је очигледно да се до 2012 још увек није догодила.

Када се анализирају резултати прорачунате ефикасности уочава се велика варијација, која код малих и нових оператора дистрибутивних система условљена тиме да још увек нису успели да прикључе значајан број потрошача на своје системе па им је број места испоруке мали, с обзиром на мали број купаца често немају ни велике количине које испоручују са својих система.

Резултати су условљени и перманентним падом у потрошњи природног гаса у Србији. Оператори дистрибутивних система који имају велики број места испоруке показују и високе нивое ефикасности у моделу 3 који као излазну варијаблу има само број места испоруке. Међутим када се анализирају резултати добијени према моделу 2 добијају се ниже оцене ефикасности за операторе дистрибутивних система који испоручују мање количине.

Закључак до ког се може доћи је да број места испоруке сам по себи не гарантује ефикасност на системима у Србији због чињенице да постоје системи са веома великим бројем места испоруке а малим испорученим количинама, првенствено системи који имају значајно учешће домаћинства у структури својих места испоруке, на којима је и просечна потрошња по месту испоруке веома ниска.

Тренд смањења потрошње природног гаса у сегменту домаћинства је условљен и ниском ценом електричне енергије што доводи до тога да се домаћинства иако прикључена на дистрибутивну гасоводну мрежу греју електричном енергијом.

Постоји такође и значајна разлика између дистрибутивних компанија које имају велики број места испоруке у сектору широке потрошње (домаћинства) и са малим испорученим количинама у односу на дистрибутивне компаније са истим или чак и мањим бројем места испоруке али која укључују индустријске потрошача и стога имају веће испоручене количине.

Ефикасност оператора дистрибутивних система који имају већи број места испоруке а мање испоручене количине је већа према моделу који има само број места испоруке као

излазну варијаблу, док су ти оператери неефикасни у моделу у којем је излазна варијабла само испоручена количина природног гаса.

Резултати указују на три групе ОДС-ова у погледу ефикасности, добијене према три модела- једно је група дистрибутера који имају исте резултате за ефикасност без обзира на примењени модел, иста им је ефикасност и по моделу 1 и 2 и 3 (ОДС-ови 2, 12, 13, 15). Они су или веома ефикасни (ОДС 2, 12) или веома неефикасни (ОДС 13,15). То значи да за те ОДС-ове без обзира која да је излазна варијабла у питању, што је једина разлика између разматраних модела, они остају ефикасни или неефикасни тако да је њихова ефикасност/неефикасност пре повезана са улазном варијаблом што су оперативни трошкови него са испорученим количинама или бројем места испоруке.

Друга група ДСО-ова су они који имају исте нивое ефикасности у моделима 1 и 3 али различиту ефикасност у моделу 2 (ОДС-ови 1,3,4,5,6,8,11). Ови оператори дистрибутивних система дугују своју ефикасност броју места испоруке, односно броју прикључених купаца а не испорученим количинама. Ово су или нове, мале дистрибуције које још нису развиле своју мрежу у довољној мери да би оствариле ефикасност путем већих испоручених количина, или старе дистрибутивне компаније које имају доста места испоруке али количине испорученог природног гаса које су у опадању.

Трећа група ОДС-ова, има различите резултате ефикасности по сва три модела, али за сваки ОДС у овој групи се може рећи да му је ефикасност према моделу 1 већа него ефикасност према моделу 3. То значи да укључивање испоручених количина гаса као излазне варијабле у моделу 1 доводи до њихове веће ефикасности.

Закључци до којих се дошло анализом фрагментираности Италијанских дистрибутера природног гаса, након што је уважен значај и корелација броја места испоруке и испоручених количина у односу на трошкове, су и да је потребно обратити пажњу на утицај територијалних и управљачких фактора (Fabbri, 2000).

Резултати показују да количине испоручене са дистрибутивног система значајно утичу на ефикасност, односно да варијације у овој варијабли могу значајно да промене оцену ефикасности, те се стога не препоручује да се у даљим анализама користе модели који имају само испоручене количине као једину излазну варијаблу.

За даљу анализу у аналитичком хијерархијском процесу је одабран модел 1 као прихватљив јер као излазне варијабле узима и број места испоруке и количине испоручене са система што су критеријуми на основу којих су дистрибутери упоређивани у АХП.

За одабрани модел 1 се може рећи да даје оцену техничке ефикасности значајне дисперзије од 0,1 до 1, тј. Да постоје у узорку компаније са веома ниском ефикасношћу и веома високом ефикасношћу. Ови резултати у складу са опште уоченом хетерогеном структуром сектора дистрибуције природног гаса у Србији. Резултати дескриптивне статистике за оцену ефикасности према моделу 1 су дати у Табели 7.14.

**Табела 7.14 Дескриптивна статистика техничке ефикасности према моделу 1**

	Стандардна девијација	Средња вредност	Коефицијент варијабилности
Резултати техничке ефикасности према ДЕА	0,31	0,58	0,53

За даљу анализу у АХП моделу је одабрана оцена техничке ефикасности добијена применом модела 1, који као улазну варијаблу има оперативне трошкове који се састоје од трошкова материјала, рада, одржавања, других трошкова (нпр трошкови закупа мреже), као и трошкова за набавку гаса за надокнаду губитака на мрежи.

Као излазне варијабле у моделу су употребљене број места испоруке и испоручене количине природног гаса. Ове варијабле се користе често и у литератури која обрађује анализе ефикасности јавних предузећа (Erturk, Turut-Asik, 2011).

**Табела 7.15 Поређење алтернатива у погледу оцене техничке ефикасности према ДЕА**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 1																
ОДС 2	3.70															
ОДС 3	1.89	1.96														
ОДС 4	2.30	1.61	1.22													
ОДС 5	3.70	1.00	1.96	1.61												
ОДС 6	2.22	1.67	1.18	1.03	1.67											
ОДС 7	1.37	2.70	1.38	1.68	2.70	1.62										
ОДС 8	3.70	1.00	1.96	1.61	1.00	1.67	2.70									
ОДС 9	2.52	1.47	1.33	1.10	1.47	1.13	1.84	1.47								
ОДС 10	2.52	1.47	1.33	1.10	1.47	1.13	1.84	1.47	1.00							
ОДС 11	2.93	1.27	1.55	1.27	1.27	1.32	2.14	1.27	1.16	1.16						
ОДС 12	3.70	1.00	1.96	1.61	1.00	1.67	2.70	1.00	1.47	1.47	1.27					
ОДС 13	2.70	10.00	5.10	6.20	10.00	6.00	3.70	10.00	6.80	6.80	7.90	10.00				
ОДС 14	1.44	2.56	1.31	1.59	2.56	1.54	1.05	2.56	1.74	1.74	2.03	2.56	3.90			
ОДС 15	1.69	6.25	3.19	3.88	6.25	3.75	2.31	6.25	4.25	4.25	4.94	6.25	1.60	2.44		
ОДС 16	2.22	1.67	1.18	1.03	1.67	1.00	1.62	1.67	1.13	1.13	1.32	1.67	6.00	1.54	3.75	
ОДС 17	2.25	8.33	4.25	5.17	8.33	5.00	3.08	8.33	5.67	5.67	6.58	8.33	1.2	3.25	1.33	5.00

## 7.5. Повећање испоручених количина

Пети критеријум за поређење, повећање испоручених количина, које треба да доведе до повећања ефикасности оператора дистрибутивних система, је процењивано у оквиру два критеријума нижег хијерархијског нивоа- повећања дужине дистрибутивне мреже и повећања броја места испоруке, који оба треба да доведу до истог резултата, повећања у испорученим количина природног гаса са дистрибутивног система.

Из тога разлога су оба ова критеријума у АХП хијерархији добили исти приоритет у моделу и оба су оцењена као ``много значајније`` на вербалној скали.

Када се спроводило поређење парова у погледу дужине мреже, испоручених количина у односу на дужину мреже, густини потрошње и техничкој ефикасности према ДЕА, употребљене су конкретне, прецизне физичке величине које описују пословање оператора дистрибутивних система, и те вредности су унете у матрице за поређење.

Али, када је у питању повећање дужине мреже и повећање броја места испоруке, било је потребно спровести нормализацију података.

### 7.5.1. Повећање дужине мреже

За повећање дужине дистрибутивне мреже су уведена четири интервала на начин дефинисан у Табели 7.16. Увођење интервала је било неопходно пошто постоје дистрибутери који нису остварили никакво повећање дужине мреже, односно развој система им је био 0. Како за поређење парова није могуће делити са нулом или уносити нулу као ниво преферентности, оваквим дистрибутерима је додељивана оцена 1 а у односу на тај нулти развој, сваки развој мреже је добијао оцену према предложеној скали. Повећање дужине мреже сваког оператора дистрибутивног система је сврстано у одређени интервал и следствено додељена је вредност оцена које се користе на вербалној скали експерт choice програма. Ове оцене су употребљене у поређењу алтернатива (релативне преференце алтернатива у односу на овај критеријум), као што је приказано у Табели 7.16.

**Табела 7.16** Оцене за поређење парова повећања дужине дистрибутивне мреже

Интервали повећања дужине мреже (m)	Оцене за поређење
До 1000	3
До 5000	5
До 50.000	7
Преко 50.000	9

Подаци о промени дужине мреже за период 2011-2014 су приказани у Табели 7.17.

**Табела 7.17** Промена дужине дистрибутивних мрежа

Оператор дистрибутивног система	Промена дужине мреже (m)
ОДС 1	0

ОДС 2	427
ОДС 3	0
ОДС 4	0
ОДС 5	630
ОДС 6	0
ОДС 7	1.510
ОДС 8	0
ОДС 9	2.073
ОДС 10	26.065
ОДС 11	4.000
ОДС 12	918.705
ОДС 13	2.867
ОДС 14	0
ОДС 15	0
ОДС 16	450
ОДС 17	7.629

На основу скале наведене у Табели 7.18 операторима дистрибутивних система су додељене оцене:

**Табела 7.18** Оцене оператора дистрибутивних система за поређење парова

<b>Оператор дистрибутивног система</b>	<b>Оцена према нормализованој скали</b>
ОДС 1	1
ОДС 2	3
ОДС 3	1
ОДС 4	1
ОДС 5	3
ОДС 6	1
ОДС 7	5
ОДС 8	1
ОДС 9	5
ОДС 10	7
ОДС 11	5
ОДС 12	9
ОДС 13	5
ОДС 14	1
ОДС 15	1
ОДС 16	3
ОДС 17	7

**Табела 7.19 Поређење алтернатива у погледу повећања дужине мреже**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 1																
ОДС 2	<b>3.00</b>															
ОДС 3	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>														
ОДС 4	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>													
ОДС 5	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>												
ОДС 6	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>											
ОДС 7	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>										
ОДС 8	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>									
ОДС 9	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>								
ОДС 10	<b>9.00</b>	<b>4.00</b>	<b>7.00</b>	<b>7.00</b>	<b>4.00</b>	<b>7.00</b>	<b>2.00</b>	<b>7.00</b>	<b>2.00</b>							
ОДС 11	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>						
ОДС 12	<b>9.00</b>	<b>6.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>6.00</b>	<b>9.00</b>	<b>4.00</b>	<b>9.00</b>	<b>4.00</b>	<b>2.00</b>	<b>4.00</b>					
ОДС 13	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>2.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>1.00</b>	<b>4.00</b>				
ОДС 14	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>	<b>7.00</b>	<b>5.00</b>	<b>9.00</b>	<b>5.00</b>			
ОДС 15	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>	<b>7.00</b>	<b>5.00</b>	<b>9.00</b>	<b>5.00</b>	<b>1.00</b>		
ОДС 16	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>2.00</b>	<b>3.00</b>	<b>2.00</b>	<b>4.00</b>	<b>2.00</b>	<b>6.00</b>	<b>2.00</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	
ОДС 17	<b>7.00</b>	<b>4.00</b>	<b>7.00</b>	<b>7.00</b>	<b>4.00</b>	<b>7.00</b>	<b>2.00</b>	<b>7.00</b>	<b>2.00</b>	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>7.00</b>	<b>7.00</b>	<b>4.00</b>



## 7.5.2. Повећање броја места испоруке

Када је анализирано повећање броја места испоруке, на неким мрежама не само да није уочено повећање броја места испоруке, него су се јављале и негативне вредности, односно смањење броја места испоруке, као што је приказано у Табели 7.20, што се дешава из разлога што потрошачи природног гаса прелазе на друга горива, или нпр. У руралним зонама долази до смањење број места испоруке јер се домаћинства гасе.

Табела 7.20 Промена броја места испоруке

Оператор дистрибутивног система	Промена броја места испоруке	Број места испоруке у 2012.	% промене броја места испоруке
ОДС 1	12	1.647	0,73
ОДС 2	17	951	1,79
ОДС 3	24	1.593	1,51
ОДС 4	0	2.289	0,00
ОДС 5	-165	20.382	0,00
ОДС 6	-9	2.161	0,00
ОДС 7	3	1.617	0,19
ОДС 8	38	6.597	0,58
ОДС 9	40	6.957	0,57
ОДС 10	-121	3.988	0,00

ОДС 11	2	2.307	0,09
ОДС 12	4.836	82.145	5,89
ОДС 13	30	315	9,52
ОДС 14	28	1.250	2,24
ОДС 15	7	278	2,52
ОДС 16	81	1.719	4,71
ОДС 17	63	155	40,65

Исти приступ у смислу потребе да се дефинишу интервали за оцењивање је примењен и код промене броја места испоруке, као и код повећања дужине рмеже, јер се у поређењу парова не могу користити негативне вредности, као ни нула као оцена за преференцу.

Интервали за оцењивање, према критеријуму повећања броја места испоруке су приказани у Табели 7.21.

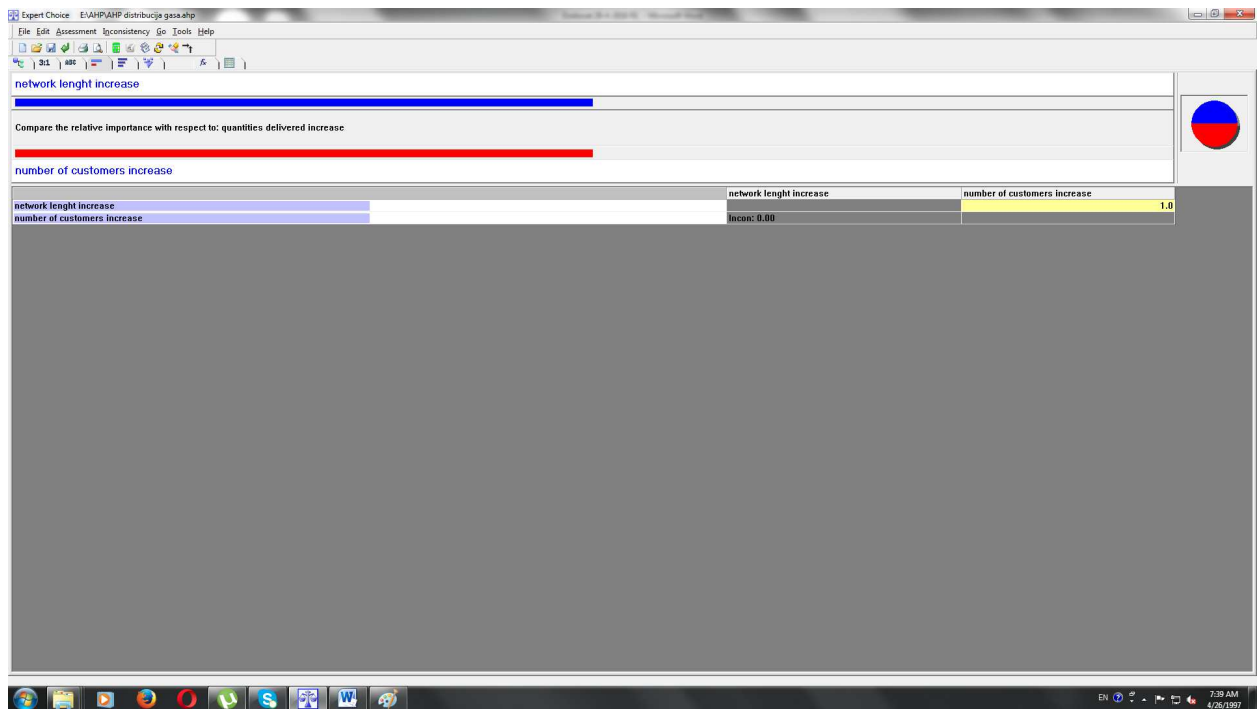
**Табела 7.21 Оцене у зависности од повећања броја места испоруке**

<b>Повећање броја места испоруке у %</b>	<b>Оцене за поређење</b>
До 2.5	3
2.5-5	5
5-7.5	7
7.5-10 и више	9

**Табела 7.22 Поређење алтернатива у погледу повећања броја места испоруке**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 1																
ОДС 2	1.00															
ОДС 3	1.00	1.00														
ОДС 4	3.00	3.00	3.00													
ОДС 5	3.00	3.00	3.00	1.00												
ОДС 6	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00											
ОДС 7	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00										
ОДС 8	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	1.00									
ОДС 9	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00								
ОДС 10	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00							
ОДС 11	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	3.00						
ОДС 12	4.00	4.00	4.00	7.00	7.00	7.00	4.00	4.00	4.00	7.00	4.00					
ОДС 13	6.00	6.00	6.00	9.00	9.00	9.00	6.00	6.00	6.00	9.00	6.00	2.00				
ОДС 14	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	4.00	6.00			
ОДС 15	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	2.00	2.00	2.00	5.00	2.00	2.00	4.00	2.00		
ОДС 16	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	2.00	2.00	2.00	5.00	2.00	2.00	4.00	2.00	1.00	
ОДС 17	6.00	6.00	6.00	9.00	9.00	9.00	6.00	6.00	6.00	9.00	6.00	2.00	1.00	6.00	4.00	4.00

У АХП моделу је било потребно дефинисати међусобни однос ова два критеријума у односу на критеријум вишег хијерархијског нивоа а то је повећање испоручених количина. И повећању дужине мреже и повећању броја места испоруке је додељен једнак приоритет јер оба ова критеријума могу допринети повећању испоручених количина.



**Слика 7.7 Графички приказ поређења критеријума: повећање дужине мреже и повећање броја места испоруке**

## 7.6. Утицај на животну средину

Што се тиче оцене утицаја обављања делатности дистрибуције природног гаса на животну средину, она је спроведена по основу два утицаја, фугитивних емисија метана и супституције горива природним гасом.

### 7.6.1. Фугитивне емисије метана

Оцена утицаја на животну средину у погледу емисија метана приликом обављања делатности дистрибуције гаса је спроведена са два аспекта. Један је заснован на оцени губитака, као мери истицања гаса, а други је на основу процене фугитивних емисија које су у функцији количина природног гаса испоручених са система.

Табела 7.23 Поређење алтернатива у погледу губитака

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 1																
ОДС 2	1															
ОДС 3	7	7														
ОДС 4	7	7	1													
ОДС 5	9	9	2	2												
ОДС 6	2	2	5	5	7											
ОДС 7	1	1	7	7	9	2										
ОДС 8	9	9	2	2	1	7	9									
ОДС 9	1	1	7	7	9	2	1	9								
ОДС 10	9	9	2	2	1	7	9	1	9							
ОДС 11	7	7	1	1	2	5	7	2	7	2						
ОДС 12	9	9	2	2	1	7	9	1	9	1	2					
ОДС 13	2	2	5	5	7	1	2	7	2	7	5	7				
ОДС 14	1	1	7	7	9	2	1	9	1	9	7	9	2			
ОДС 15	2	2	5	5	7	1	2	7	2	7	5	7	1	2		
ОДС 16	1	1	7	7	9	2	1	9	1	9	7	9	2	1	2	
ОДС 17	1	1	7	7	9	2	1	9	1	9	7	9	2	1	2	1

Табела 7.24 Поређење алтернатива у погледу процењених фугитивних емисија

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 1																
ОДС 2	1.17															
ОДС 3	2.33	2.00														
ОДС 4	1.00	1.17	2.33													
ОДС 5	9.71	11.33	22.67	9.71												
ОДС 6	1.00	1.17	2.33	1.00	9.71											
ОДС 7	2.86	3.33	6.67	2.86	3.40	2.86										
ОДС 8	2.57	3.00	6.00	2.57	3.78	2.57	1.11									
ОДС 9	5.71	6.67	13.33	5.71	1.70	5.71	2.00	2.22								
ОДС 10	3.57	4.17	8.33	3.57	2.72	3.57	1.25	1.39	1.60							
ОДС 11	1.17	1.00	2.00	1.17	11.33	1.17	3.33	3.00	6.67	4.17						
ОДС 12	367.29	428.50	857.00	367.29	37.81	367.29	128.55	142.83	64.28	102.84	428.50					
ОДС 13	1.40	1.20	1.67	1.40	13.60	1.40	4.00	3.60	8.00	5.00	1.20	514.20				
ОДС 14	3.00	3.50	7.00	3.00	3.24	3.00	1.05	1.17	1.90	1.19	3.50	122.43	4.20			
ОДС 15	7.00	6.00	3.00	7.00	68.00	7.00	20.00	18.00	40.00	25.00	6.00	2571.00	5.00	21.00		
ОДС 16	3.71	4.33	8.67	3.71	2.62	3.71	1.30	1.44	1.54	1.04	4.33	98.88	5.20	1.24	26.00	
ОДС 17	1.00	1.17	2.33	1.00	9.71	1.00	2.86	2.57	5.71	3.57	1.17	367.29	1.40	3.00	7.00	3.71

## 7.6.2. Супституција горива природним гасом

У погледу супституције горива природним гасом у сектору индустрије, вредности за поређење парова су одређене у Поглављу 5, а матрица поређења парова која је унета у АХП модел је дата у Табели 7.25.

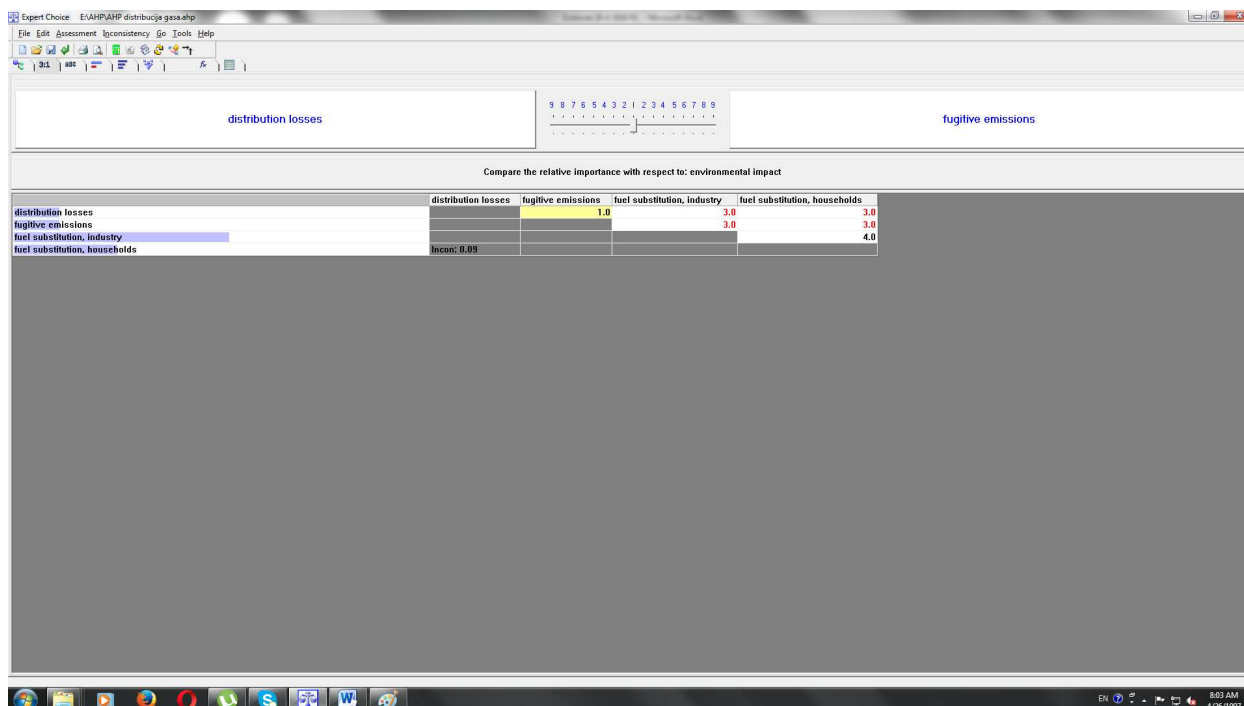
**Табела 7.25 Поређење алтернатива у погледу супституције горива природним гасом у сектору индустрије**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16
ОДС 1																
ОДС 2	<b>1.07</b>															
ОДС 3	<b>1.00</b>	<b>1.07</b>														
ОДС 4	<b>1.18</b>	<b>1.25</b>	<b>1.18</b>													
ОДС 5	<b>1.22</b>	<b>1.30</b>	<b>1.22</b>	<b>1.04</b>												
ОДС 6	<b>1.02</b>	<b>1.04</b>	<b>1.02</b>	<b>1.20</b>	<b>1.25</b>											
ОДС 7	<b>1.18</b>	<b>1.25</b>	<b>1.18</b>	<b>1.00</b>	<b>1.04</b>	<b>1.20</b>										
ОДС 8	<b>1.06</b>	<b>1.01</b>	<b>1.06</b>	<b>1.24</b>	<b>1.29</b>	<b>1.04</b>	<b>1.24</b>									
ОДС 9	<b>1.01</b>	<b>1.07</b>	<b>1.01</b>	<b>1.17</b>	<b>1.22</b>	<b>1.03</b>	<b>1.17</b>	<b>1.06</b>								
ОДС 10	<b>1.00</b>	<b>1.07</b>	<b>1.00</b>	<b>1.18</b>	<b>1.22</b>	<b>1.02</b>	<b>1.18</b>	<b>1.06</b>	<b>1.01</b>							
ОДС 11	<b>1.00</b>	<b>1.07</b>	<b>1.00</b>	<b>1.18</b>	<b>1.22</b>	<b>1.02</b>	<b>1.18</b>	<b>1.06</b>	<b>1.01</b>	<b>1.00</b>						
ОДС 12	<b>1.16</b>	<b>1.24</b>	<b>1.16</b>	<b>1.01</b>	<b>1.05</b>	<b>1.02</b>	<b>1.01</b>	<b>1.23</b>	<b>1.16</b>	<b>1.16</b>	<b>1.16</b>					
ОДС 13	<b>1.19</b>	<b>1.27</b>	<b>1.19</b>	<b>1.01</b>	<b>1.03</b>	<b>1.19</b>	<b>1.01</b>	<b>1.26</b>	<b>1.18</b>	<b>1.19</b>	<b>1.19</b>	<b>1.02</b>				
ОДС 14	<b>1.07</b>	<b>1.00</b>	<b>1.07</b>	<b>1.25</b>	<b>1.30</b>	<b>1.22</b>	<b>1.25</b>	<b>1.01</b>	<b>1.07</b>	<b>1.07</b>	<b>1.07</b>	<b>1.24</b>	<b>1.27</b>			
ОДС 15	<b>1.11</b>	<b>1.18</b>	<b>1.11</b>	<b>1.06</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.06</b>	<b>1.17</b>	<b>1.10</b>	<b>1.11</b>	<b>1.11</b>	<b>1.05</b>	<b>1.07</b>	<b>1.18</b>		
ОДС 16	<b>1.00</b>	<b>1.07</b>	<b>1.00</b>	<b>1.18</b>	<b>1.22</b>	<b>1.02</b>	<b>1.18</b>	<b>1.06</b>	<b>1.01</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.16</b>	<b>1.19</b>	<b>1.07</b>	<b>1.11</b>	
ОДС 17	<b>1.04</b>	<b>1.02</b>	<b>1.04</b>	<b>1.23</b>	<b>1.28</b>	<b>1.02</b>	<b>1.23</b>	<b>1.01</b>	<b>1.05</b>	<b>1.04</b>	<b>1.04</b>	<b>1.21</b>	<b>1.24</b>	<b>1.02</b>	<b>1.16</b>	<b>1.04</b>

**Табела 7.26 Поређење алтернатива у погледу супституције горива природним гасом у сектору домаћинства**

	ОДС 1	ОДС 2	ОДС 3	ОДС 4	ОДС 5	ОДС 6	ОДС 7	ОДС 8	ОДС 9	ОДС 10	ОДС 11	ОДС 12	ОДС 13	ОДС 14	ОДС 15	ОДС 16	ОДС 17
ОДС 1																	
ОДС 2	1.0011																
ОДС 3	1.0000	1.0011															
ОДС 4	1.0000	1.0011	1														
ОДС 5	1.0000	1.0011	1	1													
ОДС 6	1.0011	1	1.0011	1.0011	1.0011												
ОДС 7	1.0000	1.0011	1	1	1	1.0011											
ОДС 8	1.0000	1.0011	1	1	1	1.0011	1										
ОДС 9	1.0000	1.0011	1	1	1	1.0011	1	1									
ОДС 10	1.0000	1.0011	1	1	1	1.0011	1	1	1								
ОДС 11	1.0000	1.0011	1	1	1	1.0011	1	1	1	1							
ОДС 12	1.0023	1.0012	1.0023	1.0023	1.0023	1.0012	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023	1.0023						
ОДС 13	1.0011	1	1.0011	1.0011	1.0011	1	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0012					
ОДС 14	1.0000	1.0011	1	1	1	1.0011	1	1	1	1	1	1.0023	1.0011				
ОДС 15	1.0011	1	1.0011	1.0011	1.0011	1	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0012	1	1.0011			
ОДС 16	1.0000	1.0011	1	1	1	1.0011	1	1	1	1	1	1.0023	1.0011	1	1.0011		
ОДС 17	1.0011	1	1.0011	1.0011	1.0011	1	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0011	1.0012	1	1.0011	1	1.0011	

Да би се спровела коначна оцена у АХП моделу било је потребно одредити и међусобне преференце 4 дефинисана критеријума у оквиру критеријума заштита животне средине: губици на дистрибутивним системима, фугитивне емисије на дистрибутивним системима, ефекти супституције горива природним гасом у сектору индустрије, ефекти супституције горива природним гасом у сектору домаћинства.



**Слика 7.8 Нумеричко поређење критеријума у односу на утицај на животну средину**

Губицима на дистрибутивним системима и фугитивним емисијама је у међусобном поређењу у односу на критеријум (утицај на животну средину) дат исти приоритет, супституцији горива у сектору индустрије и сектору домаћинства је додељен нешто значајнији приоритет у односу на губитке и фугитивне емисије, а супституцији горива у сектору домаћинства је дат већи приоритет у односу на супституцију у домаћинствима јер је оцена да су у анализи употребљени подаци далеко прецизнији за сектор индустрије у односу на домаћинства и да је потрошња индустријских потрошача већа од потрошње у домаћинствима па су стога и ефекти супституције горива већи.

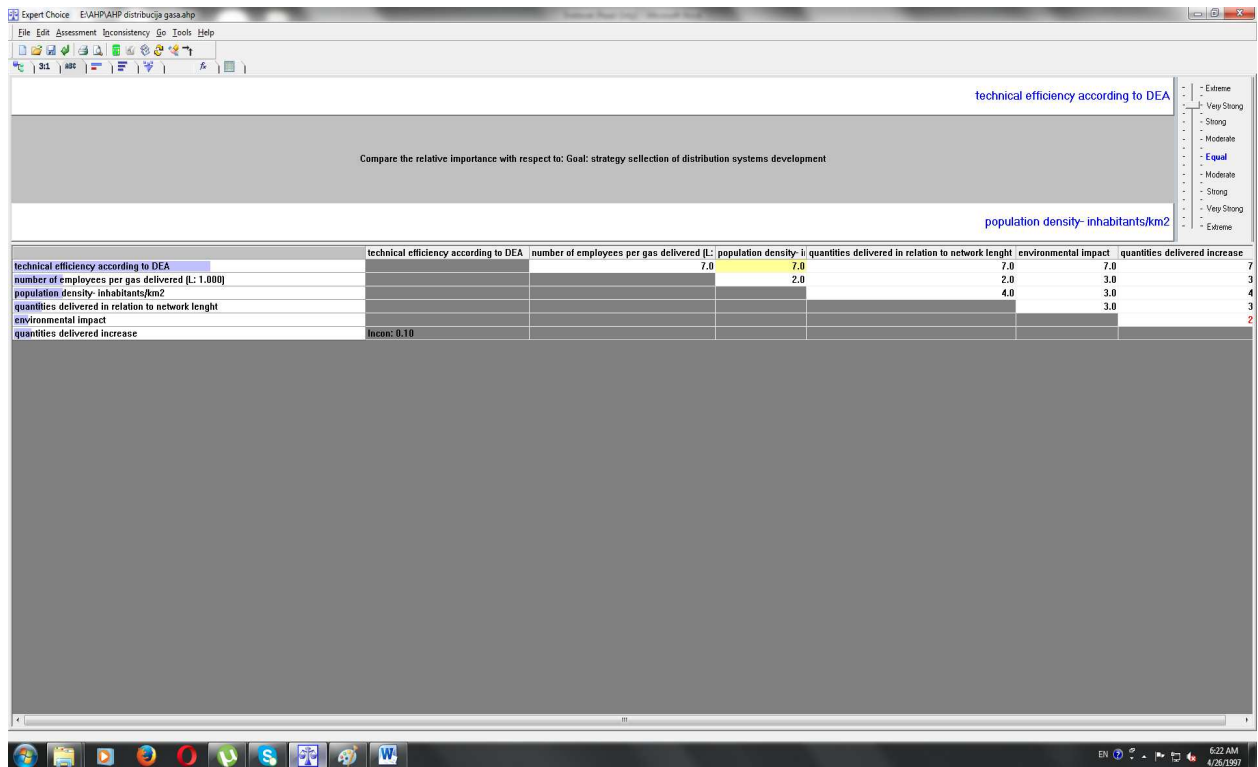
Када су унете све вредности у матрице за поређење парова у модел формиран у АХП, добијено је укупно рангирање оператора дистрибутивних система у смислу преференци система на којима обављају делатност за даљи развој.

Поређењем свих критеријума у односу на највиши ниво хијерархијске структуре- циљ, добијене су коначне оцене, одабир стратегије.

Приликом поређења критеријума, техничкој ефикасности одређеној према ДЕА методологији је дат највећи приоритет у односу на остале, односно додељена јој је оцена ``веома утицајан`` на вербалној скали. Вербална скала за поређење критеријума се може видети на Слици 3. Овом критеријуму је додељена највећа важност јер укључује у својој оцени трошкове обављања делатности дистрибуције и управљања дистрибутивним системима и јер се користи у процесу одобравања цена у моделима у којима је уведен подстицајни метод регулације.

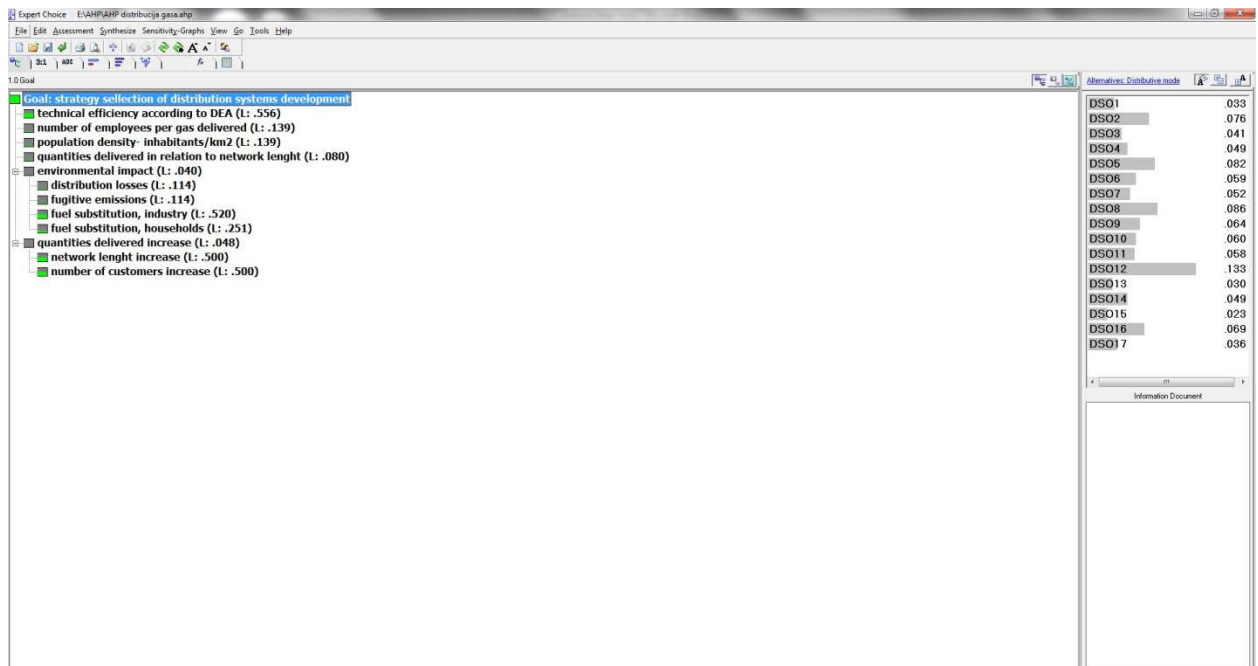
Критеријуму број запослених у односу надужину дистрибутивне мреже је додељена оцена ``нешто значајније`` на вербалној скали јер постоје одређена ограничења на која оператори дистрибутивних система не могу да утичу- а то су минимални захтеви у погледу броја запослених који су дефинисани процедуром лиценцирања (Правилник о лиценцама, АЕРС). Стога у погледу овог критеријума постоје конкретна ограничења око могућих активности које ОДС може да предузме (смањи број запослених) како би побољшао овај однос.





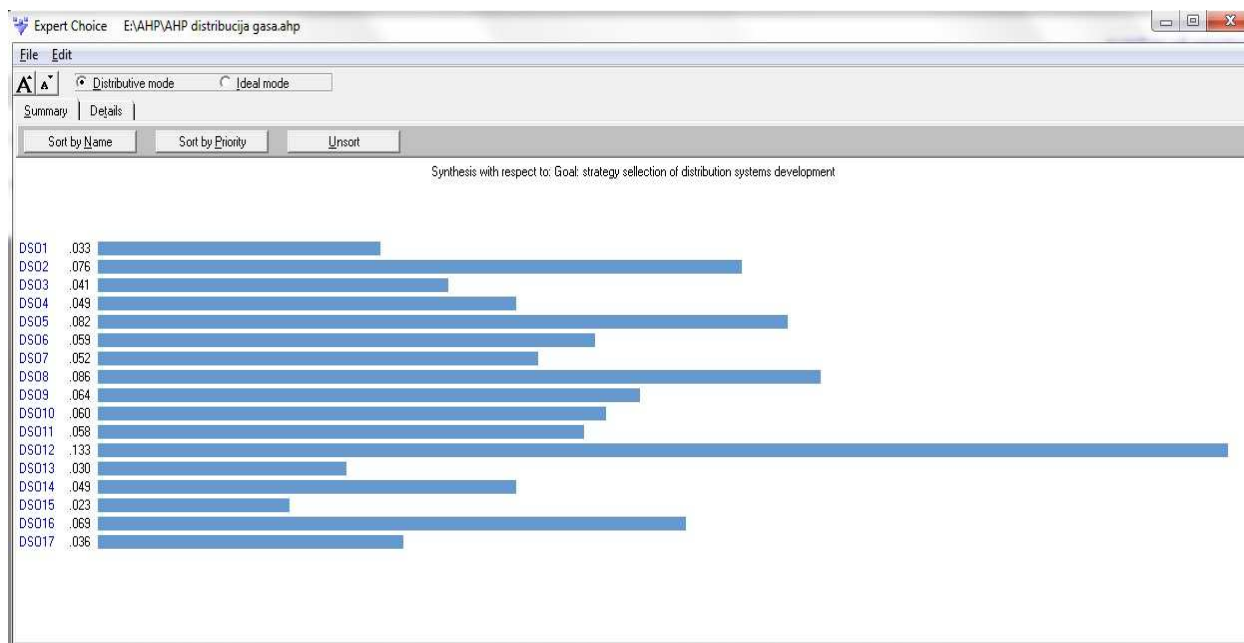
Слика 7.9 Вербалне скале за поређење критеријума

АХП модел за доношење одлука се може видети у model view приказу софтвера Expert choice, на Слици 7.10.



Слика 7.10 Приказ модела у софтверу expert choice са приказаном хијерархијом критеријума

Резултати АХП процеса и ранг оператора дистрибутивних система је одређен као што је приказано на слици 7.11. Добијена је информација о коначном одабиру који дистрибутивни систем је најпогоднији за даљи развој.



**Слика 7.11 Синтеза резултата у погледу циља- одабир стратешког одређења који дистрибутивни систем даље развијати**

### 7.6.3. Синтеза резултата

У оквиру синтезе резултата могу да се одаберу две врсте оцењивања:

- дистрибутивно и
- идеално.

Дистрибутивно оцењивање расподељује важност сваког критеријума према алтернативама у директној пропорцији. Када се користи дистрибутивно оцењивање, додавање или одузимање алтернативе резултује поновну калкулацију приоритета и њихових односа.

Идеално оцењивање додељује највише поена једном критеријуму, оној алтернативи која је најбоље рангирана, док остале алтернативе добијају реципроцитетан број

поена сходно свом резултату. Након те калкулације алтернативе се нормализују како би њихов збир био једнак 1.

Приликом употребе идеалног оцењивања додавање или одузимање алтернатива неће имати утицаја на критеријуме других алтернатива. Идеално оцењивање треба да се примањује када желимо да издвојимо само једну алтернативу.

Након идеалног оцењивања добијени су следећи резултати:



### Слика 7.12 Синтеза резултата по идеалном оцењивању

Резултати добијени рангирањем према АХП моделу показују исти резултат као и техничке оцене добијене применом ДЕА методологије. Овај закључак се може применити на четири најбоља ОДС-а (ОДС12, ОДС8, ОДС5, ОДС2). Разлика у рангирању постаје очигледна за ОДС-ове који добијају виши ранг према АХП моделу него према ДЕА методологији (ОДС16). ОДС 16 је један од само две компаније које задовољавају предложени критеријум однос испоручених количина и дужине дистрибутивне мреже а истовремено задовољава и критеријум у погледу односа броја запослених и испоручених количина. ОДС 9 и ОДС 10 задржавају исти ранг у обе методологије.

Проблем на који се наишло током примене АХП методологије у овом истраживању је како дефинисати модел и скале за поређење парова које ће бити довољно осетљиве да буду применљива на цео скуп података, јер су узорак података са којима је рађане експеримент сачињавали физички показатељи пословања оператора дистрибутивних система. Проблем у истраживању је у чињеници да постоји велики број оператора

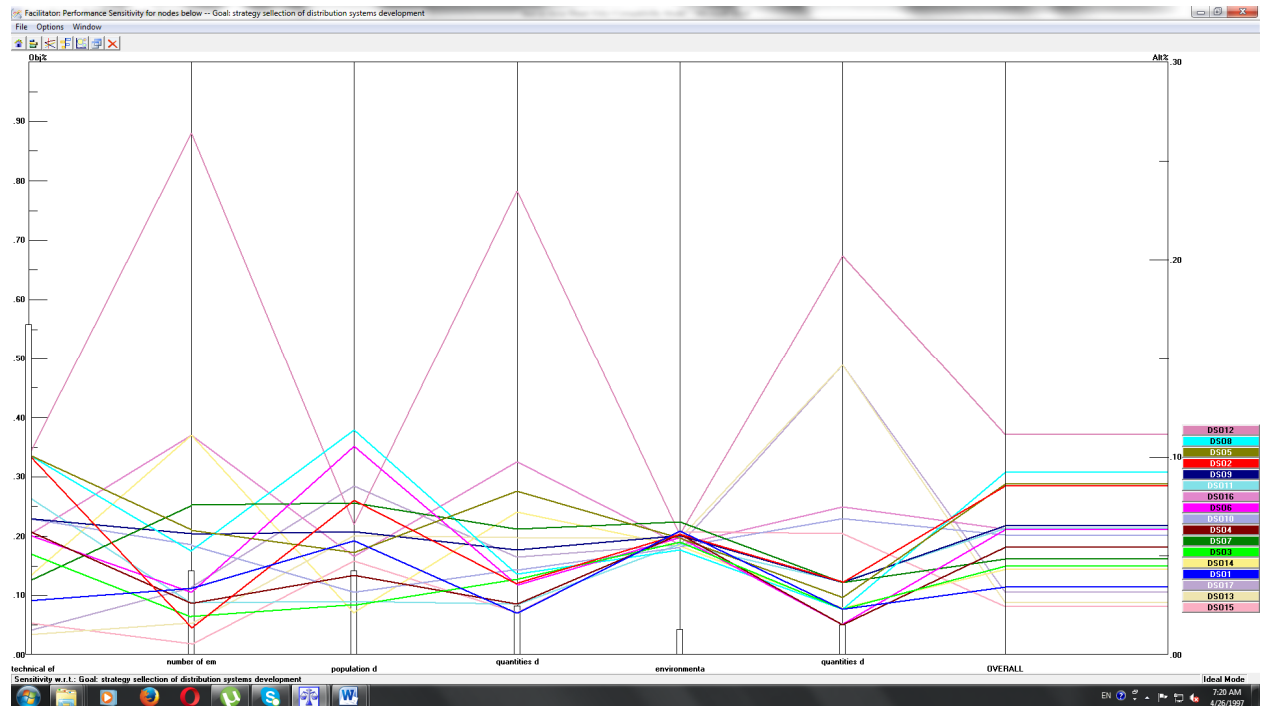
дистрибутивних система са веома различитим карактеристикама. На пример, када је анализиран критеријум повећања дужине мреже у поређењу парова уочено је да има дистрибутивних система који уопште нису развијани током периода на који се истраживање односило (2012 година) док су у том периоду неки развијали свој систем стотинама хиљада метара. Како је узорак веома хетероген исти проблем се јавио и када је разматрано повећање броја места испоруке, јер су неке мале, или веома старе дистрибутивне мреже, са јако ниским капацитетима за прикључење нових купаца, упоређиване са новим мрежама које дуплирају или три пута повећавају свој број места испоруке за годину дана. Када се одлучивало о оцени преференци у поређењима парова у оквиру сваког критеријума, проблем са којим се суочавало је екстремна дисперзија физичких показатеља пословања за сваки од одабраних критеријума, тако да је одабир величина за порешење био јако тежак. Разлог за овакву ситуацију је јако различита структура ОДС-ова у Србији. Они се разликују у погледу броја места испоруке, испорученим количинама, категоријама и врстама потрошача који се снабдевају са њихових мрежа, дужини мреже, густини потрошње. Може се рећи да су сви параметри који се обично у пракси користе као суштински дескриптивни за дистрибутере природног гаса показали изузетно висок степен дисперзије у вредности. Стога је поређење оператора дистрибутивних система веома комплексан и тежак задатак.

Резултати примене модела указују које карактеристике је потребно унапредити уколико се за одређени дистрибутивни систем жели побољшати рангирање у смислу погодности за даљи развој. Оне се могу даље и детаљније анализирати применом различитих динамичких графика у софтверу expert choice, односно спровођењем анализе осетљивости, које омогућавају да се мењају улазне величине и да се уочи какав ефекат то има на финални ранг или се може користити да се провери да ли и како промене у приоритетима утичу на алтернативе.

Анализа резултата се у софтверу expert choice може спроводити и помоћу различитих графикана.

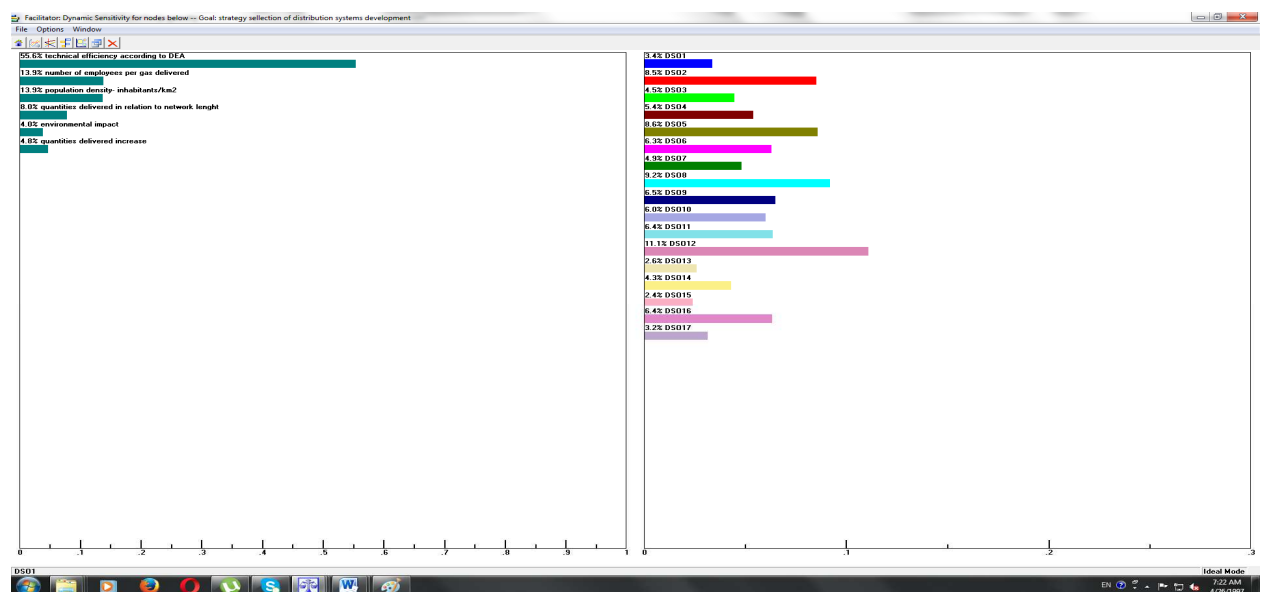
Један од дијаграма је „performance” графикон нам показује како се алтернативе котирају међусобно у односу на задате критеријуме. Он спада у ред динамичких

графикана, тј. омогућава да се на самом графикону мења удео одређеног критеријума и да се прати настала промена у рангирању алтернатива.



Слика 7.13 Приказ како се алтернативе котирају међусобно у односу на задате критеријуме

„Dynamic” графикон служи да се динамично мењају приоритети како би се видело како они утичу на алтернативе.



Слика 7.14 Приказ утицаја приоритета на алтернативе

## 8. ЗАКЉУЧАК

Специфичност гасне привреде у Србији је да је обављање делатности дистрибуције природног гаса веома фрагментирано. Оператори дистрибутивних система раде на мрежама које се веома разликују, које понекад имају веома мали број места испоруке али на којима је могуће остварити значајне испоручене количине, уколико нпр. као прикљученог потрошача имају топлану а истовремено постоје и дистрибутивни системи са великим бројем места испоруке али на којима се испоручене количине природног гаса смањују током времена, што води ка закључку да су ови системи неефикасни.

Стога улазне и излазне варијабле које се у пракси најчешће користе у оваквим истраживањима треба да се примењују са веома великом пажњом, јер веома лако могу довести до погрешних закључака. Једна од посматраних излазних варијабли у истраживању- количине природног гаса испоручене са система, веома интензивно утичу на свеукупну оцену ефикасности. Број места испоруке који би требао да указује на боље коришћење система, може да се покаже као неадекватан показатељ ефикасности због значајног пада у количинама које се испоручују са неких система, чинећи их неефикасним у погледу количина. Овај закључак је нарочито важан у резиденцијалном сектору потрошње (домаћинства), али на неким дистрибутивним мрежама и када је сектор индустрије у питању због економских потешкоћа.

Уочено је да једна од карактеристика значајно утиче на коначне резултате- а то су количине испоручене са дистрибутивних система и да је тај утицај већи када се посматра у односу на број запослених, што даје информацију о томе у ком правцу је могуће спровести унапређења.

Како је могућност утицања на број запослених ограничена законском регулативом, преостаје као могућност да се утиче на испоручене количине природног гаса са дистрибутивних система како би се побољшала ефикасност.

Овај закључак је такође веома битан и због значајнијег пада у потрошњи, односно пада у испорученим количинама са система.

Резултати анализе показују веома ниске нивое техничке ефикасности, што пружа увид о могућностима за унапређење и побољшање, нарочиту уколико у будућем периоду буду примењене подстицајне методе регулације цена. Ово се посебно односи на мале и нове операторе дистрибутивних система, чије су ниске оцене техничке ефикасности последица њихове немогућности да на почетку свог пословања остваре значајнији број места испоруке као и значајне количине испоручене са својих система.

У будућим анализама би могла да се спроведе анализа какав ефекат на ефикасност обављања делатности дистрибуције природног гаса има увођење регулације цена у овом сектору, јер је овим истраживањем уочено да је четири године након примене регулисаних цена, ефикасност оператора дистрибутивних система и даље на веома ниском нивоу, чиме је потврђена почетна хипотеза да оператори дистрибутивних система послују на неефикасан начин и да је потребно управљање дистрибутивним системима унапредити. Како је истраживање спроведено након периода од 4 године ценовне регулације било би очекивано да показатељи ефикасности буду бољи, али очигледно да се у овом временском периоду унапређења као последица регулације нису догодила. Како је због расположивости података анализа рађена на подацима из 2012. године, када се стекну услови и буду расположиви и подаци за касније године, било би интересантно истраживање поновити и видети какви се резултати добијају.

Осим регулације, која за саме ОДС-ове представља спољни фактор на који не могу да утичу, у даљим истраживањима би било пожељно узети у обзир и постојање других екстерних утицајних фактора који могу да утичу на ефикасност рада а сами ОДС-ови их не могу контролисати, као што су нпр. географске карактеристике подручја на којима обављају делатност. Такође, анализе је могуће спроводити и на ширем сету података, односно могућа је примена панел података који се односе на више година, као и укључивање других оператора дистрибутивних система у анализу како би се постигао међународни карактер истраживања, из нпр. земаља у окружењу.

Потрошња природног гаса има одређени значај када се разматра утицај обављања енергетских делатности на животну средину (смањење загађења). Потреба да се спроведе оптимизација у смислу уштеда у потрошњи енергије путем енергетске ефикасности као и да се спроведу унапређења у очувању животне средине чине аргументе који говоре у прилог конверзији потрошача других видова енергије као што

су угаљ или течна горива на природни гас. Да би се ови поступци спроводили, потребно је омогућити да постоје дистрибутивни гасоводни системи на које ће се потрошачи прикључивати, односно потребно је развијати дистрибутивне гасоводне системе.

Стога је веома важно да се направи модел за доношење одлука да ли одређени гасоводни систем развијати или не.

До сада су се дистрибутивни системи у Србији развијали потпуно независно једни од других, а инвестиције у дистрибутивне гасоводе и њихово развој се нису контролисали на бази јединствених критеријума или независне оцене. У досадашњој пракси, овакав приступ се није примењивао у поступку управљања односно доношења стратешких одлука када се ради о инвестицијама у енергетску инфраструктуру. Досадашња пракса се састојала у примени техно-економских анализа док се овим моделом уводе у поступак одлучивања и други утицајни фактори.

Како је развој тржишта енергије процес који воде ЕУ институције, и уз уважавање значаја енергетског сектора у развојној стратегији сваке земље, уважавање алата које користе регулаторна тела некада може бити кључно за одрживост енергетских компанија или чак и одређеног сектора у целисти.

***Теоретски допринос овог истраживања*** је у интеграцији ДЕА методологије са АХП методологијом приликом формирања модела за унапређење управљања системима за дистрибуцију природног гаса као и увођење нових критеријума у оцени пословања оператора дистрибутивних система као што су регулаторни оквир и утицај на животну средину.

Допринос се састоји у томе што је ДЕА методологија алат који се примењује у регулаторној пракси и користи се за одређивање техничке ефикасности а узима у обзир веома важне утицајне факторе и економске и техничке природе као што су нпр. оперативни трошкови као и губици настали на дистрибутивним мрежама. На овај начин је унапређена целокупна комплексност АХП модела за подршку одлучивању односно управљању. Формирани модел доприноси и у смислу да се за овакве анализе обично примењују технички и/или економски параметри пословања, а предложеним



моделом је остварено уважавање и регулаторног оквира и утицаја на животну средину, што доприноси квалитету одлуке која се доноси применом оваквог модела.

Применом ДЕА методологије је потврђена полазна хипотеза да оператори дистрибутивних система не послују на довољно ефикасном нивоу, тако што је добијена прецизна оцена њихове ефикасности/неефикасности која пружа увид код којих оператора дистрибутивних система је ефикасност испод прихватљивог нивоа и које компаније треба да унапреде своју ефикасност. На овај начин је верификована оправданост интеграције ДЕА и АХП методологије, јер је циљ предложеног модела се унапреди управљање дистрибутивним системима базирано на организационим и управљачким одлукама које имају за циљ повећање пословних перформанси.

Такође је потврђена и друга хипотеза да дистрибутивни системи функционишу на довољно сличан начин и да их је могуће описати помоћу утицајних критеријума који се применом вишекритеријумске анализе преводе у модел за управљање дистрибутивним системима. А предложени модел осим у досада препознатим критеријумима који описују пословање на дистрибутивним системима уважава и нове, савремене критеријуме који утичу на обављање ове делатности.

Такође, анализа утицаја на животну средину је декомпонована на два аспекта, позитиван, када се ради о супституцији других горива природним гасом (што је у литератури најчешће разматран ефекат енергетских делатности заснованих на употреби природног гаса на животну средину), и негативан, када се ради о фугитивним емисијама, што је аспект који се ретко уважава, чиме је формиран модел добио на квалитету и када је само оцена утицаја на животну средину у питању.

**Практичан допринос овог истраживања** је да су преференце између алтернатива у моделу базиране на реалним физичким показатељима пословања оператора дистрибутивних система, а за техничку ефикасност су базиране на оцени насталој применом ДЕА методологије, али такође применом података добијених из праксе, из гасне привреде. На овај начин је постигнуто да иако је истраживање спроведено на основу података 17 оператора дистрибутивних система, дефинисани модел буде применљив на све дистрибутивне компаније, чак и не нужно само у сектору природног гаса већ својом универзалношћу омогућава примену и у другим мрежним делатностима (дистрибуција електричне енергије, водовод, телекомуникације и сл.).

За даља истраживања би било корисно анализирати и ефекте спајања дистрибутивних компанија. У оваквој анализи, резултати овог истраживања би нашли своју примену у делу који се односи на односе броја запослених и испоручених количина, дужине мреже и густине потрошње, а анализа би показала да ли би обједињавање ОДС-ова на нивоу региона довело до бољих ових односа уз уважавање повећања дистрибутивне области за коју постоји право обављања делатности дистрибуције природног гаса, што би могло да представља логичну активност за компаније чије дистрибутивне области се налазе једне поред других.

Нови тренд који је уочен од стране неких аутора који се баве овом проблематиком (Но, 2010), је да постоји тренд примене АХП методологије са другим методама: математичке технике програмирања као што су линеарно програмирање, ДЕА, фази скупови, генетски алгоритми, неуралне мреже, SWOT-анализа, а у скорије време и GIS (географски информациони системи).

Уз уважавање веома хетерогеног скупа података који описују пословање оператора дистрибутивних система, убудуће би било оправдано размотрити примену других методологија, као нпр. АНП методологије (analytic network process), која омогућава груписање у кластере и дефинисање веза између кластера, чиме би се омогућило да се формирају групе оператора дистрибутивних система сличних карактеристика.

Погодност употребе природног гаса за грејање у урбаним зонама која се односи како на мање емисије CO<sub>2</sub>, већу ефикасност уређења који користе природни гас као и комфор у употреби, је учинила природни гас добром алтернативом у односу на чврста и течна горива. Да би се ове погодности у потпуности искористиле потребно је развијати дистрибутивне гасободне мреже како би потрошачи могли да се прикључују. У овом истраживању је уважен значај који супституција горива природним гасом има по животну средину, али само у смислу смањења емисије CO<sub>2</sub>, док конверзија на природни гас омогућава и ефекте смањења азотних и сумпорних оксида и честичних материја, те би будућа истраживања могла да уваже и ове утицајне факторе.

Повећање свести о потреби редукције емисија CO<sub>2</sub> и унапређење информисаности потрошача о потрошњи коју остварују а са друге стране процеси које законска регулатива намеће као што је раздвајање делатности (нпр. дистрибуције и снабдевања) представљају нове изазове са којима се компаније које се баве

делатношћу дистрибуције природног гаса суочавају. Стога се ове компаније налазе у ситуацији да уместо до сада једне врсте одлука, опредељују своје стратегије и доносе одлуке у две области- везано за делатност снабдевања било на својој мрежи било и на мрежама на којима дистрибуцију обављају други оператори система, и у другој области, односно везано за развој своје дистрибутивне мреже.

Када се разматра доношење одлуке о даљем развоју дистрибутивног система, треба уважити и чињеницу да сви осим једног дистрибутера у Србији неће скоро испунити услове који се законском регулативом захтевају од енергетских субјеката у погледу правног раздвајања делатности дистрибуције и снабдевања. Ово је важна чињеница јер имплицира да ће и у будуће дистрибутери гаса бити једно правно лице које се бави и делатношћу дистрибуције и управљања дистрибутивним системом и јавног снабдевања односно снабдевања. Иако постоје већ сада обавезе рачуноводственог раздвајања ових делатности, треба имати на уму да ће правни субјекти обављати највероватније и даље све ове делатности, па би у будућим истраживањима било пожељно да се и та чињеница узме у обзир.

Не мање битна је и чињеница да када се разматра стратешко одлучивање о развоју одређене врсте енергетских система, као што су у овом истраживању анализирани дистрибутивни системи за природни гас, треба ове стратешке одлуке повезати и са стратешким одлукама у другим областима енергетике јер на потрошњу природног гаса која, као што је у истраживању доказано, веома утиче на ефикасност искоришћења система, утиче значајно цена других конкурентних извора енергије.

Још један од изазова којима би се будуће моделирање развоја дистрибутивних система могло бавити је и понашање самих порошача природног гаса, јер у зависности од подстицаја да се потрошачи прикључују на дистрибутивне системе и од њиховог броја зависи и одрживост инвестиција у развој ових система.

Како су инвестиције у енергетску инфраструктуру по својој природи финансијски значајне, временски дуготрајне а утицајни фактори су често супротстављени, савремени приступи у поступку доношења одлука су не само оправдани већ и обавезујући.

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Закон о енергетици, Службени Гласник Републике Србије, 84/2004.
- [2] Eurogas statistical report (2014), Brussels, from <http://eurogas.org> accessed on 2015-07-07.
- [3] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025 godine sa projekcijama do 2030 godine, [http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti\\_sekcija.php?id=45678](http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti_sekcija.php?id=45678)
- [4] Bukurov, M. Z., et.al.: Finding the Balance between the Energy Security and environmental protection in Serbia, Thermal Science, 2010, 14, pp. 15-25
- [5] \*\*\*, Provincial Secretariat for Energy and Mineral Resources, Republic of Serbia, Autonomous Province of Vojvodina, Implementation Program of the Energy Development Strategy of the Republic of Serbia in the AP Vojvodina (2007–2012), Novi Sad, Serbia, 2009
- [6] Energy community treaty, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/ENERGY\\_COMMUNITY/Legal/Treaty](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/ENERGY_COMMUNITY/Legal/Treaty)
- [7] Directive 2009/73/EC concerning common rules for the internal market in natural gas, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/1164181/D-2009-73.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/1164181/D-2009-73.pdf)
- [8] Regulation 715/2009 on conditions for access to the natural gas transmission networks, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/1164179/R-2009-715.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/1164179/R-2009-715.pdf)
- [9] Regulation 1775/2005 on conditions for access to the natural gas transmission networks, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/36280/Regulation\\_2005\\_1775.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/36280/Regulation_2005_1775.pdf)
- [10] Directive 2003/55/EC concerning common rules for the internal market in natural gas, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/36278/Directive\\_2003\\_55.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/36278/Directive_2003_55.pdf)
- [11] Directive 2010/75/EC on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/36286/Directive\\_2001\\_80.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/36286/Directive_2001_80.pdf)

- [12] Directive 2001/80/EC on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/36286/Directive\\_2001\\_80.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/36286/Directive_2001_80.pdf)
- [13] Directive 1999/32/EC relating to a reduction in sulfur content of certain liquid fuels [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/36287/Directive\\_1999\\_32.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/36287/Directive_1999_32.pdf)
- [14] Directive 1985/337/EC on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/36294/Directive\\_1985\\_337.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/36294/Directive_1985_337.pdf)
- [15] Reich, D., European Energy Law and its Impact on Serbia Progress, Perspectives and Possibilities, *Thermal Science*, 16 (2012), 1, pp. 17-22
- [16] Coelli, T., et al., *A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators*, World Bank Institute, Washington, USA, 2003
- [17] Decision on determining methodology for setting tariff elements for calculating prices for access to and use of system for natural gas distribution, Energy Agency of the Republic of Serbia, <http://www.aers.rs/FILES/Metodologije/Eng/2006-07.21.MetodologijaDistribucijaGas.pdf>
- [18] Rulebook on technical and commercial quality of supply, Energy Agency of the Republic of Serbia, <http://www.aers.rs/Index.asp?l=1&a=93#PRK>
- [19] Erturk, M., Turut-Asik, S., Efficiency analysis of Turkish natural gas distribution companies by using data envelopment analysis method, *Energy Policy*, 39 (2011), 1426-1438
- [20] Saaty, R.W. (1987). The Analytic Hierarchy process - what it is and how it used, *Mathematical Modeling*, vol. 9, no. 3-5, p. 161-176.
- [21] Vahidnia, M. H., Alesheikh, A., Alimohammadi, A., & Bassiri, A. (2008). Fuzzy analytical hierarchy process in GIS application. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 37(B2), p. 593-596.
- [22] Bhushan, N., Rai, K., *Applying the Analytic Hierarchy Process, Strategic decision Making*, Springer, 2004, IX, 172 p.

- [23] Hubner, M., Haubrich, H. J., Long-Term Pressure-Stage Comprehensive Planning of Natural Gas Networks, Handbook on networks on power systems II, 2012, VIII, 220 p.
- [24] Coyle, G. The Analytic Hierarchy Process (AHP), Coyle, G., Practical Strategy: Structured Tools and Techniques, Open Access Material, Glasgow: Pearson Education Ltd., 2004, ISBN 0 273 68220 2. Available at URL <http://www.booksites.net>. Accessed on 2008-05-08.
- [25] Triantaphyllou, E., Mann, S.H. (1995). Using the Analytic Hierarchy Process For Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges. Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, vol. 2, no. 1, p. 35-44.
- [26]Trudel B.B., Zaras K. (2012). Comparison of Analytic Hierarchy Process and Dominance-Based Rough Set Approach as Multi-Criteria Decision Aid Methods for the Selection of Investment Projects, American Journal of Industrial and Business Management, vol. 2, p. 7-12.
- [27] Schmoldt, D.L., Peterson, D.L., Smith, R.L. (1995) The analytic hierarchy process and participatory decision making. In Power, J. M., Strome, M. and Daniel, T. C. (eds.), Proceedings of the 4th International Symposium on Advanced Technology in Natural Resources Management. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MD. P. 129-143.
- [28] Ishizaka A.,Labib A. (2009), Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and limitations, OR Insight. vol. 22, 4, p. 201-220.
- [29] Satty T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process, Int. J. Services Science, vol. 1, no. 1, p. 83-99
- [30] Kendrick J.D., Saaty D. (2007) Use Analytic Hierarchy Process For Project Selection, Six Sigma Forum Magazine, vol. 6, no. 4, p. 22-29.
- [31] Melvin A. (2012). Decision-Making using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and SAS/IML, Social Security Administration, Baltimore,MD. SESUG, SD-04, 1-12. from <http://analytics.ncsu.edu/sesug/2012/SD-04.pdf> accessed on 2015-11-13
- [32] Broggin M., Gonçalves P., The Network Strategy of a Gas Distribution Company, <http://www.systemdynamics.org/conferences/2013/proceed/papers/P1325.pdf>

- [33] Karleuša, B. et al. Improving decision making in defining priorities for implementation of irrigation plans using AHP methodology. *Tehnički Vjesnik*, 21, 3(2014), 673-680, ISSN 1330-3651.
- [34] Erbetta, F., Rappuoli, L., Estimating optimal scale and technical efficiency in the Italian gas distribution industry, Higher Education and research on mobility regulation and the economics of local services, 2003
- [35] Loron, A.S. et al. An integrated fuzzy analytic hierarchy process-fuzzy data envelopment analysis (FAHP-FDEA) method for intelligent building assessment. *Tehnički Vjesnik*, 22, 2(2015), 383-389, ISSN 1330-3651
- [36] Shirdel, G.M., Mortezaee, A., A DEA-based approach for the multi-criteria assignment problem. *Croatian Operational Research Review*, 6 (2015), 145-154, ISSN 1848-0225
- [37] Vincova, K., Using DEA models to measure efficiency, *BIATEC*, 8 (2005), National Bank of Slovakia
- [38] Cambridge Economics Policy Associates (CEPA), Background to work on assessing efficiency for the 2005 distribution price control review, OFGEM, 2003
- [39] Tovar, B., et al., Efficiency and performance in gas distribution. Evidence from Brazil, *Catedra de Economía y Finanzas Internacionales*, 2013
- [40] Farsi, M., et al. „Cost efficiency in the Swiss gas distribution sector``, *Energy Economics*, 29 (2007), 64-78
- [41] Sherman, H.D., Zhu, J., Improving service performance using data envelopment analysis (DEA), *Service Productivity Management*, XXII,(2006), 328 p.
- [42] Filippini, M., Orea, L., Applications of the stochastic frontier approach in Energy Economics, *Economics and Business Letters*, 3(1), 35-42, 2014
- [43] Ekinci, Y., Merve Ön, R., A Review on the Comparison of EU Countries Based on Research and Development Efficiencies, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic and Management Engineering*, 2015
- [44] Hawdon, D., Efficiency, performance and regulation of the international gas industry- a bootstrap DEA approach, *Energy Policy* 31 (2003) 1167–1178

- [45] Saaty, T., (2009), Theory and application of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs and risks, RWS publications
- [46] KEMA, „Distribution Benchmarking – Activities for Electricity and Gas“, 2008, Report, Project - Technical Assistance to the Energy Agency of the Republic of Serbia, Beograd
- [47] David, S., Joe, Z., Service productivity management: Improving service performance using data envelopment analysis (DEA), Springer, 2006
- [48] Правилник о лиценци за обављање енергетске делатности и сертификацији, (2015), Службени Гласник РС, 87/15, <http://www.aers.rs> , приступљен 2015-5-10.
- [49] Табеле инфо правила, Агенција за енергетику Републике Србије, са сајта <http://www.aers.rs>, приступљен 2015-3-17.
- [50] Vulama, S., Matic, D. (1999). Organization of natural gas distribution in Croatia, Energy marketing, Zagreb, p. 227-236,
- [51] Закон о јавним предузећима, Службени гласник РС, 119/2012, 44/2014
- [52] Мастер план за гасификацију Србије, Economic consulting associates (ECA), [www.mem.sr.gov.yu](http://www.mem.sr.gov.yu), 2005
- [53] Годишњи извештај АЕРС, 2015, <http://www.aers.rs/Index.asp?l=1&a=53>
- [54] William Ho, Xiaowei Xu, Prasanta K Dey, Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, European Journal of Operational Research, North-Holland, 2010, p. 16-24
- [55] Правила о промени снабдевача, Службени Гласник РС 65/15, <http://www.aers.rs/Index.asp?l=1&a=93#PRS>
- [56] Status Review of Main Criteria for Allowed Revenue Determination for transmission, distribution and regulated supply of electricity and gas, Energy Community, 2013, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/2768183/0633975AD5EE7B9CE053C92FA8C06338.PDF](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/2768183/0633975AD5EE7B9CE053C92FA8C06338.PDF)
- [57] [Accounting for gas distribution losses, German Advisory Group, Institute fir Economic Reasearch and Policy Consulting, Berlin, 2015](#)



- [58] Методологија за одређивање цене приступа систему за транспорт природног гаса („Службени гласник РС“, бр. 93/12, 123/12, 5/14, 116/14, 30/15),
- [59] Методологија за одређивање цене приступа систему за дистрибуцију природног гаса („Службени гласник РС“, бр. 123/12, 75/14),
- [60] Методологија за одређивање цене природног гаса за јавно снабдевање („Службени гласник РС“, бр. 75/14)
- [61] Методологија за одређивање цене приступа складишту природног гаса („Службени гласник РС“, бр. 143/14, 4/16).
- [62] Милановић, Д., Мисита, М., Информациони системи подршке управљању и одлучивању, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2008.
- [63] Ariaga, P.I., Regulation of the power sector, Springer, London, 2013
- [64] Intergovernmental Panel on Climate Change 2001, Climate change 2001: Third Assesment Report, IPCC Secretariat, Geneva
- [65] Tol, Richard S.J., Estimates of the Damage Costs of Climate Change, Environmental and Resource Economics 21: 135–160, 2002. Kluwer Academic Publishers, Netherlands
- [66] Murray F., Wilson, S , Growth responses of barley exposed to SO<sub>2</sub>, New Phytologist 114, 537-541, 1990
- [67] Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control , Official Journal L 257 , 10/10/1996 str. 0026 – 0040
- [68] DIRECTIVE 2003/17/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 3 March 2003, amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels
- [69] DIRECTIVE 2001/80/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants
- [70] DIRECTIVE 2001/81/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants
- [71] DIRECTIVE 2002/3/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air

[72] COUNCIL DIRECTIVE 97/11/EC of 3 March 1997 amending DIRECTIVE 85/337/EEC of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment

[73] DIRECTIVE 2003/87/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC

[74] IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds), IGES, Japan

[75] Solujić A., Zakon o efikasnom korišćenju energije- obaveze i podsticaji za unapređenje energetske efikasnosti, Polis časopis za javnu politiku, br. 6., Stalna konferencija gradova i opština – Savez gradova i opština Srbije i Centar za javnu i lokalnu upravu – PALGO centar, 2013

[76] Tubin, B., Poseban prilog o primenjenim merama zaštite na radu i zaštite od požara, Glavni mašinski projekat rekonstrukcije MRS Žitoprodukt- Kragujevac, 2000

[77] Stojiljković, D., Energetika, zagađenje i zaštita životne sredine, Pravo energetike zbornik radova, Pravni fakultet univerziteta u Beogradu, Beograd, 2005.

[78] Methane emissions from the natural gas industry, Volume 9, Underground pipelines, United States Environmental Protection Agency, 1996

[79] Zakon o cevovodnom transportu gasovitih i tečnih ugljovodonika i distribuciji gasovitih ugljovodonika („Službeni glasnik RS”, broj 104/09),

[80] Pravilnik o uslovima za nesmetanu i bezbednu distribuciju prirodnog gasa gasovodima pritiska do 16 bar, („Službeni glasnik RS”, broj 86/2015),

[81] Izveštaj o radu Agencije za energetiku za 2014., <http://www.aers.rs/Files/Izvestaji/Godisnji/Izvestaj%20Agencije%202014.pdf>

[82] Pravila o radu distributivnog sistema na koja je Agencija dala saglasnost, <http://www.aers.rs/Index.asp?l=1&a=94.3>

[83] Pravila o radu transportnog sistema na koja je Agencija dala saglasnost <http://www.aers.rs/Index.asp?l=1&a=94.6>

- [84] Informacioni kod, Agencija za energetiku Republike Srbije, <http://www.aers.rs> ,
- [85] Metodologija za određivanje cene pritupa sistemu za distribuciju prirodnog gasa, , Agencija za energetiku Republike Srbije, [http://www.aers.rs/FILES/Metodologije/2012-12-25\\_Metodologija%20distribucija%20GAS%20SG%20123-12.pdf](http://www.aers.rs/FILES/Metodologije/2012-12-25_Metodologija%20distribucija%20GAS%20SG%20123-12.pdf)
- [86] Improving Methane Emission Estimates for Natural Gas Distribution Companies, Phase II – PE Pipes, Gas Technology Institute, Des Plaines, Illinois, Novembar 2013
- [87] Zakon o cevovodnom transportu tečnih i gasovitih ugljovodonika i distribuciji gasovitih ugljovodonika, („Službeni glasnik RS”, broj 104/2009),
- [88] Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems, Chapter 5: Unaccounted for Gas, Office of Pipeline Safety, PHMSA, 2002.
- [89] Nathan G. Phillips et al., Mapping urban pipelines leaks: Methane leaks across Boston, Environmental Pollution, 173, (2013), 1-4,
- [90] David T. Allen et al., Measurements of methane emissions at natural gas production sites in the USA, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, volume 110, no.44, pages 17768-17773, October 2013
- [91] Chapter 5: Unaccounted for gas, US Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Office of Pipeline Safety, Guidance Manual for Operators of small natural gas systems, June 2002 edition, june, 2002, <http://www.phmsa.dot.gov/pipeline/tq/manuals>
- [92] Dan Utech, „ A strategy to cut methane emissions”, The white house blog, March 28, 2014, <http://www.whitehouse.gov/blog/2014/03/28/strategy-cut-methane-emissions>
- [93] Pal-Stefan Murvay and Ioan Silea, “A survey on gas leak detection and localization techniques,” Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 25 Issue 6, pages 966-973, November 2012, [http://www.aut.upt.ro/~pal-tefan.murvay/papers/survey\\_gas\\_leak\\_detection\\_localization\\_techniques.pdf](http://www.aut.upt.ro/~pal-tefan.murvay/papers/survey_gas_leak_detection_localization_techniques.pdf)
- [94] U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, “Fact Sheet: Leak Detection Systems,” accessed januar 28, 2016, <http://primis.phmsa.dot.gov/comm/FactSheets/FSLeakDetectionsystems.htm>

[95] U.S. Environmental Protection Agency, “Sources of Greenhouse Gas Emissions,” accessed januar 28, 2016, <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/sources.html>

[96] U.S. Environmental Protection Agency, “Basic Information | Greenhouse Gas Reporting Program,” accessed februar 1, 2016, <http://www.epa.gov/ghgreporting/basic-info/index.html>.

[97] U.S. Environmental Protection Agency, Office of Inspector General, Improvements Needed in EPA Efforts to Address Methane Emissions from Natural Gas Distribution Pipelines, Report No. 14-P-0324, Jul 25, 2015, <http://www.epa.gov/oig/reports/2014/20140725-14-P-0324.pdf>.

[98] Energy & Infrastructure Program Energy Project, Natural Gas Infrastructure and Methane Emissions, September 2014, Bipartisan Policy Center

[99] Chapter 5 (Unaccounted for Gas) in: U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Office of Pipeline Safety, Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems (June 2002 Edition), June 3, 2002, <http://www.phmsa.dot.gov/pipeline/tq/manuals>.

[100] definicija gubitaka, AGA website at:

<http://www.aga.org/Kc/glossary/Pages/u.aspx>.

[101] definicija gubitaka , PHMSA website at:

<http://www.phmsa.dot.gov/staticfiles/PHMSA/Pipeline/TQGlossary/Glossary.html#US>.

[102] National Regulatory Research Institute, Lost and Unaccounted-for Gas: Practices of State Utility Commissions, Report No. 13-06, Jun 2013, <http://nrri.org/download/nrri-13-06-lost-and-unaccounted-for-gas/>

[103] Innovative Environmental Solutions, Inc. (prepared for the American Gas Association), Greenhouse Gas Emission Estimation Methodologies, Procedures, and Guidelines for the Natural Gas Distribution Sector, April 2008,

<http://www.aga.org/SiteCollectionDocuments/LegReg/LegAdvocacy/Environmental/0805G HGGUIDELINES.PDF>.

[104] U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, "Meeting Questions and Answers: New PHMSA Gas Distribution Annual Report and Mechanical Fitting Failure Report," accessed januar 15, 2015, <http://www.phmsa.dot.gov/staticfiles/PHMSA/DownloadableFiles/DIMP%20Webinar%20Meeting%20Questions%20and%20Answers.pdf>.

[105] Uredba o uslovima za isporuku prirodnog gasa, („Službeni glasnik RS”, broj 47/2006),

[106] Picard, D., Fugitive emissions from oil and natural gas, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Energy Sector, [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2\\_6\\_Fugitive\\_Emissions\\_from\\_Oil\\_and\\_Natural\\_Gas.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2_6_Fugitive_Emissions_from_Oil_and_Natural_Gas.pdf)

[107] Potrošnja goriva i sirovina u pogonske i tehnološke svrhe 2012, Bilten 2013, Republički zavod za statistiku, Republika Srbija

[108] Gomez, D., et al., Chapter 2: Stationary combustion, Volume 2, Energy, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

[109] Opštine i regioni u Republici Srbiji, Republički zavod za statistiku, Republika Srbija, Beograd, 2012.

## **Биографија**

Бранка Тубин-Митровић је рођена 19.06.1973. у Београду, Република Србија.

Основну школу и гимназију завршила је у Београду. Машински факултет Универзитета у Београду - смер индустријско инжењерство завршила је 1997. године.

Звање магистра техничких наука стекла је на Машинском факултету Универзитета у Београду из области индустријског инжењерства 2.3.2010. године одбранивши магистарски рад на тему: „Модел за избор стратегије развоја дистрибуције природног гаса“ – ментор доц. др Мирјана Мисита.

Такође, у периоду од октобра 2004 до јуна 2005 године похађала је специјалистичке студије на Правном факултету Универзитета у Београду, где је стекла неопходна знања из области Права енергетике (предмети из области закључивања уговора, право енергетике у праву ЕУ, уговор о цевоводном транспорту нафте и гаса, уговор о куповини и продаји енергије, трговина енергијом, тржиште енергије, трговина енергијом на дерегулисаном тржишту, основе финансијског тржишта), а што је је био неопходно на тадашњем радном ангажману у оквиру рада у Министарству рударства и енергетике.

У септембру 1999. године положила је Стручни испит за управљање транспортом природног гаса и одржавање гасоводних инсталација за транспорт гасовитих угљоводоника (Југоинспект, Београд) а у јуну 2000. године положила је Стручни испит за машинске инжењере при Министарству урбанизма и грађевине (Савез машинских и електро инжењера и техничара Србије).

## **Радно искуство**

У периоду од септембра 1997. - јуна 1998. радила је у Београдском машинско графичком предузећу на радном месту технолога производње.

У периоду од децембра 2000. - новембра 2005. радила је у НИС Енергогас-у, делу предузећа за транспорт и трговину природним гасом и ТНГ-ом на радном месту инжењера за развој и дистрибуцију природног гаса.

У периоду од децембра 2001– новембра 2005 године радила је у Министарству рударства и енергетике, Сектор за нафту и гас на радном месту саветника.

Од јануара 2006 до данас ради у Агенцији за енергетику Републике Србије, Одељење за енергетско техничке послове на радном месту вишег стручног сарадника за природни гас.

#### Списак објављених радова

- Improvement of Efficiency of Gas Distribution Sector in The Republic of Serbia: some Recommendations/Ђорђе Калићанин, Мировслав Тодоровић, Бранка Тубин-Митровић, Економика предузећа. - ISSN 0353-443X. - God. 63, br. 7/8 (2015), str. 435-448, 005.591.45, 658.86:662.6/.9, COBISS.SR-ID 221278220
- Б. Тубин-Митровић, Анализа и регулаторни третман губитака на дистрибутивним системима, Научно-стручни скуп о гасу и гасној техници са међународним учешћем, „ГАС 2016”, Врњачка Бања
- Б. Тубин-Митровић, Интеграција и надзор над квалитетом услуге у сектору природног гаса, Научно-стручни скуп о гасу и гасној техници са међународним учешћем, „ГАС 2013”, Дивчибаре
- Б. Тубин-Митровић, Анализа ефиканости пословања дистрибутера природног гаса, Научно-стручни скуп о гасу и гасној техници са међународним учешћем, „ГАС 2012”, Кладово
- Б. Тубин-Митровић, 2011, ``Модел за избор стратегије развоја дистрибуције природног гаса``, Научно-стручни скуп о гасу и гасној техници са међународним учешћем, „ГАС 2011”, Кладово
- Б. Тубин, Д. Миловановић, 2001, ``Превентивно одржавање засновано на статистичком праћењу поузданости``, Гас, Врњачка Бања
- Б. Тубин, Б. Јеремић, 2000, ``Статистичке методе у одржавању опреме за природни гас``, Гас, Врњачка Бања
- Б. Тубин, М. Табаковић, 1998, ``Статистичке методе у одржавању мотора``, Одржавање машина и опреме, Котор

# Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Бранка Тубин-Митровић

Број индекса /

## Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Управљање системима за дистрибуцију природног гаса применом

---

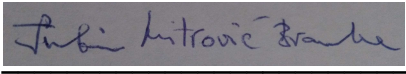
вишекритеријумске анализе

---

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

## Потпис аутора

У Београду, \_\_\_\_\_ 2016.



---



## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Бранка Тубин-Митровић \_\_\_\_\_

Број индекса \_\_\_\_\_

Студијски програм \_\_\_\_\_

Наслов рада Управљање системима за дистрибуцију природног гаса применом  
вишекритеријумске анализе \_\_\_\_\_

Ментор \_\_проф. др. Мирјана Мисита\_\_\_\_\_

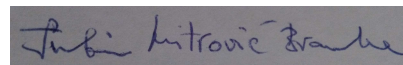
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_јун 2016\_\_\_\_\_



## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Управљање системима за дистрибуцију природног гаса применом

---

вишекритеријумске анализе

---

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

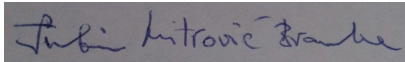
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.  
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_ 2016.



---

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.