

სალომე ლომიძე

საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო  
სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმალური მოდელირება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა“ ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“  
შიფრი 0405

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
ივლისი, 2015 წელი

საავტორო უფლება © 2015 წელი, სალომე ლომიძე

## ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ლომიძე სალომეს მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმალური მოდელირება“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

ივლისი, 2015

ხელმძღვანელი: მ.გუდიაშვილი  
ასოც. პროფესორი

---

რეცენზენტი: ა. სიჭინავა  
პროფესორი

---

რეცენზენტი: ნ. გობალიშვილი  
აკად. დოქტორი

---

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ავტორი:	ლომიძე სალომე
დასახელება:	საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმალური მოდელირება
ფაკულტეტი :	ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
აკადემიური ხარისხი:	დოქტორი
სხდომა ჩატარდა:	ივლისი, 2015

ინდივიდუალური პროფნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

*ვეძღვნი ჩემს ოჯახს!*

## რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმალური მოდელირება.

ნაშრომი მოიცავს შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, სამ თავს, დასკვნას, ბიბლიოგრაფიას და დანართებს.

პირველი თავი „საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში“, ეძღვნება საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილის და როლის კვლევას.

დღევანდელ მსოფლიოში დაწყებულია არატრადიციული, განახლებადი ენერჯის ეფექტურად გამოყენების საშუალებების ძიება, რათა ამონურვადი ენერგეტიკული რესურსების, როგორცაა ნახშირი, ბუნებრივი გაზი და ნავთობის გამოყენება ენერგეტიკული მიზნებისთვის შეიცვალოს განახლებადი ენერჯის წყაროებით. გარდა ამისა, განახლებადი ენერჯის გამოყენების წინა პლანზე გადმოსვლა გამოწვეულია ისეთი ფაქტორებით, როგორცაა ტრადიციული ენერგორესურსების შემზღვევითი მარაგი, გლობალური დათბობა და ენერჯის მომხმარებელთა რაოდენობის ზრდა. საქართველო განახლებადი ენერჯის პოტენციალის, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯის მხრივ ერთ-ერთი უმდიდრესი ქვეყანაა და განახლებადი ენერჯის სექტორის განვითარება საშუალებას მისცემს დააკმაყოფილოს ქვეყნის შიგა მოთხოვნა და ელექტროენერჯის მსხვილ რეგიონულ ექსპორტიორად იქცეს.

მსოფლიო ბანკის მონაცემებზე დაყრდნობით წარმოდგენილია საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ევროპის ერთ-ერთი განვითარებული ქვეყნის, ნორვეგიის, (რომელიც მოსახლეობის რაოდენობის მხრივ შეესაბამება საქართველოს), 2002-2012 წლების შემდეგი მაჩვენებლები: ელექტროენერჯის საკუთარი საშუალებებით წარმოება და საერთო მოხმარება, ასევე ნაჩვენებია ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, ჰიდროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ნატურალურ მაჩვენებლებში და პროცენტული რაოდენობა საერთო წარმოებაში, აგრეთვე ნახშირორჟანგის ემისიის რაოდენობა. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლის და მნიშვნელობის ერთ ერთი მაჩვენებელია მისი განახლებადი ენერჯის წყაროებით, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯის გამოყენებით მიღებული ელექტროენერჯის ხვედრითი წილი საკუთარი საშუალებებით გენერაციის საერთო მოცულობასთან. ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველო მნიშვნელოვნად აჭარბებს თურქეთისა და აზერბაიჯანის ანალოგიურ მაჩვენებლებს და მხოლოდ რამდენიმე პროცენტული პუნქტით ჩამორჩება ნორვეგიას. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლი სამხრეთ კავკასიაში გაიზრდება, თუ ის წარმატებით ჩაერთვება ემისიებით ვაჭრობის მსოფლიო სისტემაში, სადაც დაბალი ემისიის მქონე ქვეყნები მიყიდნიან თავის ქვოტებს მაღალი ემისიის მქონე ქვეყნებს, რათა მათ შეასრულონ „კიოტოს ოქმის“

შესაბამისად დადებული ხელშეკრულების პირობები ემისიების შემცირების თაობაზე. საქართველოს ყველაზე კარგი მონაცემები გააჩნია ნახშირორთქანგის ემისიის მიხედვით თურქეთთან და აზერბაიჯანთან შედარებით. საქართველოს გეოპოლიტიკური მდებარეობა, რომელიც მოქცეულია სამხრეთ კავკასიასა და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ევროპას შორის, ხელს შეუწყობს საქართველოში ენერგორესურსების მიწოდების უსაფრთხოების გაძლიერებას.

მეორე თავი „ელექტროსისტემის საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის მოდელირება“ უკავშირდება საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგიის მიზანს, რომ დღეისათვის პრიორიტეტულია სახელმწიფო და კერძო ინვესტიციების ხელშეწყობა და ენერგო სექტორში ტექნოლოგიური განვითარება. საპროგნოზო პერიოდში საქართველოს მთავრობის მიერ შემუშავებული სტრატეგიის თანახმად, საქართველომ უნდა უზრუნველყოს 2015-2020 წლებში ელექტროენერჯის წარმოების გაზრდა 14 მლრდ კვტს-მდე. ელექტროენერჯის სულ უფრო მზარდი მოთხოვნის პერსპექტიული ამოცანის დასაკმაყოფილებლად საქართველოსთვის დღის წესრიგში დგას ენერგეტიკული სიმძლავრეების ისეთი განვითარება, რომელიც უზრუნველყოფს მისდამი წაყენებული ეკონომიკური კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას, როგორცაა არაგანახლებადი ენერგორესურსების ხარჯვის მიზანშეწონილი და ოპტიმალური დონე შორეული პერსპექტივის გათვალისწინებით, ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებისთვის საჭირო კაპიტალდაბანდებათა გამართლებული მოცულობა და ა.შ. წარმოადგენს მრავალკრიტერიუმიან ამოცანას, რომლის გადაწყვეტა შესაძლებელია მათემატიკური მოდელის აგებით.

2013-2014 წლების მონაცემებით წლიური გამომუშავება 10 მლრდ კვტს-ს შეადგენდა და იმის გათვალისწინებით, რომ ეს მაჩვენებელი მომდევნო წლებშიც შენარჩუნდება, 2020 წლისათვის საჭიროა დამატებით არანაკლებ 4 მლრდ კვტს ენერჯია, რომ გავიდეთ საპროგნოზო მაჩვენებელზე (14 მლრდ კვტს). მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების განვითარების ისეთი მოდელი, რომელიც ოპტიმალურად გაანაწილებს კაპიტალურ, შრომით და ფინანსურ რესურსებს. წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით კმაყოფილდება შემდეგი პირობები: პერსპექტიულ 2015-2020 წლების პერიოდში უნდა აშენდეს მარეგულირებელი წყალსაცავის მქონე ჰიდროსადგურები - 908 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც პიკურ დატვირთვაზე იმუშავებს. ასევე მიზანშეწონილია აშენდეს 20 მგვტ ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგური (გორის მუნიციპალიტეტის პროექტი) და ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოსადგური 230 მგვტ სიმძლავრით (შემოდგომა-ზამთრის დეფიციტის დასაფარად). მცირე ჰესები უნდა აშენდეს 85 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ადგილობრივ მოთხოვნას რეგიონებში.

მესამე თავში წარმოდგენილია „ჰიდროელექტროსადგურის არჩევა ფაზი-ლოგიკის გამოყენებით“. იმისათვის, რათა განვსაზღვროთ, თუ რომელი საშუალო და დიდი სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურები შევიდნენ მოქმედებაში, ანუ რომელი დამატებითი 908 მგტ სიმძლავრით შეივსოს ელექტროსისტემის სიმძლავრეების სტრუქტურა, გამოვიყენოთ ფაზი-ლოგიკის ელემენტები, რადგან ჩვენ არჩევანს ვაკეთებთ ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, რომელთა ზუსტი რაოდენობრივი მნიშვნელობები არ გააჩნიათ და გამოვიყენოთ ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი. ამგვარად, დამუშავდა კომპიუტერულ პროგრამაში შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით. თითოეული კრიტერიუმისთვის შესაბამისი რაოდენობრივი მნიშვნელობის მინიჭების შემდეგ, პროგრამული პაკეტის ბაზაზე შესრულებული ანგარიშის მიხედვით შემსვლელი მახასიათებლების წონითი კოეფიციენტების და საერთო მახასიათებლებზე მათი გავლენის დონის შესაბამისად აგებულია გრაფიკები და დიაგრამები.

აღნიშნულის საფუძველზე, ტექნიკურ-ეკონომიკურ ანალიზს დაეყვამდებარა საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტროს მიერ წარმოდგენილი პერსპექტივაში ასაშენებელი 60-მდე ჰიდროელექტროსადგურიდან 15 საშუალო და დიდი ჰესი. განსაკუთრებული ყურადღების ქვეშ მოექცა ის ჰესები, რომელთაც გააჩნიათ მარეგულირებელი წყალსაცავი, რადგან ისინი ახდენენ ყველაზე უარყოფით ზემოქმედებას კლიმატზე, ეკოლოგიურ, გეოლოგიურ და სოციალურ პირობებზე.

თითოეული ჰიდროსადგურისთვის, გაანგარიშებულია შემდეგი სათბურის გაზების, როგორცაა ნახშირორჟანგის ( $\text{CO}_2$ ), მეთანის ( $\text{CH}_4$ ) და აზოტის ქვეჟანგის ( $\text{NO}_2$ ) ემისიები. საინვესტიციო ჰიდროელექტროსადგურების რეიტინგული შეფასებების გათვალისწინებით, თითოეულ ელექტროსადგურს მინიჭებული აქვს შესაბამისი ქულა, 1-დან 100 მდე, სადაც 20 ქულის ზემოთ ელექტროსადგური ითვლება გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების ობიექტად. თითოეული ელექტროსადგურის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების პროცენტული წილი შემდეგნაირად განაწილდა: ყველაზე უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს ხუდონი, საშუალო შეწონილი რაოდენობა - 46,66% და ნენსკრა - 23,63%. ამრიგად, გამოირიცხა ხუდონის და ნენსკრას ჰიდროელექტროსადგურები, ხოლო ელექტროენერჯის სასურველი რაოდენობის მიღება შესაძლებელია უმტკივნეულოდ, კერძოდ არანებაყოფლობითი განსახლების და კერძო საკუთრების იძულებითი წესით ჩამორთმევის გარეშე;

ე.ი. 2020 წლისათვის საქართველოს ელექტროსისტემის ოპტიმალური სტრუქტურა უზრუნველყოფს ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის დაკმაყოფილებას ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობის, გარემოს დაცვის და საწარმოო სიმძლავრეების ტერიტორიული განაწილების გათვალისწინებით.

დასკვნაში მოყვანილია ჩატარებული სამუშაოს შედეგები.  
დანართებში მოცემულია საილუსტრაციო ცხრილები.



## RESUME

The paper presents the optimal modeling of structure of the electricity production capacity.

The work involves an introduction, literature review, three chapters, conclusion, bibliography and appendices.

The first chapter „Georgian energy’s geopolitical place and role in the world economy”, dedicated to the study of the role and geopolitical place of energy.

In today's world started the search of nontraditional, renewable energy efficient use, to switch the scarce energy resources, such as coal, natural gas and oil to renewable sources of energy. In addition, the use of renewable energy to come to the first place due to factors such as the limited supplies of traditional energy resources, global warming and increase in the number of energy customers. Georgia have renewable energy potential and it is one of the richest countries regarding the hydropower and renewable energy sources. The development of energy sector will allow to satisfy the internal demand and become major regional exporter of electricity.

Based on the data of the World Bank, presented indicators of Turkey, Azerbaijan and Europe’s one of the developed countries, Norway, (which corresponds to the amount of the population with Georgia) during 2002-2012 years. Indicators are as follows: production and total consumption of the electricity of by own facilities. production and total consumption of the electricity per capita population. The amount of electricity produced by hydroelectric power and percentage part of total industrial production, as well as carbon dioxide emissions. Georgia’s Geopolitical role and importance show one of the indicators hydropower electricity obtained by using renewable sources. The analysis showed that Georgia exceeds the corresponding figures for Turkey and Azerbaijan, and only a few percentage points lower than in Norway. The geopolitical role of Georgia in the South Caucasus will grow, if it successfully engage in in the world emissions trading system, where low-emission countries can sell their quotas and high-emission countries will purchase it to meet their duties on the reduction of emissions in accordance with the terms of the agreement of „Kyoto Protocol”. Georgia have a good level of carbon dioxide emissions by comparison with Turkey and Azerbaijan. Georgia's geopolitical location, which is situated between the South Caucasus and South-Eastern Europe, will contribute to strengthening the security of energy supply in Georgia.

The second chapter „The modeling of the structure of the electricity production capacity" linked with the Georgian energy strategy with the aim to present a priority for the promotion of public and private investment and technological development in the energy sector. The strategy aims, the need to ensure a production increase up to 14 billion kWh of electricity during the forecast period, in the years 2015-2020. The growing needs of electricity demand is the prospective task on the agenda for the development of energy capacity, which provides him the charges of economic criteria, such as non-renewable energy resources and the level of spending. It is appropriate distant perspective, maintaining the ecological balance of the capital needed for the reasonable volume, etc., represents multicriterial task, that can be solved by building a mathematical model.

According to the data of 2013-2014, the annual output of electricity in Georgia, was 10 billion kWh and if we consider that this amount will remain in the following years,

by 2020, we need 4 billion kWh additional energy to reach the projected figure (14 billion kWh). On the basis of the scientific research, developed a model of the electricity production capacity, where optimally allocated capital, labor and financial resources. According the objectives and constraints, the following conditions are satisfied: for the perspective period 2015-2020 should be built hydropower stations with a regulating reservoir - 908 MW with peak load. It is recommended to construct a 20 MW wind energy plant as well (the Gori district project) and 230 MW capacity gas-fired heat power station. 85 MW small hydro power plants should be built to meet the demands of the local regions.

The third section presents „Hydropower plant selection by fuzzy logic". In order to determine which of the medium and large-capacity power plants entered in action, or in an additional 908 MW capacity Hpps will fill the structure, we use the fuzzy logic elements. We make the choices of such criteria, that quantitative values do not possess and we should use linguistic mathematical modeling on the basis of the software package.

The information processed by the computer program on each of the Hpps, with reservoir volume and assessed the environmental impact of each criteria. Each criterion has the quantitative importance and the software package on the basis of the report by entering the characteristics of weight coefficients and their influence on the overall level are built charts and diagrams.

On that basis, have been subjected to economic analysis 15 medium and large plants from presented by the Ministry of Energy 60 perspective HPPs. Special attention was paid power plants, which have a regulating reservoir, because they have the most negative impact on the climate, ecological, geological and social conditions. For each HPP, calculated the following greenhouse gases emissions, like carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (NO<sub>2</sub>). Rated evaluations of investment in hydro power plants, each plant is given to the relevant points, from 1 to 100. Hpps above 20 points is considered to be the object of negative environmental impacts. Each of the power of negative environmental impacts. After evaluation in percentages as follows: the most negative impact makes Khudoni Hpp, the weighted average number - 46.66% and the Nenskra Hpp - 23.63%. Thus, excluded Nenskra and Khudoni power stations, and the desired amount of electricity can be obtained without pain, in particular involuntary resettlement and without compulsory deprivation of private property;

The developed optimal structure of the power energy grid by 2020 will meet the country's electricity needs with considering the economic, environmental and territorial distribution of production capacities.

The results of executed work are given in the conclusion.

The annexes include the illustration tables.

## შინაარსი

შესავალი.....	16
1. ლიტერატურის მიმოხილვა.....	22
2. შედეგები და მათი განსჯა.....	30
თავი 1. საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში	
1.1. საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგია .....	30
1.2. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლი სამხრეთ კავკასიაში .....	37
თავი 2. ელექტროსისტემის სანარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის მოდელირება	
2.1. სანარმოო სიმძლავრეების ოპტიმალური განვითარების მათემატიკური მოდელი .....	52
2.2. საქართველოს ელექტროენერგეტიკის პერსპექტიული სტრუქტურა .....	63
თავი 3. ჰიდროელექტროსადგურის არჩევა ფაზი-ლოგიკის გამოყენებით	
3.1. ფაზი-ლოგიკის არსი და პრაქტიკული მნიშვნელობა.....	67
3.2. ევროკავშირის პოლიტიკა კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით	70
3.3. ჰიდროელექტროსადგურის არჩევა ლინგვისტური ცვლადების გამოყენებით.....	78
4. დასკვნა .....	114
გამოყენებული ლიტერატურა .....	118
დანართი .....	123-126

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. კიოტოს ოქმის დანართ B -ში წარმოდგენილი ქვეყნები.....	41
ცხრილი 2. ძირითადი სათბურის გაზების „სათბურის ეფექტის“ ზომა, გამოსახული $tCO_2eq$ -ით .....	42
ცხრილი 3. საქართველოს 2000-2014 წლების ელექტროენერჯის წარმოების დინამიკა.....	49
ცხრილი 4. საქართველოს 2000-2014 წლების ელექტროენერჯის მოხმარება, მლნ კვტსთ.....	50
ცხრილი 5. მცირე ჰესები 85 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ადგილობრივ მოთხოვნას რეგიონებში.....	65
ცხრილი 6. საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტროს მიერ წარმოდგენილი პერსპექტივაში ასაშენებელი 60-მდე ჰიდროელექტრო სადგურიდან 15 საშუალო და დიდი ჰესი .....	86
ცხრილი 7. ჰესების ტექნიკური პარამეტრები და სათბურის გაზების ემისიები.....	105
ცხრილი 8. სარეიტინგო შეფასებების შედეგების მიხედვით ჰესებისთვის მინიჭებული ქულა.....	112
ცხრილი 9. მინიმალური უარყოფითი ზემოქმედების მიხედვით შერჩეული პოტენციური ჰიდროელექტროსადგურები.....	112
ცხრილი 10-17. დანართი- საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ნორვეგიის 2000-2012 წლების ძირითადი ენერჯეტიკული და ეკონომიკური მაჩვენებლები.....	123-126

## ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1. ელექტროენერჯის კუთრი წარმოება ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი, 2012 წ.....	38
ნახაზი 2. ელექტროენერჯის საერთო გამომუშავებაში ჰიდროსადგურებით გენერირებული ელექტროენერჯის პროცენტული წილი, 2012წ...39	
ნახაზი 3. საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ნორვეგიის ნახშირორჟანგის ემისიები 2000-2012 წლების პერიოდში.....	47
ნახაზი 4. საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ნორვეგიის ნახშირორჟანგის ემისიები 2012 წ.....	48
ნახაზი 5. ელექტროენერჯის წარმოების 2000-2014 წ. დინამიკა საქართველოში.....	50
ნახაზი 6. ელექტროენერჯის მოხმარების 2000-2014 წ. დინამიკა საქართველოში.....	50
ნახაზი 7. სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგია, საქართველო 2020.....	52
ნახაზი 8. ელექტროენერჯის გამომუშავებისა და მოხმარების პროგნოზი.....	53
ნახაზი 9. ფაზი-ლოგიკის სხვადასხვა სახის მიკუთვნების ფუნქციები.....	69
ნახაზი 10. დეფაზიტიკაციის მეთოდები.....	70
ნახაზი 11. კომპიუტერული პროგრამის მატრიცა.....	80
ნახაზი 12. სავარაუდო კავშირი ცვლადებს შორის.....	80
ნახაზი 13. გრაფიკულად წარმოდგენილია ჰესების სათბურის გაზების ემისიები, ტ CO <sup>2</sup> -ის ეკვივალენტი/წელიწადში.....	105
ნახაზი 14. გრაფიკულად წარმოდგენილია ჰესების სათბურის გაზების ემისიები, პროცენტულად.....	106
ნახაზი 15. კომპიუტერული პროგრამის დიაგრამა, ინვესტირების პროცესი.....	107
ნახაზი 16. თითოეულ კრიტერიუმში ალტერნატიული ჰესის წილობრივი მონაწილეობა.....	107
ნახაზი 17. გარემოზე ზემოქმედების დონე თითოეული ჰიდროელექტროსადგურისგან.....	108
ნახაზი 18. გარემოზე ზემოქმედების ხარისხი თითოეული ჰიდროელექტროსადგურისგან.....	108
ნახაზი 19. თითოეული ელექტროსადგურის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების პროცენტული წილი.....	109
ნახაზი 20. გადანყვეტილების ხე, ასახულია ინვესტირების მთელი პროცესის საკვანძო მომენტები (Milestones).....	110
ნახაზი 21. ჰიდროსადგურების რეიტინგული შეფასებები.....	111

## დისერტაციაში გამოყენებული აბრევიატურები

CBD- გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის რიო-დე-ჟანეიროს კონვენცია ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესახებ

CFC- ქლორფტორნახშირბადები

CO- ნახშირბადის მონოოქსიდი (ნახშირჟანგი)

CO<sub>2</sub>- ნახშირბადის დიოქსიდი (ნახშირორჟანგი)

CFC- ქლორფტორ ნახშირბადი

EUROBATS- შეთანხმება ევროპულ ხელფრთიანთ აპოკულაციების დაცვის შესახებ

ESAP- გარემოს დაცვითი და სოციალური სამოქმედო გეგმა

ESMP- გარემოს დაცვითი და სოციალური მონიტორინგის პროგრამა

GIS- გეოინფორმაციული სისტემა

HSE- ჯანმრთელობა, უსაფრთხოება და გარემოს დაცვა

ICOLD- დიდიკაშხლების საერთაშორისო ორგანიზაცია

IFC- საერთაშორისო საფინანსო კორპორაცია

ILO -შრომის საერთაშორისო ორგანიზაცია

IUCN- ბუნების კონსერვაციის საერთაშორისო კავშირი

NO<sub>2</sub>- აზოტისდიოქსიდი

No<sub>x</sub>- აზოტისოქსიდები

OP- საოპერაციოპოლიტიკა

RAP -განსახლების სამოქმედო გეგმა Resettlement Action Plan

SEP- დაინტერესებულ პირთა ჩართვის გეგმა (Stakeholder Engagement Plan)

SO<sub>2</sub>- გოგირდისდიოქსიდი

So<sub>x</sub>- გოგირდისოქსიდები

UNFCCC -გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია

გზმ-გარემოზე ზემოქმედების შეფასება

გდპ-გლობალური დათბობის პოტენციალი

დბ (dB)- დეციბელი

ზდკ-ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები

უბმ-უანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნა

უქმ-უანგბადის ქიმიური მოთხოვნა

კნ-კილომეტრ ნიშნული

ჰ/ს-ჰიდროლოგიური საგუმაგო

## მადლიერება

დიდი მადლიერება მინდა გამოვხატო, უპირველესად, ჩემი სადოქტორო სადისერტაციო ხელმძღვანელის ქალბატონ მაკა გუდიაშვილის მიმართ, განუელი საქმიანი რჩევებისა და კონსულტაციისთვის.

უღრმესი მადლიერება მინდა გამოვხატო ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის და ენერგეტიკის მენეჯმენტის მიმართულების ყველა თანამშრომლის მიმართ, რომლებმაც ჩემი დოქტურანტურაში სწავლების პერიოდში, თავიანთი საქმიანი რჩევებითა და კონსულტაციებით საკმაო წვლილი შეიტანეს ჩემი სადისერტაციო ნაშრომის შესრულებაში.

## შესავალი

სადისერტაციო თემა „საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ოპტიმალური მოდელირება“ თანამედროვე საქართველოსთვის წარმოადგენს ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს, რადგან ელექტროენერჯის სულ უფრო მზარდი მოთხოვნის პერსპექტიული ამოცანის დასაკმაყოფილებლად დღის წესრიგში დგას ადგილობრივი რესურსების ათვისების ფართომასშტაბიანი საინვესტიციო საქმიანობის წარმართვა. აღსანიშნავია, რომ საქართველო საკუთარი წარმოების სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მხრივ, საკმაოდ შემზღვეულია და მთლიანად დამოკიდებულია ნავთობპროდუქტებისა და ბუნებრივი აირის იმპორტზე. აქედან გამომდინარე, განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს საქართველოს ელექტროსისტემის ოპტიმალური სტრუქტურის შემუშავება.

საკითხის აქტუალობიდან გამომდინარე, ელექტროენერგეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის მოდელირებას ეძღვნება მრავალი მეცნიერის შრომები, მათ შორის აკად. ვ. ჭიჭინაძის და საქართველოს ენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მეცნიერების შრომები.

ამგვარად, წინამდებარე სადოქტორო ნაშრომში დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად მიზანშეწონილია გამოყენებული იყოს თანამედროვე ფორმები და მიდგომები, კვლევა უნდა ატარებდეს კომპლექსურ ხასიათს და მასში სრულად უნდა აისახოს ის ფაქტორები, რაც გავლენას ახდენს ელექტროენერგეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის ფორმირებაზე.

**სადოქტორო ნაშრომის მიზანია** საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში პერსპექტიულ პერიოდში მოქმედებაში შევიდეს ისეთი ახალი საწარმოო სიმძლავრეები, რომელებიც მინიმალური დანახარჯებით დააკმაყოფილებს ელექტროენერჯიაზე ქვეყნის გაზრდილ მოთხოვნას, განსაკუთრებით,



შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში. საქართველოს ელექტროსისტემის ოპტიმალური სტრუქტურის მოდელირებისთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ახალი ელექტროსადგურის მოქმედებაში შეყვანას, რომელიც ნაკლებად დააზიანებს და დააბინძურებს გარემოს, ამავდროულად ითვალისწინებს კაპიტალდაბანდებების და საექსპლუატაციო ხარჯების გამართლებულ მოცულობას.

კვლევის მიზანი - უახლესი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების გამოყენებით ენერგოპროექტების სარეიტინგო შეფასებების კრიტერიუმების დადგენა და ენერგოპროექტის არჩევის მეთოდის დამუშავება.

მიზნის მისაღწევად და ამოცანის დასაკმაყოფილებლად საჭიროა მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავდეს საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში სანარმოო სიმძლავრეების განვითარების ისეთი მოდელი 2015 - 2020 წლებისთვის, რომელიც უზრუნველყოფს მისდამი წაყენებული ეკონომიკური კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას, როგორცაა არაგანახლებადი ენერგორესურსების ხარჯვის მიზანშეწონილი და ოპტიმალური დონე შორეული პერსპექტივის გათვალისწინებით, ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებისთვის საჭირო კაპიტალდაბანდებათა გამართლებული მოცულობა და ა.შ.

**კვლევის ობიექტი** - კვლევის ობიექტად შერჩეულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის შემადგენელი სანარმოო სიმძლავრეების და პოტენციური საინვესტიციო ენერგოპროექტები, რომელთა განხორციელებაც შესაძლებელია მომავალში. საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ წარმოდგენილი პერსპექტივაში ასაშენებელი 60-მდე ჰიდროელექტროსადგურიდან 15 საშუალო და დიდი ჰესი. განსაკუთრებული ყურადღების ქვეშ მოექცა ის ჰესები, რომელთაც გააჩნიათ მარეგულირებელი წყალსაცავი, რადგან ისინი ახდენენ ყველაზე უარყოფით ზემოქმედებას კლიმატზე, ეკოლოგიურ, გეოლოგიურ და სოციალურ პირობებზე.

**სადოქტორო ნაშრომის მეცნიერული სიახლე** - ელექტროსისტემის მოდელირებაში არსებული განუსაზღვრელობა აფერხებს ან სრულიად გამორიცხავს ზუსტი რაოდენობრივი მეთოდების და მიდგომების გამოყენებას. ამიტომ, ფაზი-მათემატიკური საშუალებების გამოყენება არამკაფიო ინფორმაციის წარმოსადგენად, უფრო ადექვატურად ასახავს განუსაზღვრელობის სხვადასხვა ასპექტებს, განსაკუთრებით ელექტროსისტემის სტრუქტურის მოდელირებაში.

აღნიშნულ პრობლემის გადასაჭრელად გამოყენებული იქნა ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი. არამკაფიოლოგიკის თეორიის საფუძველზე შემუშავებული იქნა საქართველოს ელექტროსისტემის სანარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის შემადგენელი სანარმოო სიმძლავრეების ოპტიმიზაციის ალგორითმი.

გამოთვლების სიზუსტის გაზრდის მიზნით საბოლოო გადაწყვეტილების მიღებისთვის შემოტანილია კრიტერიუმები, რის შემდეგაც განისაზღვრა საინვესტიციო პროექტების სარეიტინგო შეფასებაზე ამ მახასიათებლების გავლენის ელემენტები, მიკუთვნების ფუნქციები, წონითი კოეფიციენტები და წესები. შემსვლელი ინფორმაციის დამუშავებისა (ფაზიფიკაცია) დასაბოლოო შედეგის (დეფაზიფიკაცია) მიღების მიზნით აგებულია გრაფიკები და დიაგრამები.

საინვესტიციო ჰიდროელექტროსადგურების რეიტინგული შეფასებების გათვალისწინებით, თითოეულ ელექტროსადგურს მინიჭებული აქვს შესაბამისი ქულა, 1-დან 100 მდე, სადაც 20 ქულის ზემოთ ელექტროსადგური ითვლება გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების ობიექტად.

#### **ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე:**

- გაანალიზებულია საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში.

- აგებულია გრაფიკი და გაანალიზებულია შემდეგი მაჩვენებლების დინამიკა 2002-2012 წლების მიხედვით საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ნორვეგიისთვის: ელექტროენერჯის საკუთარი საშუალებებით წარმოება და საერთო მოხმარება, ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, ჰიდროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ნატურალურ მაჩვენებლებში და პროცენტული რაოდენობა საერთო წარმოებაში, აგრეთვე ნახშირორჟანგის ემისიის რაოდენობა.
- მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავებულია საქართველოს ელექტროენერჯეტიკის საწარმოო სიმძლვრეების განვითარების ისეთი მოდელი, რომელიც წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით ოპტიმალურად გაანაწილებს კაპიტალურ, შრომით და ფინანსურ რესურსებს.
- ალტერნატიული ელექტროსადგურის ასარჩევად, რადგან არჩევანი კეთდება ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, რომელთაც ზუსტი რაოდენობრივი მნიშვნელობები არ გააჩნიათ, გამოყენებულია ფაზი-ლოგიკის ელემენტები, კერძოდ, ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი.
- დამუშავებულია კომპიუტერულ პროგრამაში შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით.
- განსაზღვრულია ასარჩევი ჰიდროსადგურისთვის დამახასიათებელი კრიტერიუმების ლინგვისტური ტერმები.
- თითოეული ჰიდროსადგურისთვის მარეგულირებელი წყალსაცავის მოცულობის მიხედვით გაანგარიშებულია შემდეგი სათბურის გაზების, როგორცაა ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>), მეთანის (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ქვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ემისიები.

## **ნაშრომის აპრობაცია**

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი საკითხები მოხსენებების სახით გაშუქდა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე, თემატურ სემინარებზე და კოლოკვიუმებზე. ნაშრომის ძირითადი ნაწილი გამოქვეყნებულია ჟურნალებში „ბიზნეს-ინჟინერინგი“, „ენერჯია“ და სტუ-ის შრომების კრებული.

## **საერთაშორისო კონფერენცია**

ჰიდროსადგურის ენერგეტიკული ინდიკატორის პროგნოზირება უმცირეს კვადრატულ მეთოდის გამოყენებით (ინგლისურად). საერთაშორისო ეკონომიკური კონფერენცია - IEC 2013 „ეროვნული ეკონომიკის განვითარების მოდელები: გუბინ, დღეს, ხვალ“. ჟურნალი „ბიზნეს ინჟინერინგი“ #4, 2013. გვ. 126-127;

## **თემატური სემინარები**

1. პოლიტიკური ეკონომია და ენერგეტიკის სფეროს ანალიზის მეთოდოლოგია ბი. სტუ, 2013;
2. საქართველოს ენერგოპოლიტიკა და გლობალური ენერგობალანსი. სტუ, 2014;

## **კოლოკვიუმები**

1. ენერგეტიკა და რეგიონული უსაფრთხოების სქემები. სტუ, 2013;
2. საქართველოს ენერგო გეოპოლიტიკური მომავალი. სტუ, 2014;
3. საქართველოს ელექტროსისტემის სტრუქტურის მოდელირება. სტუ, 2015.

## **გამოქვეყნებული ნაშრომები**

1. საქართველოს ენერგო გეოპოლიტიკური მომავალი ჟურნალი „ბიზნეს-ინჟინერინგი“ #19. 2013;
2. საქართველოს ელექტროსისტემის სტრუქტურის მოდელირება. სტუ-ს შრომების კრებული #4 (494). 2014, გვ. 9-14;

3. ინვესტიციური გადანაცვებების მიღება ენერგეტიკაში ფაზი-ლოგიკის გამოყენებით. ურნალი „ენერჯია #4(72).2014, გვ. 98-101.

სტრუქტურისა და მოცულობის მხრივ, სადოქტორო დისერტაციის შემადგენელი კომპონენტებია: შესავლი, ლიტერატურის მიმოხილვა, სამი თავი, ნახაზები, ცხრილები და ორმოცდათერთმეტი დასახელების ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე გამოქვეყნებული ლიტერატურა, აგრეთვე ინტერნეტში მოძიებული მასალა. ნაშრომს თან ერთვის შესაბამისი დასკვნები და დანართები.

## 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

ჩატარებული კვლევის ხასიათი ითხოვს სხვადასხვა თემატიკაზე მეცნიერული ნაშრომების და სტატისტიკური მასალების დამუშავებას. ნაშრომში ფართოდ არის გამოყენებული უცხოელი სპეციალისტების შრომები ელექტროსისტემის სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურებით სტრუქტურირების შესახებ. გამოყენებულია აგრეთვე სტატისტიკური დეპარტამენტის მონაცემები და ინფორმაცია სხვადასხვა ქვეყნის ენერგეტიკის განვითარების შესახებ უცხოურ და ადგილობრივ ბეჭდვით გამოცემებში.

კვლევის პროცესში მთავარ სახელმძღვანელოდ გამოყენებულია საქართველოს კონსტიტუცია [1] სხვადასხვა კანონები და კანონქვემდებარე აქტები, ქართველ მეცნიერ-ეკონომისტთა ნაშრომები. კერძოდ, საქართველოს კანონი „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“ [2;3] განმარტავს სახელმწიფო პოლიტიკას, ელექტროენერჯით (სიმძლავრით) საბითუმო ვაჭრობის პირობებს, ელექტრო სისტემის კომერციული ოპერატორის (ესკო) დანიშნულებას, ლიცენზირების წესების დადგენას, ელექტროენერჯიაზე ტარიფების დადგენასა და სხვა საჭირო საკითხებს.

ავტორთა ჯგუფის (ერისთავი, ჩომახიძე, ცინცაძე) მიერ 2000, 2001 წლებში გამოცემული I და II წიგნში: „ენერგეტიკის რეგულირების საფუძვლები“ განხილულია ელექტროენერგეტიკული დარგის ძირითადი საკითხები, როგორცაა, დარგის ბაზრისმონყოლა საბაზრო ეკონომიკის გარდამავალ პერიოდში [4].

პროფესორ ნ.სამსონიას წიგნში „საფინანსო მენეჯმენტი“, თბილისი, 2003 მოცემულია როგორც ველის საბაზრო პირობები ენერგოსაწარმოს ფინანსური მექანიზმის ფუნქციონირების ლოგიკას, როგორცაა ფინანსური გადაწყვეტილების მიღების საბაზრო კრიტერიუმები, როგორც ვმართოთ ფასები ახალი ლოგიკის საფუძველზე.

ნაშრომში „სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის საწარმოთა ეკონომიკა“ ფართოდაა გადმოცემული ისეთი საკითხები, როგორცაა: საწარმოო სიმძლავრეების არსი - თუ რა თავისებურებებით ხასიათდება ენერგეტიკული საწარმოო სიმძლავრეები, სტრუქტურა - დახასიათებულია საწარმოო სიმძლავრეების აქტიური და პასიური ნაწილი და მათი თანათვარდობა. განხილულია საწარმოო სიმძლავრეების გამოყენების, როგორცაა ექსტენსიური, ინტენსიური და ინტეგრალური დატვირთვის მაჩვენებლები [5].

კვლევის პროცესში გამოყენებულია დოქტორანტ ზვიად გაჩეჩილაძის სადოქტორო დისერტაცია, სადაც გაანალიზებულია ენერგეტიკაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების და ოპტიმალური საინვესტიციო პორტფელების შერჩევის საკითხები, რომელიც ეფუძნება მათემატიკური და ეკონომიკური მეცნიერების უახლეს მიღწევებს. ნაშრომში ინვესტიციების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება განხორციელებულია მეცნიერულად დასაბუთებული განზოგადებული მრავალფაქტორიანი კრიტერიუმის მიხედვით. მთავარ პრინციპად მიჩნეულია პრობლემისადმი კომპლექსური მიდგომა, რომელიც ითვალისწინებს საინვესტიციო რესურსების და ინვესტირებული ობიექტის პროგნოზულ პერიოდში ფუნქციონირების ეფექტიანობის შეფასებას. ვინაიდან ოპტიმალური საინვესტიციო პორტფელების შერჩევასთანაა დაკავშირებული, ამ ამოცანის გადასაჭრელად გამოყენებულია არამკაფიო ლოგიკის მეთოდი. ენერგეტიკის სტრუქტურის, მისი ფუნქციონირების სპეციფიკის და ამ დარგში ინვესტიციების განხორციელების აუცილებლობიდან გამომდინარე, შემუშავებულია ელექტროენერგეტიკაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების და ოპტიმალური საინვესტიციო პორტფელების შერჩევის მრავალფაქტორიანი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი და ამ პრობლემის გადანყვეტის მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდიკა, დამუშავებულია შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამა [6].

დისერტაციო ნაშრომში ფართოდაა გამოყენებული ცნობილი მეცნიერ-ეკონომისტებისა და ენერგეტიკოსების პუბლიკაციები ისეთ პერიოდულ გამოცემებში როგორცაა: ჟურნალი „ენერჯია“, ჟურნალი „სოციალური ეკონომიკა“, ჟურნალი „საქართველოს ეკონომიკა“ ელექტრონული გამოცემები „ენერგოლანი“ და „ბიზნესპრესნიუსი“.

ცნობილი ენერგეტიკოსის, რ. არველაძის მიხედვით, „საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შესწავლა გასული საუკუნის დასაწყისიდან მიმდინარეობს. მრავალმა მკვლევარმა მიუძღვნა მას თავისი ნაშრომი. ამ შრომების შედეგები ასახულია ო.სოლომონიას, მ.დადიანის, ნ.ცაბაძის, რ.პატარაიას და ნ.აბრამიშვილის ნაშრომში “საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული ტექნიკური პოტენციალის კადასტრი”, რომელიც 2006 წელს გამოიცა. კადასტრის მიხედვით, მცირე მდინარეების თეორიული ყოველწლიური ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი შეადგენს 40 მლრდ. კვტ.სთ-ს, ხოლო ტექნიკური ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი – 19.5 მმლრდ. კვტ.სთ. აქედან დღევანდელი პირობებისათვის რეალურად ათვისებად პოტენციალად ითვლება დაახლოებით 5 მლრდ. კვტ.სთ. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ დღეს საქართველოს ელექტროსადგურებზე ინარმოება სულ 8 მლრდ. კვტ.სთ ელექტროენერჯია, რომლის რიგისაცაა მცირე მდინარეების რეალურად ათვისებადი პოტენციალი, ცხადი გახდება, თუ რაოდენ დიდი რეზერვი გააჩნია ჩვენ ქვეყანას. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ, ერთი მხრივ, ორგანულ სათბობზე ფასების მუდმივი ზრდის პირობებში (რაც, სამწუხაროდ, აუცილებლად გაგრძელდება) და ამ სათბობის რესურსების კლების, ხოლო, მეორეს მხრივ, ორგანული სათბობის წვის პროცესებზე გარემოს დაცვის მოთხოვნების გამკაცრების კვალობაზე მცირე მდინარეების რეალურად ათვისებადი პოტენციალი თანდათან გაიზრდება და მიუახლოვდება ტექნიკურ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, ხოლო შორეულ მომავალში შესაძლოა მას გადააჭარბოს და ორიენტირად



თეორიული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი გახდეს. ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ხვედრითი ტექნიკური პოტენციალის მიხედვით საქართველოს ერთ-ერთი მონინავე ადგილი უკავია მთელ მსოფლიოში. მთელი ჩამონადენის წლიური თეორიული ენერგია საქართველოში 220 მლრდ. კვტ.სთ-ია, სიმძლავრე - 26.1 ათასი მგტ. მდინარეთა ძირითადი ნაწილის პოტენციური ენერგია 137 მლრდ. კვტ.სთ-ია (13.6 მლნ ტნე/წ), სიმძლავრე - 15.6 ათასი მგვტ. მდინარეების ჩამონადენის ჯამური პოტენციალი მეტად მცირე მდინარეების პოტენციალთან ერთად 160 მლრდ. კვტ.სთ-ია, სიმძლავრე - 18.3 ათასი მგვტ. ძირითადი მდინარეების საშუალო წლიური ტექნიკური ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი 80-85 მლრდ. კვტ.სთ-ის ფარგლებშია (6.9-7.4 მლნ. ტნე/წ), ეკონომიკურად ეფექტიანი ნაწილის სავარაუდო პოტენციალი კი დაახლოებით 32-50 მლრდ.კვტ.სთ-ს უტოლდება. ამ პოტენციალში საკმაოდ დიდი ნაწილი სწორედ მცირე ენერგეტიკაზე მოდის, რომელიც განახლებადი ენერგეტიკის კატეგორიას მიეკუთვნება [7].

ი. ჩომახიძის დისერტაციაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია საქართველოს ჰიდრო ენერგეტიკულ პოტენციალს. აქ მოყვანილია ამონარიდი მისი დისერტაციიდან: „ჰიდრაულიკური ენერგიით საქართველოს შედარებით მაღალ უზრუნველყოფაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ მისი თეორიული მარაგი პირობითი სათბობის ერთეულებში შეადგენს 4,1 მლრდ ტონას, ხოლო ტექნიკური მარაგი – 2,1 მლრდ ტონას. საქართველოს „ჰიდროპროექტის» მონაცემებით, მდინარეთა საერთო რაოდენობიდან ენერგეტიკული მნიშვნელობით გამოირჩევა 319 მდინარე, რომელთა წლიური ჯამური პოტენციური სიმძლავრე უდრის 15,63 მლნ კვტ, ხოლო საშუალო წლიური ენერგია – 135,80 მლრდ კვტსთ. აქედან, 208 საშუალო და დიდ მდინარეს აქვს 14,78 მლნ კვტ ჯამური სიმძლავრე და 129,5 მლრდ კვტსთ წლიური ენერგია. დანარჩენ 111 მცირე მდინარეს კი – 851 ათასი კვტ სიმძლავრე (მდინარეთა საერთო სიმძლავრის 7%) [8].

ჰიდრორესურსების ეფექტიან გამოყენებაზე ამახვილებს ყურადღებას მეცნიერი ი.შეყრილაძე სტატიაში: „ცნობილია, რომ წყლის ჩამონადენის პოტენციური ჰიდროენერგეტიკული რესურსების შიგანლიური განაწილება თეორიულ ასპექტში დამოკიდებულია მხოლოდ მდინარეთა ჩამონადენის შიგანლიურ ცვალებადობაზე. ამასთან, ამ რესურსების გადანაწილება წლიურ ან მრავალწლიურ ასპექტში შესაძლებელია მარეგულირებელი წყალსაცავების მშენებლობის გზით. რამდენადაც ეკოლოგიური თვალსაზრისით გართულებულია მარეგულირებელი წყალსაცავების მშენებლობა, ამიტომ წყლის ჩამონადენის შიგანლიური განაწილების დასაბუთებას, საერთო ენერგეტიკული სიტუაციის გათვალისწინებით, უპირველესი მნიშვნელობა ენიჭება ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის განვითარებისათვის[9].

საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის მომავალი 2015-2020 წლების სტრუქტურაში მნიშვნელოვან ადგილს დაიკავებს ქარტურბინები და მათ მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია.

„საქართველოს ენერგეტიკის განვითარების ფონდის“ და ექსპერტის, ლ.ჯერვალიძის აზრით: „ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობა და შესაბამისად, ქარის მიერ გამოიმუშავებული ენერგია, ჰესების მიერ წარმოებულ ენერგიასთან შედარებით ძვირი ჯდება. ამიტომ, მნიშვნელოვანია საკითხი, თუ რამდენად მიზანშეწონილია ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობა საქართველოს ეკონომიკური მდგომარეობის გათვალისწინებით. „ყველაფერი დამოკიდებულია სადგურის ასაშენებლად განსაზღვრულ ადგილას არსებულ ბუნებრივ პირობებზე; ხოლო რაც შეეხება ქარის ენერჯის სიძვირეს ჰიდროელექტროსადგურებით მიღებულ ენერგიასთან შედარებით, გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ სამაგიეროდ, ის იმპორტირებულ ენერჯიასა და ნებისმიერი თბოელექტროსადგურის საშუალებით მიღებულ ენერჯიაზე გაცილებით იაფი იქნება, განსაკუთრებით ზამთრის პერიოდში, როდესაც ქვეყანაში არსებული

ჰიდრორესურსებით მიღებული ენერჯია საქართველოს მოსახლეობის მოთხოვნას ვერ აკმაყოფილებს” [10]. ქარის ენერჯია ძვირადღირებული სიამოვნებაა, მაგრამ იმ ფონზე, როცა იმპორტირებული ენერჯია ძალიან ძვირდება, ქარის საპილოტე სადგურის აშენება ცუდი იდეა არ არის. „ქარის სადგურების მშენებლობა მარტივი არ არის. ის უფრო ძვირია, ვიდრე - ჰიდრო. ამასთან, ქარი არასტაბილური ენერჯიის წყაროა, ვინაიდან ის ხან ქრის და ხან - არა, ზოგჯერ მეტად ქრის, ზოგჯერ - ნაკლებად და სათადარიგო მაშველი ენერჯია ყოველთვის უნდა გქონდეს, რათა მოსახლეობა არ დაზარალდეს. ამდენად ქარის ენერჯია მოითხოვს სერიოზულ გვერდით ინვესტირებას იმისთვის, რომ მუდმივად მზადყოფნაში გქონდეს ან წყლის ენერჯია, ან - გაზის, რათა როგორც კი ინტენსივობა იკლებს, სხვა ენერჯია ჩართო. დღესდღეობით, ჩვენთვის სასურველია ისეთი ენერჯია, რომელსაც ჩვენი მოსახლეობა აიტანს. ის ტარიფები, რაც დღესაა, ჩვენი საზოგადოების მხრიდან მეტნაკლებად გადახდადია, უფრო მაღალს მომხმარებელი ვერ გადაიხდის, სახელმწიფო კი სუბსიდირებას ვერ მოახერხებს, ვინაიდან ამდენი სარეზერვო ფული არ აქვს. მაგალითად, აზერბაიჯანს 33 მლრდ დოლარი აქვს დარეზერვებული. ჩვენ კი ვართ სახელმწიფო, რომელიც ცხოვრობს საკუთარი მოსახლეობის მიერ ბიუჯეტში შეტანილი გადასახადების ხარჯზე, სხვა მსხვილი შემოსავლები ქვეყანას არ გააჩნია. ამიტომ ჩვენ უნდა ვიფიქროთ იმაზე, შეუძლია თუ არა მომხმარებელს დამატებითი ტვირთის აღება”, - განაცხადა ჯერვალიძემ და დასძინა, რომ თუ ინვესტორების მხრიდან ამ კუთხით დაინტერესება დღესდღეობით დიდი არ არის, ეს სწორედ ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობით აიხსნება.

„ინვესტორს უნდა ჰქონდეს გარანტია, რომ ქარის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებულ ენერჯიაში, რომელიც გაცილებით ძვირი იქნება, ვიდრე ჰიდრორესურსებით წარმოებული ელექტროენერჯია, სახელმწიფო სუბსიდირებას განახორციელებს. განახლებადი ენერჯიის წყაროები ყველაზე

მეტად ევროპაშია განვითარებული, მაგრამ იქაც, ქარის სადგურები სახელმწიფოს მიერაა სუბსიდირებული [10].

ალტერნატიული ენერჯის წყაროების ეფექტურად გამოყენებას პრიორიტეტულად მიიჩნევენ ენერჯეტიკის სამინისტროშიც, მაგრამ აცხადებენ, რომ მისი წილი ქვეყნის დადგმული სიმძლავრის მოცულობაში 10-15%-ს არ უნდა აღემატებოდეს, რადგან მშენებლობაც ძვირი ჯდება და შესაბამისად, გამომუშავებული ენერჯიაც ძვირი ეღირება.

ი. ელოშვილის (ენერჯეტიკის მინისტრის მოადგილე) აზრით, „ამჟამად სწრაფად განვითარებადი ტექნოლოგიების ხარჯზე, ქარის ენერჯეტიკას დიდი პერსპექტივა გააჩნია, რამაც შესაძლოა, ის ჰიდროენერჯეტიკასთან შედარებით კონკურენტუნარიანი გახადოს, თუმცა საქართველოში არსებული ჰიდრორესურსების პოტენციალი იმდენად მნიშვნელოვანია (45-50 მლრდ. კვტ. სთ) და დღეის მდგომარეობით, იაფიც, რომ ამ ეტაპზე ჰიდროენერჯეტიკას კონკურენციას ვერ უწევს. თუმცა, მიუხედავად ამისა, ქვეყნის პრიორიტეტია ალტერნატიული ენერჯის წყაროების მაქსიმალურად და ეფექტურად გამოყენება, რათა მოხდეს იმპორტირებული, ძვირადღირებული ენერჯისა და ენერგომატარებლებზე დამოკიდებულ თბოელექტროსადგურებში წარმოებული ელ. ენერჯის წილის შემცირება ქვეყნის ენერჯეტიკულ ბალანსში, ასევე საექსპორტო რესურსის გაზრდაც. აღნიშნულიდან გამომდინარე, საქართველოში შესაძლებელია ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობა, მაგრამ მისი წილი ქვეყნის დადგმული სიმძლავრის მოცულობაში 10-15%-ს არ უნდა აღემატებოდეს” [11].

საქართველოს მომავალი 2015-2020 წლების საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურაში სასურველია, რომ გამოყენებული იყოს ისეთი განახლებადი ენერჯის წყაროზე მომუშავე ელექტროსადგურებიც, როგორცაა მზის სინათლის ენერჯია. შ.ნემსაძე და ნ.ჯაში თავის სტატიაში ამახვილებენ

ყურადღებას საქართველოში მზის ენერჯის გამოყენების შესაძლებლობაზე: „მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში მნიშვნელოვანი პოტენციალია მიღწეული ელექტროენერჯის განახლებადი წყარო – მზის სინათლის ენერჯის ელექტროენერჯიაში. როგორც ცნობილია, საქართველო მთიანი ქვეყანაა, სადაც მრავლად არის დასახლებული პუნქტები მცირერიცხოვანი მოსახლეობით, საზაფხულო და საზამთრო საძოვრები, სასოფლო-სამეურნეო ფერმები, ნაკრძალები, ტურისტული ინფრასტრუქტურა, სატრანსპორტო და საკომუნიკაციო სისტემები, განლაგებული საკმაოდ დაშორებით ელექტროენერჯის სადისტრიბუციო ქსელიდან. მათი ქსელიდან ელექტროენერჯით საიმედო მომარაგება დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან და ტექნიკურ სირთულეებთან. განსაკუთრებით გაძნელებულია ელექტროენერჯის მიწოდების საიმედოობის უზრუნველყოფა მთიან რეგიონებში ბუნებრივად რთული მეტეოროლოგიური პირობების გამო. იგივე შეიძლება ითქვას მთიან რეგიონებში არსებული ძალოვანი სტრუქტურების, გარემოს დაცვის და სხვა ობიექტების ელექტროენერჯით უზრუნველყოფის შესახებ. ამავე დროს, მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში მნიშვნელოვანი პოტენციალია მიღწეული ელექტროენერჯის განახლებადი წყაროების – მზის სინათლის ენერჯის უშუალოდ ელექტროენერჯიად გარდამქმნელების დამუშავებაში [12].

## 2. შედეგები და მათი განსჯა

### თავი 1. საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში

#### 1.1. საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგია

საქართველოს პარლამენტის მიერ 2014 წლის დამტკიცებულ დადგენილების „საქართველოს ენერგეტიკულ სექტორში სახელმწიფო პოლიტიკის ძირითადი მიმართულებების“ მიხედვით, ჩამოყალიბებული პრიორიტეტები ასახავს ენერგეტიკული სტრატეგიის მიზანს, რომ „უზრუნველყოს უსაფრთხო, სუფთა და ხელმისაწვდომ ენერგიაზე ქვეყნის გრძელვადიანი მოთხოვნების დაკმაყოფილება კონკურენტული ბაზრის პირობებში, სადაც მომხმარებელთა და ზოგადად ქვეყნის გრძელვადიანი ინტერესები სრულად იქნება დაცული“. ენერგეტიკული სტრატეგია მიზნად ისახავს ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების გაუმჯობესებას და სახელმწიფო და კერძო ინვესტიციების განხორციელების ხელშეწყობას, აგრეთვე ენერგო სექტორში ტექნოლოგიური და მთლიანად ქვეყნის სოციალურ და ეკონომიკურ განვითარებას. საქართველოს გეოპოლიტიკური მდებარეობა, რომელიც მოქცეულია სამხრეთ კავკასიასა და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ევროპას შორის, ხელს შეუწყობს საქართველოში ენერგორესურსების მიწოდების უსაფრთხოების გაძლიერებას. [საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგია (2015-2030). თბილისი: ივლისი, 2014 წელი].

საქართველოს, თურქეთის და აზერბაიჯანისთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ევროპულ და ევროატლანტიკურ სტრუქტურებში ინტეგრაციის საკითხები.

საქართველოს ევროკავშირთან ჰარმონიზაციისთვის ნაკისრი აქვს საერთაშორისო ვალდებულებები:

- გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია (UNFCCC);

- გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის კიოტოს ოქმი;
- მონრეალის პროტოკოლი ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების შესახებ (აგრეთვე ლონდონის, კოპენჰაგენისა და მონრეალის შესწორებები);
- გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის რიო-დე-ჟანეიროს კონვენცია ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესახებ (CBD);
- კონვენცია გადაშენების პირას მყოფი ველური ფლორისა და ფაუნის სახეობებით საერთაშორისო ვაჭრობის შესახებ (CITES);
- კონვენცია ველური ცხოველების მიგრირებადი სახეობების დაცვაზე (Bonn);
- არქეოლოგიური მემკვიდრეობის დაცვის ევროპის კონვენცია;
- ორჰუსის კონვენცია გარემოსდაცვით საკითხებთან დაკავშირებული ინფორმაციის ხელმისაწვდომობის, გადანაცვტილებების მიღების პროცესში საზოგადოების მონაწილეობისა და ამ სფეროში მართლმსაჯულების საკითხებზე ხელმისაწვდომობის შესახებ;
- ევროპის საბჭოს “ევროპის ველური ბუნებისა და ბუნებრივი ჰაბიტატების დაცვის კონვენცია” (რატიფიცირებულია სარამსარის კონვენცია საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი ტერიტორიების, განსაკუთრებით წყლის ფრინველების შესახებ (Ramsar Convention));
- კონვენცია ევროპის ლანდშაფტების შესახებ (რატიფიცირებულია 2010 წელს).

საქართველოს ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულების თანახმად, არსებობს ყველა დონეზე შემდეგ ღონისძიებათა გატარების საჭიროება:

- ფინანსური რესურსების უზრუნველყოფის მობილიზებისაკენ, ტექნოლოგიების გადაცემისაკენ, პოტენციალის გაზრდისაკენ და

ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტექნოლოგიების გავრცელებისაკენ მიმართული ნაბიჯების გადადგმა;

- სოციალურ-ეკონომიკურ პროგრამებში ენერგეტიკასთან დაკავშირებული მოსაზრებების, მათ შორის, ენერგოეფექტურობის და ფინანსური ხელმისაწვდომობის საკითხების ჩართვა;
- ენერჯის წყაროების გამოყენების ალტერნატიული ტექნოლოგიების შემუშავება და გავრცელება, ენერჯის წარმოებასა და მოხმარებაში ენერჯის განახლებადი წყაროების წილის გაზრდის მიზნით, აგრეთვე ენერჯის გამოყენების ეფექტურობის ამაღლებისა და მონინავე ენერგოტექნოლოგიების, მათ შორის, წიაღისეული საწვავის უფრო სუფთა ტექნოლოგიების, გამოყენების გაფართოების მიზნით;
- ენერჯის განახლებადი წყაროების უფრო ფართო გამოყენების, ენერჯის გამოყენების ეფექტურობის გაზრდის, მონინავე ენერგოტექნოლოგიების, მათ შორის, წიაღისეული საწვავის გამოყენების მონინავე და უფრო სუფთა ტექნოლოგიების ფართო გამოყენებისა და ენერჯის ტრადიციული წყაროების რაციონალური გამოყენების შერწყმა;
- ენერგომომარაგების წყაროების დივერსიფიკაცია, მონინავე, ეკოლოგიურად უფრო სუფთა, რენტაბელური და ეკონომიკურად ეფექტური ენერგოტექნოლოგიების შემუშავების გზით, რაც მოიცავს წიაღისეული საწვავის და ენერჯის განახლებადი წყაროების, მათ შორის, წყლის ენერჯის გამოყენების ტექნოლოგიებს და მათი შეღავათიანი პირობებით, ურთიერთშეთანხმების საფუძველზე, განვითარებად ქვეყნებისათვის გადაცემას. გეგმა აგრეთვე მოუწოდებს სახელმწიფოებს, გადაუდებელი საჭიროების გააზრებით, ენერგომომარაგების გლობალური მასშტაბით გაზარდონ ენერჯის განახლებადი წყაროების წილი ჯამური ენერგომომარაგების გაზრდის მიზნით, თუმცა არ არის დასახული რაიმე კონკრეტული მიზნები;



- კერძო სექტორის ჩართულობით, განვითარებადი ქვეყნების იმ ძალისხმევის მხარდაჭერა, მათ შორის ფინანსური და ტექნიკური დახმარების უზრუნველყოფის გზით, რომელიც მიმართულია ნედლი ნავთობის წარმოების პროცესთან დაკავშირებული გაზის წვისა და ატმოსფეროში გაფრქვევის მასშტაბების შემცირებაზე;
- ადგილობრივ დონეზე, ეროვნული ენერჯის წყაროების, ინტერსატრექტურების შემუშავება და მათი გამოყენება, განახლებადი ენერჯოტექნოლოგიების შემუშავებისა და გამოყენების პროცესში სოფლის მოსახლეობის ჩართულობის უზრუნველყოფის მხარდაჭერა, რათა დაკმაყოფილებულ იქნეს მარტივი და ადგილობრივი გამოსავლის პოვნის მათი ყოველდღიური ენერჯომოთხოვნილება;
- ენერჯოეფექტურობაზე მიმართული შიგა პროგრამების შემუშავება;
- ენერჯომომხმარების ეფექტურობის გაზრდის, ენერჯის დაზოგვის უფრო სუფთა და ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიების შემუშავება, გავრცელება და გამოყენება, განსაკუთრებით კი ამ ტექნოლოგიების განვითარებად ქვეყნებისათვის გადაცემა;
- საერთაშორისო საფინანსო და სხვა დანერგვებებისათვის რეკომენდაციების განევა იმის თაობაზე, რომ თავიანთი პოლიტიკის გატარებისას მხარი დაუჭირონ განვითარებადი, აგრეთვე გარდამავალი ეკონომიკის მქონე ქვეყნების იმ სტრატეგიული და ნორმატიული ბაზის ჩამოყალიბების ძალისხმევას, რომელიც თანაბარ პირობებში აყენებს განახლებად ენერჯიას, ენერჯოეფექტურობასა და მოწინავე ენერჯოტექნოლოგიებს;
- ენერჯოტექნოლოგიების სხვადასხვა სფეროში კვლევითი და სამეცნიერო მზარდი საქმიანობის მხარდაჭერა, რომელიც მათ შორის მოიცავს, განახლებად ენერჯიას, ენერჯოეფექტურობასა და მოწინავე ენერჯოტექნოლოგიებს, წიაღისეული საწვავის უფრო სუფთა ტექნოლოგიების ჩათვლით;

- მდგრადი განვითარების მიზნით ენერჯის გამოყენების საკითხებში მონინავე გამოცდილების ცენტრებს შორის იმ ქსელების შექმნის წახალისება, რომლებსაც შეუძლიათ განვითარებადი ქვეყნებისათვის პოტენციალის გაზრდისა და ტექნოლოგიების გადაცემის ძალისხმევათა მხარდაჭერა და წახალისება, აგრეთვე, ინფორმაციის გაცვლის ფუნქციების შესრულება;
- განათლების ხელშეწყობა, რათა მამაკაცებსა და ქალებს მიეცეთ საშუალება ფლობდნენ ინფორმაციას არსებული ენერჯის წყაროებისა და ტექნოლოგიების შესახებ;
- განვითარებადი ქვეყნებისათვის ფინანსური რესურსების გამოყოფის მიზნით, ფინანსური ინსტრუმენტებისა და მექანიზმების, კერძოდ გლობალური გარემოსდაცვითი ფონდის (GEF) გამოყენება, რათა ამ ქვეყნებს მიეცეთ საშუალება პროფესიული მომზადების, ტექნიკური ცოდნისა და ეროვნული დაწესებულებების გაძლიერების საჭიროების დაკმაყოფილება;
- იმ ღონისძიებათა მხარდაჭერა, რომლებიც მიმართულია ორივე - მინოდებისა და მოთხოვნის კუთხით ენერჯორესურსების ბაზრების ფუნქციონირების, გამჭვირვალობისა და მათ შესახებ ინფორმაციის გაუმჯობესებაზე, მეტი სტაბილურობისა და მომხმარებელთათვის სანდო, ხელმისაწვდომი, ეკონომიკურად სიცოცხლისუნარიანი, სოციალურად მისაღები და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ენერჯომომსახურებაზე წვდომის უზრუნველყოფის მიზნით;
- ბაზრის დისპროპორციის შემცირებისაკენ მიმართული პოლიტიკის შემოღება, რომელიც ხელს შეუწყობს მდგრად განვითარებასთან შეთავსებადი ენერჯოსისტემების განვითარებას, გაუმჯობესებული საბაზრო მაჩვენებლების გამოყენების და ბაზრის დისპროპორციათა აღმოფხვრის, მათ შორის, გადასახადებით დაბეგვრის სისტემის

რეორგანიზაციის და ეკოლოგიური ზემოქმედების გათვალისწინებით, საზიანო სუბსიდიებზე თანდათან უარის თქმის ხარჯზე;

- შესაბამის შემთხვევებში, სუბსიდიების თანდათან გაუქმების ზომების გატარება იმ სფეროებში, რომლებიც აფერხებს მდგრად განვითარებას;
- ენერგორესურსების ეროვნული ბაზრების ფუნქციონირების სრულყოფისაკენ ისეთი მიდგომა, რათა მთავრობამ მხარი დაუჭიროს მდგრად განვითარებას, გადალახულ იქნეს საბაზრო ბარიერები და გაუმჯობესებულ იქნეს დაშვება;
- ეროვნული და რეგიონალური ენერგეტიკული დანესებულებების გაძლიერება, აგრეთვე იმ მექანიზმების გაძლიერება, რომლებიც მდგრადი განვითარების ინტერესებში ენერჯის გამოყენების საკითხებში რეგიონალურ და საერთაშორისო თანამშრომლობის აქტივიზაციას ემსახურება, განსაკუთრებით განვითარებადი ქვეყნებისათვის დახმარების განწევა;
- ქვეყნებისათვის დაუინებით შემოთავაზებულია მდგრადი განვითარების კომისიის მეცხრე სესიის ფარგლებში მოყვანილ ზომათა შემუშავება და შესრულება, მათ შორის, სახელმწიფო და კერძო სექტორებს შორის საპარტნიორო ურთიერთობების დამყარების გზით;
- საერთაშორისო და რეგიონალურ დანესებულებათა შორის და იმ ორგანოთა შორის თანამშრომლობის წახალისება, რომლებიც მდგრადი განვითარების ინტერესებში ენერჯის გამოყენების სხვადასხვა ასპექტებით არიან დაკავებულნი;
- საჭიროებისამებრ, ენერჯით ტრანსსასაზღვრო ვაჭრობის, მათ შორის, ელექტროქსელების, ნავთობისა და გაზსადენების გაერთიანების, წამახალისებელი რეგიონალური თანამშრომლობის მექანიზმების შექმნის გაძლიერება და გამარტივება;

- ენერჯის რეგიონალური, ეროვნული, საერთაშორისო მწარმოებლების და მომხმარებლების მონაწილეობით დიალოგის გაძლიერება და საჭიროებისამებრ, გამართივება.

აღსანიშნავია, რომ განსაკუთრებით ბოლო ათწლეულის განმავლობაში სამმა ქვეყანამ ძლიერ გაზარდა დაახლოების ურთიერთობები ეკონომიკური და გეოპოლიტიკური ინტერესების სასარგებლოდ. სამხრეთ ურთიერთობებს ძველი ფესვები აქვს, რომელიც განსაკუთრებით გაძლიერდა ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის (BTC) მილსადენის პროექტის დაწყებიდან (1990წ.), როცა მოგვიანებით მოჰყვა სამხრეთ კავკასიის მილსადენი და წარმოიშვა სხვა პერსპექტიული პროექტები. თურქეთის ეკონომიკური და გეოპოლიტიკური სტრატეგია დამოკიდებულია ენერჯის სტაბილურ და მოცულობით ნაკადებზე აზერბაიჯანიდან და კასპიის რეგიონიდან და აქვს მისწრაფება გარდაქმნას სანყისი პერიფერიული სახელმწიფო, როგორც ევროატლანტიკური სივრცის ძირითადი ანუ სახელმწიფო „ხიდი“ კასპიის რეგიონში.

კავკასიაში, თურქეთის ენერჯეტიკული საჭიროებები და ძლიერი პარტნიორობა აზერბაიჯანთან მოქმედებს როგორც სტრატეგიის ქვაკუთხედი, ხოლო საქართველო, თავისი სტრატეგიული მდებარეობით წარმოადგენს ფიზიკურ „ლინკს“ თურქეთსა და აზერბაიჯანს შორის. სამხრეთმა თანამშრომლობამ გაზარდა თურქეთში ენერჯის საჭიროება, ხოლო აზერბაიჯანში უნარი, მიანდოს მას უფრო მეტი ენერჯიაშემცველი, რაც შეეხება საქართველოს, მისი ფიზიკური ადგილმდებარეობა საშუალებს იძლევა, რომეს ორი ქვეყანა ერთმანეთს დააკავშიროს.

სამხრეთი პარტნიორობის შედეგად სახეზეა შემდეგი პროექტები, როგორიცაა ტრანს-ანატოლიისგაზსადენი (TANAP), როგორც კიდევ ერთი სამხრეთი ენერჯეტიკული არტერია, ხოლო ტრანსადრიატიკული გაზსადენი (TAP) უზრუნველყოფს კასპიის ზღვის ნახშირწყალბადების გატანას ევროპის

ბაზრებზე. გარდა ამისა, სამხრევი ბაქო-თბილისი-ყარსის რკინიგზის (BTK) პროექტი იქნება დამატებითი შესაძლებლობები ტრანსპორტის, ენერჯეტიკის და ხალხის მიმოსვლის პროცესში. აღსანიშნავია, BTK არის ლონდონსა და შანხაის შორის ევრაზიის სარკინიგზო დერეფნის მნიშვნელოვანი ნაწილი. გეოპოლიტიკურად, სამხრევი პარტნიორობა წარმოადგენს სახელმწიფოთა სტრატეგიული მიზნების დაახლოებას. თურქეთის ენერჯეტიკული საჭიროებებიდა ხედვის სტრატეგიული სიღრმე ბუნებრივს ხდის მის ჩართულობას სამხრეთ კავკასიის რეგიონში. საქართველოსთვის, თურქეთი არის ევროპასთან დამმახლოვებელი და აგრეთვე ძლიერი სავაჭრო პარტნიორი. აზერბაიჯანისთვის სტრატეგიულად მისაღებია უფრო საიმედო და მეგობრულ ბაზრებზე ენერჯიაშემცველების გატანა, რითაც ძლიერდება მისი გეოპოლიტიკური მნიშვნელობა. საბოლოოდ, სამხრევი პარტნიორობის შედეგად სამი სახელმწიფოს „ვიწროეროვნული ინტერესები“ შეიცვლება უფრო ფართოსარგებელის მიღებით.

## 1.2. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლი სამხრეთ კავკასიაში

მიუხედავად საქართველოს, თურქეთის და აზერბაიჯანის განსხვავებული მოსახლეობის რაოდენობის და ენერჯიაშემცველების ფლობისა, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია რამდენიმე ენერჯეტიკული ინდიკატორის ურთიერთშედარება. მსოფლიო ბანკის მონაცემებზე დაყრდნობით [46], წარმოდგენილია სამხრევი პარტნიორობის ქვეყნების და ერთ-ერთი განვითარებული ქვეყნის, ნორვეგიის (რომელიც მოსახლეობის რაოდენობის მიხედვით ყველზე მეტად შეესაბამება საქართველოს) 2000-2012 წლების შემდეგი მონაცემები: ელექტროენერჯიის საკუთარი საშუალებებით წარმოება და საერთო მოხმარება, ასევე ნაჩვენებია ელექტროენერჯიის წარმოებისა და მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, ჰიდროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯიის რაოდენობა ნატურალურ მაჩვენებლებში

და პროცენტული რაოდენობა საერთო წარმოებაში, აგრეთვე ნახშირორჟანგის ემისიის რაოდენობა.

ქვეყნის ეკონომიკური სიძლიერის ერთ-ერთი ინდიკატორი არის ერთ სულ მოსახლეზე წარმოებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, კვტსთ.როგორც ანალიზი აჩვენებს, 2012 წლისთვის ელექტროენერჯის კუთრი წარმოება ერთ სულ მოსახლეზე საქართველოს, თურქეთისდააზერბაიჯანისთვის თითქმის თანაბარია და არ აჭარბებს 3237 კვტსთ/კაცი, რაც საგრძნობლად ჩამორჩება განვითარებული ქვეყნების, მაგალითად ნორვეგიის ანალოგიურ მაჩვენებელს 25618 კვტსთ/კაცი (იხ. ნახ.1).

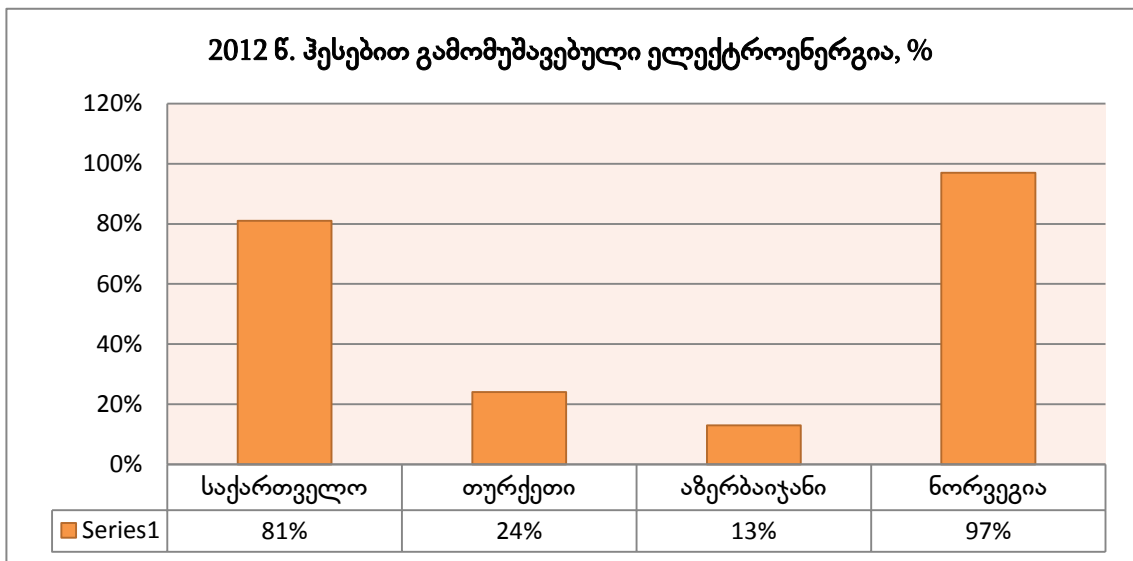


ნახ.1. ელექტროენერჯის კუთრი წარმოება ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი, 2012 წ.

დღევანდელ მსოფლიოში დაწყებულია არატრადიციული, განახლებადი ენერჯის ეფექტურად გამოყენების საშუალებების ძიება, რათა ამოწურვადი ენერჯეტიკული რესურსების, როგორცაა ნახშირი, ბუნებრივი გაზი და ნავთობის გამოყენება ენერჯეტიკული მიზნებისთვის შეიცვალოს განახლებადი ენერჯის წყაროებით. გარდა ამისა, განახლებადი ენერჯის გამოყენების წინა პლანზე გადმოსვლა გამოწვეულია ისეთი ფაქტორებით, როგორცაა ტრადიციული ენერჯორესურსების შეზღუდული მარაგი,

გლობალური დათბობა და ენერჯის მომხმარებელთა რაოდენობის ზრდა. საქართველო განახლებადი ენერჯის პოტენციალის, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯის მხრივ ერთ-ერთი უმდიდრესი ქვეყანაა და განახლებადი ენერჯის სექტორის განვითარება საშუალებას მისცემს დააკმაყოფილოს ქვეყნის შიგა მოთხოვნა და ელექტროენერჯის მსხვილ რეგიონალურ ექსპორტიორადაც იქცეს.

საქართველოს გეოპოლიტიკური როლის და მნიშვნელობის ერთ ერთი მაჩვენებელია მისი განახლებადი ენერჯის წყაროებით, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯის გამოყენებით მიღებული ელექტროენერჯის ხვედრითი წილი საკუთარი საშუალებებით გენერაციის საერთო მოცულობასთან. როგორც მე-2 ნახაზიდან ჩანს, საქართველო მნიშვნელოვნად აჭარბებს თურქეთისა და აზერბაიჯანის ანალოგიურ მაჩვენებლებს და მხოლოდ რამდენიმე პროცენტული პუნქტით ჩამორჩება ნორვეგიას.



ნახ.2. ელექტროენერჯის საერთო გამოიმუშავებაში ჰიდროსადგურებით გენერირებული ელექტროენერჯის პროცენტული წილი, 2012წ.

რამოდენიმე ათწლეულია უკვე, რაც მსოფლიო დიდი პრობლემის წინაშე წარსდგა. კერძოდ: უჩვეულო სიცივე, ჭარბი ნალექი, წყალდიდობები,

მენყერი, ზვაჯი და ა.შ. ამ ყველაფერის მიზეზი კი უკვე კარგად ცნობილია მსოფლიო საზოგადოებისთვის და ის, ატმოსფეროში სასათბურე აირების (ნახშირბადის დიოქსიდის, აზოტის ოქსიდები, ფტორის აირადი ნაერთები, მეთანი და ა.შ.) გამოფრქვევა წარმოადგენს. შესაბამისად უკანასკნელი წლების განმავლობაში გაიზარდა ამ ნივთიერებების კონცენტრაცია ატმოსფეროში, რამაც ეგრეთ წოდებული „გლობალური დათბობა“ გამოიწვია. გლობალური დათბობის შედეგია უამრავი არასასურველი ცვლილება დედამიწაზე, როგორცაა: ყინულის დნობა მყინვარებში თუ ოკეანეებში, წყლის დონის მომატება, დიდი ფართობის გაუდაბურება, ნიადაგის ეროზია და ა.შ. გემოთაღნიშნულმა მოვლენებმა, რა თქმა უნდა, მსოფლიო საზოგადოებაში საფუძვლიანი შეშფოთება გამოიწვია და 1992 წელს რიო დე ჟანეიროში გაიმართა კონფერენცია (“რიოს სამიტი”) “გარემო და განვითარება”. ამ კონფერენციაზე საერთაშორისო თანამეგობრობამ შეიმუშავა და მიიღო მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმა “დღის წესრიგი 21”. ამ დოკუმენტმა გარემოსდაცვითი, ეკონომიკური და სოციალური პრობლემები ერთიან პოლიტიკურ ჩარჩოში მოაქცია. “დღის წესრიგი 21” შეიცავს 2500-ზე მეტ რეკომენდაციას, თუ რა გზით შევზღუდოთ ბუნებრივი რესურსების უყაირათო მოხმარება, როგორ დავიცვათ ატმოსფერო, ოკეანე და ბიომრავალფეროვნება, როგორ დავძლიოთ სიღარიბე და სხვა [13]. რიო დე ჟანეიროში მიღებული დოკუმენტებიდან ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი იყო გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია, რომლის საფუძველიც გახდა მსოფლიოს წამყვან ექსპერტთა დასაბუთებული დასკვნა იმის თაობაზე, რომ გლობალური დათბობით გამოწვეული კლიმატის ცვლილება სერიოზულ საფრთხეს უქმნის კაცობრიობას. საქართველომ კონვენციის რატიფიკაცია მოახდინა 1994 წელს. კონვენციის თანახმად შემდეგმა ქვეყნებმა, რომლებიც წარმოადგენენ კონვენციის დანართ I -ში ჩართულ მხარეებს, იკისრეს ვალდებულება 2000 წლისათვის სათბურის გაზების ემისიები დაეყვანათ 1990 წლის დონემდე: ავსტრალია;



ავსტრია; ბელორუსია\*); ბელგია; ბულგარეთი\*); უნგრეთი\*); გერმანია; საბერძნეთი; დანია; ევროგაერთიანება; ირლანდია; ისლანდია; ესპანეთი; იტალია; კანადა; ლატვია\*); ლიტვა\*); ლუქსემბურგი; ნიდერლანდები; ახალი ზელანდია; ნორვეგია; პოლონეთი\*); პორტუგალია; რუსეთის ფედერაცია\*); რუმინეთი\*); გაერთიანებული სამეფო; აშშ; თურქეთი; უკრაინა\*); ფინეთი; საფრანგეთი; შვეიცარია; შვეცია; ესტონეთი\*); იაპონია; ჩეხეთი\*); სლოვაკეთი\*); ლიხტენშტეინი; მონაკო; სლოვენია\*); ხორვატია\*).

სადაც (\*) აღნიშვნა - გარდამავალი ეკონომიკის მქონე ქვეყნები.

2000 წლის მოახლოებასთან ერთად გამოიკვეთა, რომ ეს დანართ I-ის ქვეყნები ნაკისრ ვალდებულებას ვერ შეასრულებდნენ. ამიტომ 1997 წელს მიღებულ იქნა კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის „კიოტოს ოქმი“, რომლითაც ქვეყნებმა ახალი ვალდებულებები იკისრეს. „კიოტოს ოქმის“ თანახმად მის დანართ B-ში ჩამოთვლილმა განვითარებულმა ქვეყნებმა 2008-2012 წლების პერიოდისათვის სათბურის გაზების ემისიები 1990 წლის დონესთან შედარებით უნდა შეამცირონ არანაკლებ 5%-ით, მათ შორის ევროპის ქვეყნების უმეტესობამ ემისიები უნდა შეამციროს 8%-ით. ამერიკის შეერთებულმა შტატებმა არ მოახდინა ოქმის რატიფიკაცია. კიოტოს ოქმს საქართველო შეუერთდა 1999 წლის ივნისში.

ცხრ.1

კიოტოს ოქმის დანართი B (1990 წლის დონეებსშეესაბამება 100%)			
ავსტრალია	108	ლუქსემბურგი	92
ავსტრია	92	მონაკო	92
<b>აშშ</b>	<b>93</b>	ნიდერლანდები	92
ახალი ზელანდია	100	ნორვეგია	101
ბელგია	92	პოლონეთი	94
ბულგარეთი	92	პორტუგალია	92
გერმანია	92	რუმინეთი	92
დანია	92	რუსეთის ფედერაცია	100

გაერთიანებული სამეფო	92	საბერძნეთი	92
ევროკავშირი	92	საფრანგეთი	92
ესპანეთი	92	სლოვაკეთი	92
ესტონეთი	92	სლოვენია	92
იაპონია	94	უკრაინა	100
ირლანდია	92	უნგრეთი	94
ისლანდია	110	ფინეთი	92
იტალია	92	შვედეთი	92
კანადა	94	შვეიცარია	92
ლატვია	92	ჩეხეთი	92
ლიტვა	92	ხორვატია	95
ლიხტენშტეინი	92		

„კიოტოს ოქმი“ განიხილავს შემდეგ სათბურის გაზებს: ნახშირორჟანგი ( $CO_2$ ); ჰიდროფტორნახშირბადები ( $HFC$ ); მეთანი ( $CH_4$ ); პერფტორნახშირბადები ( $PFC$ ); აზოტის ქვეყანგი ( $N_2O$ ); გოგირდის ჰექსაფტორიდი ( $SF_6$ ).

მეთანი 21-ჯერ, ხოლო აზოტის ქვეყანგი 310-ჯერ უფრო ძლიერი სათბურის გაზია, ვიდრე ნახშირორჟანგი.  $SF_6$ , ასევე  $HFC$ -ებისა და  $FC$ -ების ჯგუფები ძალიან მაღალი სათბურის ეფექტის მქონე სამრეწველო გაზებია. ემისიების შეფასებისა და აღრიცხვის უნიფიცირებისათვის ემისიის ერთეულად არჩეულია სათბურის გაზის ის რაოდენობა, რომლის სათბური ეფექტი ერთი ტონა ნახშირორჟანგის სათბურის ეფექტისტოლია. ამ ერთეულს ეწოდა 1 ტონა ნახშირორჟანგის ეკვივალენტი ( $tCO_2eq$ ). ქვემოთ მოყვანილია ძირითადი სათბურის გაზების „სათბურის ეფექტის“ ზომა, გამოსახული  $tCO_2eq$ -ით (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

სათბურის გაზი	სათბურის გაზი
1 $tCO_2 = 1 tCO_2eq$ ;	1 $tHFC$ -ები= $(140-11700) tCO_2eq$ ;
1 $tCH_4 = 21 tCO_2eq$	1 $tPFC$ -ები= $(6500-23900) tCO_2eq$ ;
1 $tN_2O = 310 tCO_2eq$	1 $tSF_6 = 23900 tCO_2eq$

სათბურის გაზების ემისიების შემცირება ძირითადად შესაძლებელია ენერგო მოხმარების (შესაბამისად ენერგოგენერაციის) შეზღუდვით ან ენერგეტიკის,

მრეწველობის, ტრანსპორტის, სოფლის მეურნეობის, საყოფაცხოვრებო და კომერციულ სექტორებში ენერგო ეფექტურობის გაზრდით.

განვითარებულ ქვეყნებში ენერგოგენერაციის შეზღუდვა მოასწავებს ეკონომიკური განვითარების შეფერხებას, რაც ამ ქვეყნებისათვის მიუღებელია. ენერგოეფექტურობის გაზრდის შესაძლებლობები კი ძალზედ შეზღუდულია, რადგან ამ ქვეყნებში ენერგოეფექტურობა დღესაც საკმაოდ მაღალია და ამ პარამეტრის შემდგომი გაუმჯობესება უაღრესად დიდ ინვესტიციებს მოითხოვს.

სათბურის გაზების ემისიების შემცირება ასევე შესაძლებელია ნახშირბადის მაღალი შემცველობის მქონე სანჯავის შეცვლით ნახშირბადის შედარებით დაბალი შემცველობის მქონე სანჯავით (ნახშირის შეცვლა ნავთობით ან ბუნებრივი გაზით და ნავთობის შეცვლა ბუნებრივი გაზით). ნახშირის, ნავთობისა და ბუნებრივი გაზის ხვედრითი ემისიების უხეში ფარდობაა 1 : 0,75 : 0,55. განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების ათვისებით, სამრეწველო გაზების დაშლით, ასევე სხვა, შედარებით ნაკლებ მასშტაბური და ნაკლებ ეფექტური ღონისძიებებით. ამ მხრივაც უმეტესი განვითარებული ქვეყნების შესაძლებლობები პრაქტიკულად ამოწურულია. ამდენად კიოტოს ოქმით ნაკისრი ვალდებულებების შესრულება განვითარებული ქვეყნების უმეტესობისათვის საკმაოდ პრობლემატურია.

მეორეს მხრივ, კონვენციის დანართ I-ში არ ჩართულ ქვეყნებში სათბურის გაზების ემისიების შემცირების საკმაო პოტენციალი არსებობს, მაგრამ მათ უძნელდებათ, ძირითადად ფინანსური რესურსების სიმწირის გამო, დამოუკიდებლად სათბურის გაზების ემისიების შემცირებისაკენ მიმართული პროექტების განხორციელება.

“კიოტოს ოქმით” განისაზღვრა სუფთა განვითარების მექანიზმი (სგმ), რომელიც საშუალებას აძლევს კონვენციის დანართ 1-ში არჩართულ მხარეს განახორციელოს დანართ 1-ში ჩართულ განვითარებულ ქვეყანასთან ერთად

სათბურის გაზების ემისიის შემამცირებელი პროექტი. მასპინძელი მხარე მოგებული რჩება მისი ქვეყნის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობი პროექტის განხორციელებით, რომელიც სგმ გარეშე ვერ განხორციელდებოდა (ემისიების გაყიდვიდან მიღებული შემოსავალი, ე.წ. “ნახშირბადის კრედიტები” ფინანსური თვალსაზრისით სიცოცხლისუნარიანს ხდის პროექტს), განვითარებულ ქვეყანას კი გარკვეულ საფასურად გადაეცემა შემცირებული ემისიები სრულად/ან ნაწილი, რაც ამ ქვეყანას ჩაეთვლება კიოტოს ოქმით ნაკისრი ვალდებულებების შესრულებაში.

პროექტის განხორციელების შედეგად მიღწეული ემისიების შემცირება დაკანონებული (სერტიფიცირებული) უნდა იქნას სგმ აღმასრულებელი საბჭოს მიერ. “სერტიფიცირებული ემისიის შემცირება” (სემ), ისევე როგორც ზოგადად ემისიები, იზომება ტონა ნახშირორჟანგის ექვივალენტებში ( $CO_2eq$ ).

სგმ პირობებისა და პროცედურების შესაბამისად საქართველოს, ისევე როგორც დანართ I-ში არჩართულ ნებისმიერ მხარეს, შეუძლია სგმ-ში მონაწილეობა, თუ ის აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

1. სგმ საპროექტო საქმიანობაში მონაწილეობს ნებაყოფლობით;
2. ქვეყანაში დანიშნულია სგმ ეროვნული პასუხისმგებელი ორგანო (ეპო)[CDM Designated National Authority (CDM DNA)];
3. წარმოადგენს კიოტოს ოქმის მხარეს.

საქართველო წარმოადგენს “კიოტოს ოქმის” მხარეს და ნებაყოფლობით სურს მონაწილეობა მიიღოს სგმ-ში. მას შემდეგ, რაც საქართველოს მთავრობის 2005 წლის #2 განკარგულებით სგმ ეროვნულ პასუხისმგებელ ორგანოდ განისაზღვრა საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, საქართველო აკმაყოფილებს სგმ-ში მონაწილეობის სამივე პირობას.

საქართველოს მთავრობის 2005 წლის 29 სექტემბრის #172 დადგენილებით შეიქმნა სგმ საბჭო, რომლის მთავარი ამოცანა იქნება სგმ პროექტებისათვის დადგენილი კრიტერიუმების მიხედვით განსაზღვროს, რამდენად უწყობს ხელს წარდგენილი სგმ პროექტი ქვეყნის მდგრად განვითარებას, შესაბამისობაშია თუ არა სგმ პროექტი ეროვნულ და/ან სექტორულ პოლიტიკასთან და გაუწიოს სგმ პროექტს რეკომენდაცია საქართველოს მთავრობის სახელით ოფიციალური თანხმობის გაცემის თაობაზე.

აღსანიშნავია, რომ ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>) წილი გლობალურ დათბობაში დაახლოებით 60 პროცენტს შეადგენს. CO<sub>2</sub>-ის ემისიების უდიდესი წყაროა ელექტროენერჯის გამომუშავების მიზნით წიაღისეული საწვავის წვა. მისი ემისიების შემცირების ეფექტური საშუალება განახლებადი ენერჯორესურსების ათვისებაა.

სუფთა განვითარების მექანიზმის (Clear Development Mechanism, CDM ) პროექტების დანერგვა ემსახურება სათბური ემისიის შემცირებას და ქვეყნის ადაპტირებას კლიმატის ცვლილების საშიშ ეფექტებთან. სათბური გაზების შემცირების ერთ-ერთი გზაა ელექტროენერჯის წარმოება ორგანული სათბობის ნაცვლად განახლებადი რესურსების მეშვეობით, რომელთაც ემისიის ნულოვანი მაჩვენებელი აქვთ. მსოფლიო ბანკი აფინანსებს ერთეული ემისიის შემცირებას და იმ ქვეყანას, რომელიც ვერ ასრულებს კვოტას, შეუძლია გამოიმუშაოს თანხა იმის მიხედვით, თუ რა იქნება ერთეული ემისიის შემცირების საბაზრო ფასი. სერთიფიცირებული ემისიის შემცირება (Certified Emission Reduction, CER) არის სერთიფიკატი, რომლის გაყიდვაც შესაძლებელია და მას სუფთა განვითარების მექანიზმის აღმასრულებელი საბჭო აძლევს პროექტის მონაწილეებს. ნულოვანი ემისიის მქონე განახლებადი რესურსების (ქარის, მზის, ჰიდრო) გამოყენებით მიიღება ემისიის შემცირება (ER<sub>Y</sub>), რომელიც გაიანგარიშება წლიურად გამომუშავებული ელექტროენერჯის (EG<sub>Y</sub>) გადამრავლებით ქსელის ემისიის

კოეფიციენტზე ( $EF_Y$ ). ქსელის ემისიის კოეფიციენტი საანგარიშო სიდიდეა და დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა: თბოსადგურის პროცენტული მაჩვენებელი კონკრეტული ქვეყნის ელექტროსისტემის მთლიან შემადგენლობაში, თბოსადგურში გამოყენებული სათბობის სახეობები, მათი თბოუნარიანობა, გამომუშავებული ელექტროენერჯის ერთეულზე სათბობის ხვედრითი ხარჯი, საანგარიშო პერიოდში გენერაციის ზრდა პროცენტულ მაჩვენებლებში და სხვა. ქსელის ემისიის კოეფიციენტს (ან  $CO_2$ ემისიების ინტენსიურობას) ადგენს და აქვეყნებს კონკრეტული ქვეყნის უფლებამოსილი ნაციონალური ორგანო (DNA) წელიწადში ერთხელ. ემისიის შემცირება იანგარიშება შემდეგი გამოსახულებით:

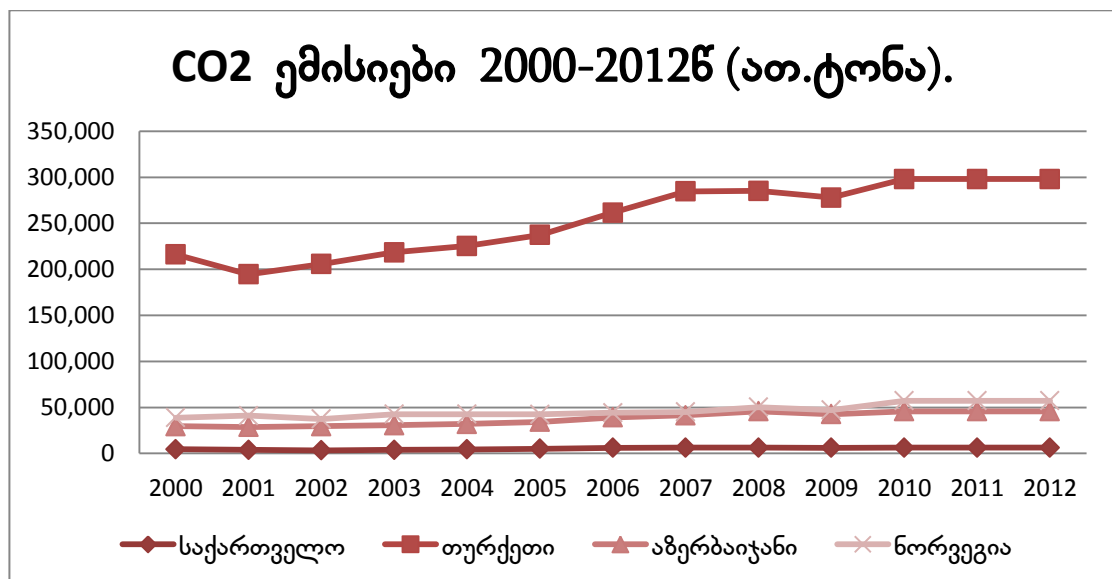
$$ER_Y = EG_Y (\text{მგტსთ}) * EF_Y (\text{ტ}CO_2/\text{მგტსთ}) \quad (\text{ტ}CO_2/\text{მგტსთ})$$

სადაც  $EG_Y$  წლიურად გამომუშავებული ელექტროენერჯია (მგტსთ);  $EF_Y$  - ქსელის ემისიის კოეფიციენტი; Y საანგარიშო წელი;

სერთიფიცირებული ემისიის შემცირების (CER) გაყიდვით უმჯობესდება პროექტის ფინანსური მაჩვენებლები. კერძოდ, ინვესტიციის გამოსყიდვის შიდა ნორმა (Internal Rate of Return, IRR) და წმინდა მიმდინარე შემოსავალი (Net Present Value, NPV). კიოტოს ოქმი საშუალებას იძლევა განვითარებულმა და განვითარებადმა ქვეყნებმა განახორციელონ ერთობლივი პროექტები ატმოსფეროში სასათბურე გაზების გამონაბოლქვების შემცირების მიზნით ერთ-ერთი ქვეყნის ტერიტორიაზე და შემდეგ „გაიყონ“ 2008-2013 წლებში მიღებული ეფექტი, „გადასცემენ“ რა ერთმანეთს მიღებული „გამონაბოლქვის შემცირების ერთეულებს“ რადგან საქართველოში ენერგოეფექტურობისა და ენერგოდაზოგვის პოტენციალი ნაკლებად არის რეალიზებული (რეალიზებულია ამ პოტენციალის უმნიშვნელო ნაწილი) განვითარებულ ქვეყნებთან შედარებით (სადაც ის მთლიანად ამოწურულია მაღალი ტექნოლოგიების გამო), ამიტომ ემისიების შესამცირებელი (შემცირების უზრუნველყოფელი) ღონისძიებების განხორციელება მნიშვნელოვნად იათვი დაჯდება.

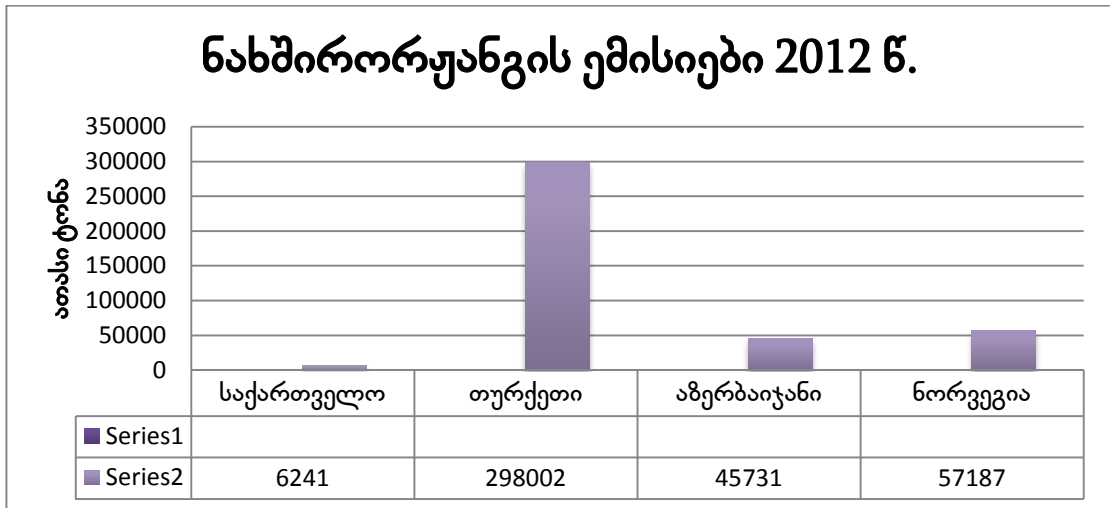
ბოლო პერიოდში მთელ მსოფლიოში აღინიშნება ატმოსფეროში „სათბურის გაზების“ რაოდენობის ინტენსიური ზრდა, რაც გამოწვეულია ადამიანთა მიერ ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყენებით და შედეგად კაცობრიობას ელის მძაფრი ენერგეტიკული და ეკოლოგიური კრიზისი. სათბურის გაზებიდან, ყველაზე უფრო ფართოდ გავრცელებულია ნახშირბადის ორჟანგი (CO<sub>2</sub>). წიაღისეული სათბობის გამოყენება ენერგეტიკული მიზნებისთვის წარმოადგენს CO<sub>2</sub>-ის ემისიების მთავარ წყაროს, მაშინ როცა განახლებადი ენერჯის გამოყენება ელექტროენერჯის მისაღებად ემისიების შემცირების ყველაზე ეფექტიანი გზაა.

საქართველოს გეოპოლიტიკური როლი სამხრეთ კავკასიაში გაიზარდა, თუ ის წარმატებით ჩაერთვება ემისიებით ვაჭრობის მსოფლიო სისტემაში, სადაც დაბალი ემისიის მქონე ქვეყნები მიყიდნიან თავის ქვოტებს მაღალი ემისიის მქონე ქვეყნებს, რათა მათ შეასრულონ „კიოტოს ოქმის“ შესაბამისად დადებული ხელშეკრულების პირობები ემისიების შემცირების თაობაზე. საქართველოს 2000-2012 წლების პერიოდში ყველაზე კარგი მონაცემები გააჩნია ნახშირორჟანგის ემისიის მიხედვით თურქეთთან აზერბაიჯანთან და ნორვეგიასთან შედარებით (იხ. ნახ.3).



ნახ. 3. საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ნორვეგიის ნახშირორჟანგის ემისიები 2000-2012 წლების პერიოდში.

საქართველოში ნახშირორჟანგის ემისიები 2012 წელს ბევრად ნაკლებია (6241 ათასი ტონა) თურქეთთან (298002 ათასი ტონა), აზერბაიჯანთან (45731 ათასი ტონა) და ნორვეგიასთან (57187 ათასი ტონა) შედარებით (იხ.ნახ.4).



ნახ.4. საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ნორვეგიის

ნახშირორჟანგის ემისიები 2012 წ.

მიუხედავად იმისა, რომ თურქეთი და აზერბაიჯანი მჭიდროდაა დაკავშირებული კულტურის, ენისა და რელიგიის მხრივ, ხოლო მართლმადიდებელი საქართველო კულტურულად და ლინგვისტურად განსხვავებულია, საქართველოს, თურქეთის და აზერბაიჯანის სამხსრივი პარტნიორობა მათი გეოპოლიტიკური სტრატეგიიდან გამომდინარე, უკვე განვითარებადი ძალაა სამხრეთ კავკასიაში.

საქართველოს ჰიდროენერგეტიკა თურქეთისათვის საკუთარი ენერგეტიკული დეფიციტის შევსების ყველაზე მისაღები შესაძლებლობაა, რადგან, საქართველოში ელექტროენერჯის გამომუშავების ღირებულება შეადგენს დაახლოებით 0.02 აშშ დოლარს 1 კილოვატსათმე, ხოლო ახლადშენებული ჰიდროელექტროსადგურის შემთხვევაში ღირებულება იქნება დაახლოებით 0.06 აშშ დოლარი, მაშინ, როდესაც თურქეთში საშუალო ტარიფი შეადგენს 0.09 აშშ დოლარს.



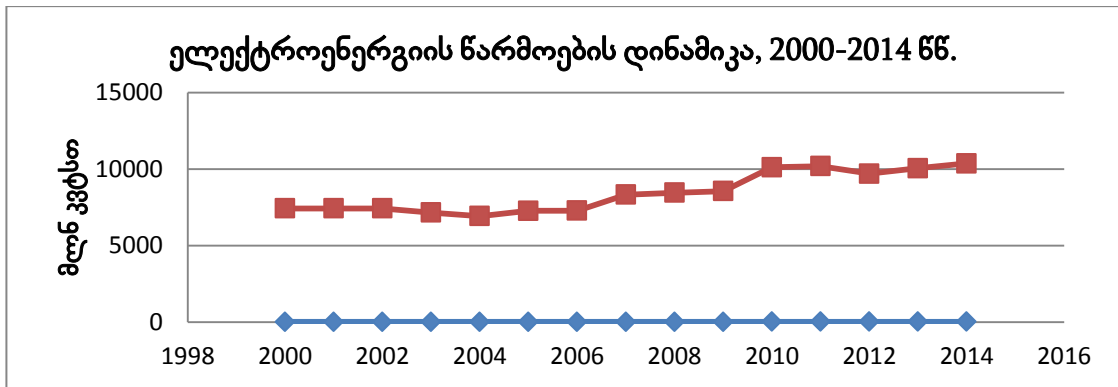
საქართველომ უკვე მოახდინა თურქეთთან ელექტროენერჯით ტრანსსასაზღვრო ვაჭრობის ხელშეკრულების რატიფიკაცია, რამაც შესაძლოა, საქართველოს ევროპის ბაზრებზე გასვლის შესაძლებლობა მისცეს. თურქეთთან სავაჭრო ურთიერთობების მონესრიგების შემდეგ საქართველოს შეუძლია გამოიყენოს გადაცემის მარშრუტი და სავაჭრო ხელშეკრულება როგორც საფუძველი საკუთარი ჭარბი ელექტროენერჯის ევროპაში გასატანად. აღსანიშნავია, რომ თურქეთმა უკვე მოახდინა საკუთარი კანონმდებლობის ევროპულთან ჰარმონიზება 2011 წლიდან ტრანსსასაზღვრო ვაჭრობის წარმოების მიზნით [ხუდონის ჰესის გზმ, თბილისი, 2013].

ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს 2000-2014 წლების ელექტროენერჯის წარმოების დინამიკა (იხ. ცხრ.3).

ცხრ. 3

წელი	ელექტროენერჯის წარმოება, მლნ კვტსთ
2000	7 424
2001	7 424
2002	7 424
2003	7 160
2004	6 924
2005	7 267
2006	7 287
2007	8 332
2008	8 453
2009	8 558
2010	10 124
2011	10 194
2012	9 698
2013	10 058
2014	10 369

საქართველოს 2000-2014 წლების ელექტროენერჯის წარმოების დინამიკა გრაფიკულად.

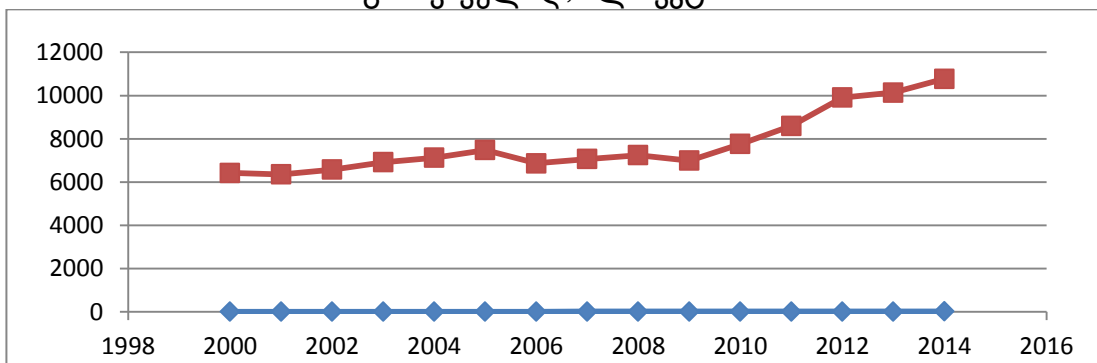


ნახ. 5. ელექტროენერჯის წარმოების 2000-2014 წ. დინამიკა საქართველოში. ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს 2000-2014 წლების ელექტროენერჯის მოხმარების დინამიკა (იხ. ცხრ.4).

ცხრ.4

წელი	ელექტროენერჯის მოხმარება, მლნ კვტსო
2000	6 420
2001	6 357
2002	6 578
2003	6 915
2004	7 126
2005	7 479
2006	6 865
2007	7 064
2008	7 241
2009	6 992
2010	7 761
2011	8 599
2012	9 907
2013	10 140
2014	10 773

საქართველოს 2000-2014 წლების ელექტროენერჯის მოხმარების დინამიკა გრაფიკულად, მლნ კვტსო.



ნახ.6. ელექტროენერჯის მოხმარების 2000-2014 წ. დინამიკა საქართველოში.

როგორც მე-3-4 ცხრილებიდან ჩანს, ელექტროენერჯის სულ უფრო მზარდი მოთხოვნის პერსპექტიული ამოცანის დასაკმაყოფილებლად საქართველოსთვის დღის წესრიგში დგას ადგილობრივი რესურსების ათვისების ფართომასშტაბიანი საინვესტიციო საქმიანობის წარმართვა. ამ ამოცანის დასაკმაყოფილებლად საჭიროა მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავდეს საქართველოს ელექტროენერჯეტიკის ისეთი მოდელი 2015 - 2020 წლებისთვის, რომელიც ოპტიმალურად გაანაწილებს კაპიტალურ, შრომით და ფინანსურ რესურსებს.

## თავი 2. ელექტროსისტემის საწარმოო სიმძლავრეების სტრუქტურის მოდელირება

### 2.1. საწარმოო სიმძლავრეების ოპტიმალური განვითარების მათემატიკური მოდელი

საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგიის თანახმად [15], ენერჯის იმპორტის შემცირებისა და ენერგოდამოუკიდებლობის გაზრდის მიზნით, სახელმწიფოს მხრიდან განსაზღვრულია ადგილობრივი და უცხოური საინვესტიციო ენერგეტიკული პროექტების ხელშეწყობა ადგილობრივი ენერგო რესურსების ათვისების აქცენტებით. აღსანიშნავია, რომ საპროგნოზო პერიოდში საქართველოს მთავრობის მიერ შემუშავებული სტრატეგიის თანახმად, საქართველომ უნდა უზრუნველყოს 2015-2020 წლებში ელექტროენერჯის წარმოების გაზრდა 14 მლრდ კვტსთ-მდე (იხ. ნახ.7-8).

საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგია

სასოფლო-სამეურნეო ინფრასტრუქტურის კუთხით განხორციელებული პოლიტიკის შედეგად, გაიზრდება როგორც პირველადი სასოფლო-სამეურნეო წარმოების, ასევე, მასთან დაკავშირებული გადამამუშავებელი მრეწველობის მწარმოებლობა. ამავდროულად, გაიზრდება როგორც ფერმერული მეურნეობების, ასევე, აგრარული პროდუქტის კონკურენტუნარიანობა.

ქვეყნის მასშტაბით განვითარდება წყალმომარაგების და მყარი ნარჩენების მართვის თანამედროვე სისტემები.

განხორციელებული პოლიტიკის შედეგად გაიზრდება საქართველოში გამოიმუშავებული ენერჯის მოცულობა, რაც განაპირობებს ენერჯის იმპორტის შემცირებას და გაზრდის ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობას. ამ პროცესში გათვალისწინებული იქნება გარემოზე ზემოქმედების ფაქტორი. საქართველოში გენერირებული ენერჯის ზრდის პარალელურად მოსალოდნელია ენერჯის ექსპორტის ზრდა და საექსპორტო ბაზრების შემდგომი დივერსიფიკაცია. გარდა ამისა, განვითარდება კონკურენტული გარემო და გამარტივდება ენერჯის წყაროებთან მიერთების პროცესი.

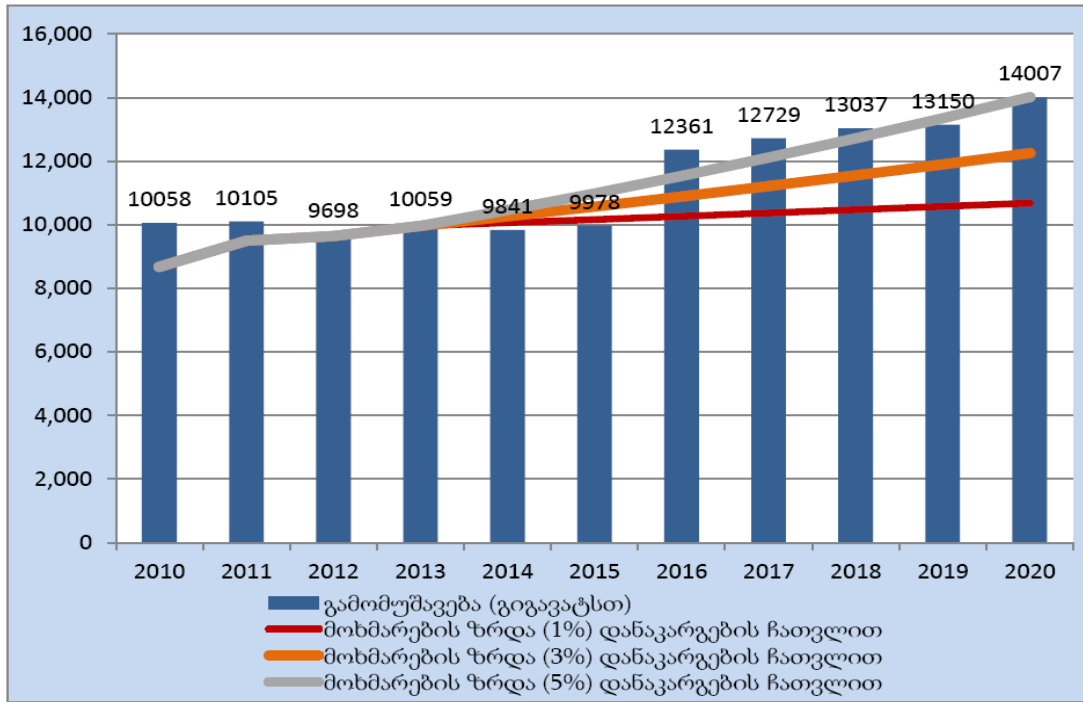
ინფრასტრუქტურის განვითარების და სატრანზიტო პოტენციალის მაქსიმალურად გამოყენებისთვის დასახული მიზნები

მაჩვენებელი	საბაზისო	2017	2020
ელექტროენერჯის მთლიანი წლიური წარმოება (ტერავატ*საათი)	9.7	12.0	14.0
ელექტროენერჯიაზე წვდომა (ბიზნესის წარმოების ანგარიშის მიხედვით)	50	45	35

\*ტრილიონი ვატი  
საქართველო 2020

61

ნახ.7. სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგია, საქართველო 2020. თბილისი: 2014.



ნახ.8. ელექტროენერჯისგამომუშავებისა დამოხმარების პროგნოზი [15].

საქართველოს ელექტროსისტემაში მოთხოვნილება ელექტროენერჯიაზე იზარება სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურებიდან. განახლებადი ენერგორესურსების გამოყენება ენერგეტიკაში უზრუნველყოფს ძვირფასი ორგანული სათბობის დაზოგვას და ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებას. ამრიგად, ენერგეტიკული სიმძლავრეების ისეთი განვითარება, რომელიც უზრუნველყოფს მისდამი წაყენებული ეკონომიკური კრიტერიუმების დაკმაყოფილებას, როგორცაა არაგანახლებადი ენერგორესურსების ხარჯვის მიზანშეწონილი და ოპტიმალური დონე შორეული პერსპექტივის გათვალისწინებით, ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებისთვის საჭირო კაპიტალდაბანდებათა გამართლებული მოცულობა და ა.შ. წარმოადგენს მრავალკრიტერიუმულ ამოცანას, რომლის გადაწყვეტა შესაძლებელია მათემატიკური მოდელის აგებით.

საქართველოში ენერგეტიკული სისტემის განვითარების ოპტიმალური სტრუქტურის ერთ-ერთი მათემატიკური მოდელი დამუშავებულია აკად. ვ.

ჭიჭინაძის მიერ. ხოლო ამ მოდელის სრულყოფის ცდა მოცემული აქვს საქართველოს ენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მეცნიერებს [14]. ამ მოდელის თანახმად, ელექტროენერჯის მოთხოვნილი რაოდენობის ზრდის კვალობაზე პერსპექტიული დროის მთელი პერიოდი უნდა დაიყოს ეტაპებად, რაც შესაძლებლობას მოგვცემს განვსაზღვროთ თითოეული ენერგეტიკული ობიექტის სიმძლავრის ამოქმედების ვადა და ენერგეტიკული სიმძლავრეების ტერიტორიული განლაგების ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.

როგორც ცნობილია, საქართველოს ენერგოსისტემაში მოთხოვნილება ელექტროენერჯიაზე იფარება სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურებიდან (დიდი და მცირე ჰესები, სხვადასხვა სახის სათბობზე მომუშავე თესები და არატრადიციულ ენერჯის წყაროზე მომუშავე ელექტროსადგურები). ძირითადი ეკონომიკური მაჩვენებლებია: წლიური გამომუშავებული ენერჯია (W); ერთდროული კაპიტალური ხარჯები (K); წლიური შემოსავალი (X); აღნიშნული ძირითადი ეკონომიკური მაჩვენებლები სხვადასხვა ენერგეტიკული ობიექტებისათვის იქნება შესაბამისად:

$$\text{მცირე } i\text{-ური ჰესებისათვის } (i=1,2,\dots,n) - w_{1i}; K_{1i}; x_{1i}; \quad (1)$$

$$\text{დიდი } j\text{-ური ჰესებისათვის } (j=1,2,\dots,m) - w_{2j}; K_{2j}; x_{2j}; \quad (2)$$

$$\text{ქვანახშირზე მომუშავე } e\text{-ური თესებისათვის } (e=1,2,\dots,L) - w_{3e}; K_{3e}; x_{3e}; \quad (3)$$

$$\text{მაზუთზე მომუშავე } b\text{-ური თესებისათვის } (b=1,2,\dots,B) - w_{4b}; K_{4b}; x_{4b} \quad (4)$$

$$\text{აირზე მომუშავე } c\text{-ური თესებისათვის } (c=1,2,\dots,C) - w_{5c}; K_{5c}; x_{5c} \quad (5)$$

$$\text{არატრადიციული (მზის, ქარის) } q\text{-ური ენერგეტიკული ობიექტებისათვის } (q=1,2,\dots,Q) - w_{6q}; K_{6q}; x_{6q}; \quad (6)$$

$$\text{იმპორტით მიღებულ ბაზისურ ენერჯიაზე } w_7; x_7; \quad (7)$$

$$\text{იმპორტით მიღებულ პიკურ ენერჯიაზე } w_8; x_8; \quad (8)$$

$$h\text{-ური } (h=1,2,\dots) \text{ ელექტრული ქსელისათვის წლიური გადაცემული ენერჯია } w_9. \quad (9)$$

მოცემული ეკონომიკური მაჩვენებლები ( $w, K, x$ ) ცვლადი სიდიდეებია დროში და მათი აღნიშვნა შეიძლება ერთი ასოთი  $a$ , რომელიც აკმაყოფილებს პირობას:

$$a = \begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}$$

$$b) \sum_{i=1}^T a^t \leq 1 \quad (9')$$

თითოეული განხილული ელექტროსადგურის ეკონომიკური მახასიათებლები ( $w, K, x$ ) განვიხილოთ  $a^t$  ცვლადებთან ნამრავლში. თუ აღმოჩნდა, რომ განსახილველ პერსპექტიულ პერიოდში ( $t, T$ ) რომელიმე  $t=t^0$  წელს საჭიროა ამოქმედდეს რომელიმე, დავეუვათ  $i$ -ური სადგური (მცირე ჰესი), (9')-ის თანახმად,

$$\text{როცა } a_{1,i}^{t=t^0}=1, \text{ მაშინ } w_{1i} a_{1,i}^{t=t^0}=w_{1i}$$

$$\text{ხოლო როცა } a_{1,i}^{t \neq t^0}=0, \text{ მაშინ } w_{1i} a_{1,i}^{t \neq t^0}=0$$

ე.ი (9') პირობა გამორიცხავს პერსპექტიულ პერიოდში ( $t, T$ ) ფაქტიური გამომუშავების ჯამური შეფასების შესაძლებლობას, სანამ სადგურის მშენებლობა არ დამთავრდება. ამ მომენტის თავიდან ასაცილებლად შემოვიტანოთ დამატებითი კოეფიციენტი:

$$\phi^t = T - t + 1,$$

სადაც  $T$  - განსახილველი პერსპექტიული პერიოდია წლებში;  $t-(tT)$ - წელი, როცა ობიექტი იწყებს ამოქმედებას. ცხადია, ობიექტის მწყობრში შესვლა ვერ განხორციელდება მისი მშენებლობის დამთავრებამდე, ანუ ყოველთვის  $t \geq t^{შ}$ .

მოცემული  $\phi^t$  კოეფიციენტისა და (9') პირობის თანახმად, ყველა მოცემული ენერგეტიკული სიმძლავრის და გარედან მოწოდებული ენერჯის გათვალისწინებით ( $t, T$ ) პერიოდის ჯამური გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ასე გამოისახება:

$$\sum_{t=t_i}^T w^{შ} \sum_{i=1}^n \phi_{1i}^t w_{1i} a_{1i}^t + \sum_{t=t_j}^T w^{შ} \sum_{j=1}^m \phi_{2j}^t w_{2j} a_{2j}^t +$$

$$\sum_{t=t_e}^T w^{შ} \sum_{e=1}^L \phi_{3e}^t w_{3e} a_{3e}^t + \sum_{t=t_b}^T w^{შ} \sum_{b=1}^B \phi_{4b}^t w_{4b} a_{4b}^t +$$

$$\sum_{t=t_c}^T w^{შ} \sum_{c=1}^C \phi_{5c}^t w_{5c} a_{5c}^t + \sum_{t=t_q}^T w^{შ} \sum_{q=1}^Q \phi_{6q}^t w_{6q} a_{6q}^t + \sum_{t=1}^T (w_7^t + w_8^t)$$

ხოლო გადაცემული ენერჯის რაოდენობა გამოისახება ასე:

$$\sum_{t=t_h}^T w^{\theta\theta} \sum_{h=1}^h \Phi_{9h}^t (w_{9h} - w_{9h'}) a_{9h}^t. \quad (10)$$

წრფივი პროგრამირების ამოცანის ერთ-ერთი პირობაა უარყოფითი მნიშვნელობის ცვლადების არარსებობა. როგორც ცნობილია, ელექტროენერჯის გადაცემის მიმართულებები გამომუშავების წყაროებიდან მომხმარებელამდე არის მეტად მრავალფეროვანი. ელექტრული ნაკადის ოპტიმალურობა შეიძლება ორი ურთიერთსაანინააღმდეგოდ მიმართული ნაკადის ურთიერთშეჯერებით ( $w_{9h}$  და  $w_{9h'}) \geq 0$ . როგორც ჩანს, (10) წარმოადგენს ელექტროენერჯის შესაძლებელი გამომუშავების მათემატიკურ ჯამს და გადაცემულ ენერჯიას პერსპექტიული პერიოდის ყოველ წელს.  $t - t^{\theta\theta}$  ნიშნავს, რომ ახალი საწარმოო სიმძლავრეების მიერ გამომუშავებული და გადაცემული ენერჯის აღრიცხვა იწყება მშენებლობის დამთავრებისა და ობიექტის ამოქმედების შემდეგ.

ამოცანის მიზნობრივ ფუნქციას წარმოადგენს შესაძლო მაქსიმალური მოგების მიღება. ამიტომ (10)-ში მოყვანილი ენერგეტიკული საწარმოო სიმძლავრეებიდან უნდა შეირჩეს ისეთი ობიექტები, რომლებიც გარემოს ეკოლოგიური და ქვეყნის ეკონომიკური პირობების გათვალისწინებით ენერჯის ტრანსპორტირების ეფექტურობის პირობების დაცვით დააკმაყოფილებს ამოცანის მიზანს:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=t_i}^T x^{\theta\theta} \sum_{i=1}^n \Phi_{1i}^t x_{1i} a_{1i}^t + \sum_{t=t_j}^T x^{\theta\theta} \sum_{j=1}^m \Phi_{2j}^t x_{2j} a_{2j}^t + \\ & \sum_{t=t_e}^T x^{\theta\theta} \sum_{e=1}^L \Phi_{3e}^t x_{3e} a_{3e}^t + \\ & \sum_{t=t_b}^T x^{\theta\theta} \sum_{b=1}^B \Phi_{4b}^t x_{4b} a_{4b}^t + \sum_{t=t_c}^T x^{\theta\theta} \sum_{c=1}^C \Phi_{5c}^t x_{5c} a_{5c}^t + \\ & \sum_{t=t_q}^T x^{\theta\theta} \sum_{q=1}^Q \Phi_{6q}^t x_{6q} a_{6q}^t + \sum_{t=1}^T (x_7^t + x_8^t) + \\ & \sum_{t=t_h}^T x^{\theta\theta} \sum_{h=1}^h \Phi_{9h}^t (x_{9h} - x_{9h'}) a_{9h}^t \rightarrow \max \end{aligned} \quad (11)$$



(11) გამოსახულების მაქსიმალური მნიშვნელობის ძიება შეიძლება მოცემული ცვლადებით, რომლებიც გამოსახულია ენერგეტიკული, სანარმოო სიმძლავრეების შესაბამისი ინდექსებით:

$$\text{მცირე ჰესებისათვის: } a_{1i}^t = \left| \int_1^0 \sum_{t=t_i}^T x^{მზ} a_{1i}^t \leq 1; i=1,2 \dots N; \right.$$

$$\text{დიდი ჰესებისათვის: } a_{2j}^t = \left| \int_1^0 \sum_{t=t_j}^T x^{მზ} a_{2j}^t \leq 1; j=1,2 \dots M; \right.$$

$$\text{ქვანახშირზე მომუშავე თესებისათვის: } a_{3e}^t = \left| \int_1^0 \sum_{t=t_e}^T x^{მზ} a_{3e}^t \leq 1; e=1,2 \dots L; \right.$$

$$\text{მაზუთზე მომუშავე თესებისათვის: } a_{4b}^t = \left| \int_1^0 \sum_{t=t_b}^T x^{მზ} a_{4b}^t \leq 1; b=1,2 \dots B; \right.$$

$$\text{აირზე მომუშავე თესებისათვის: } a_{5c}^t = \left| \int_1^0 \sum_{t=t_c}^T x^{მზ} a_{5c}^t \leq 1; c=1,2 \dots C; \right.$$

$$\text{არატრადიციული ენერგეტიკული ობიექტებისათვის: } a_{6q}^t = \left| \int_1^0 \sum_{t=t_q}^T x^{მზ} a_{6q}^t \leq 1; \right. \\ \left. q=1,2 \dots Q; \right.$$

$$\text{ელექტრული ქსელისათვის: } a_{9h}^t = \left| \int_1^0 \sum_{t=t_h}^T x^{მზ} a_{9h}^t \leq 1; h=1,2 \dots H; \right.$$

კვლევის მიზანია მაქსიმალური მოგების მიღება, რომელიც უნდა ითვალისწინებდეს მთელ რიგ შემზღულავ პირობებს, ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას, ქვეყნის ეკონომიკურ მდგომარეობას, გარემოს დაცვის პირობებს და სანარმოო სიმძლავრეების სრულ გამოყენებას. შემზღულავები შეიძლება იყოს შემდეგი სახის:

1. ბაზისური ენერგია შეიძლება მივიღოთ მე-(10) გამოსახულებაში მოყვანილი ყველა ტიპის ელექტროსადგურების ძირითადი საშუალებების სრული გამოყენებით, ასევე შემოვიტანოთ მეზობელი სისტემიდან. მოთხოვნილება პიკურ ენერგიაზე დაკმაყოფილდება მხოლოდ დიდი ჰესებიდან, ამავე დროს იმპორტირებული პიკური ენერგიით.

(10) გამოსახულებაში განხილული ყველა ენერგეტიკული ობიექტის მიერ  $t=1$  წელიწადში გამომუშავებული ენერგიის სიდიდე აღვნიშნოთ  $B_{ბაგ}^1$ -ით,  $t=2$  წელიწადს გამომუშავებული ენერგიის სიდიდე  $B_{ბაგ}^2$ -ით, მოცემული სანარმოო სიმძლავრეების სრული გამოყენების დროს გამომუშავებული პიკური ენერგიის სიდიდე, როცა  $t=1$ , იქნება:

$\sum_{j=1}^m w_{2j} a_{2j}^1$ ; როცა  $t=2 - \sum_{j=1}^m w_{2j} a_{2j}^2$  და ა.შ. როცა  $t=T$ , იქნება  $\sum_{j=1}^m w_{2j} a_{2j}^T$ .

შემზღუდავი პირობა, რაც გაითვალისწინებს  $(t, T)$  პერიოდს ბაზისური ენერჯისთვის მიიღებს სახეს:

$$t=1 \quad B_{\delta\delta}^1 + w_7^1 = D_{\delta\delta}^1;$$

$$t=2B_{\delta\delta}^2 + B_{\delta\delta}^1 + w_7^1 = D_{\delta\delta}^2 + D_{\delta\delta}^1; \quad (\text{ა}) \quad t=T \quad \sum_{t=1}^T B_{\delta\delta}^T + w_7^T = \sum_{t=1}^T D_{\delta\delta}^T.$$

პიკური ენერჯისთვის იქნება:

$$t=1 \quad \sum_{j=1}^m w_{2j} a_{2j}^1 + w_8^1 = D_3^1;$$

$$t=2 \quad \sum_{j=1}^m w_{2j} a_{2j}^2 + \sum_{j=1}^m w_{2j} a_{2j}^1 + w_8^2 = D_3^2 + D_3^1$$

$$t=T \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m w_{2j} a_{2j}^t + w_8^T = \sum_{t=1}^T D_3^t. \quad (\text{ბ})$$

მოცემული განტოლებათა სისტემები (ა) და (ბ) განიხილება ერთობლიობაში, ამასთან იგულისხმება, რომ ყველა ტიპის სადგურისათვის  $t=t^{მზ}, t^{მზ} + 1, \dots, T$ .

1. ამოცანის პირობის თანახმად, პერსპექტიულ პერიოდში ძირითადი საწარმოო საშუალებების შექმნისათვის საჭირო გამოყოფილი ინვესტიციები წინასწარ ცნობილი სიდიდეა. აქედან გამომდინარე ნებისმიერ  $t$  წელს და ნებისმიერი რაოდენობის სიმძლავრეების შესაქმნელად დახარჯული თანხა არ უნდა აღემატებოდეს მშენებლობისათვის გამოყოფილი ჯამური კაპიტალური დაბანდებების  $K^T$  სიდიდეს, ე.ი:

$$\begin{aligned} \sum_{t=t_i}^T k^{მზ} \sum_{i=1}^n k_{1i} a_{1i}^t &+ \sum_{t=t_j}^T k^{მზ} \sum_{j=1}^m k_{2j} a_{2j}^t &+ \sum_{t=t_e}^T k^{მზ} \sum_{e=1}^L k_{3e} a_{3e}^t &+ \\ \sum_{t=t_b}^T k^{მზ} \sum_{b=1}^B k_{4b} a_{4b}^t &+ \sum_{t=t_c}^T k^{მზ} \sum_{c=1}^C k_{5c} a_{5c}^t &+ \sum_{t=t_q}^T k^{მზ} \sum_{q=1}^Q k_{6q} a_{6q}^t &+ \\ \sum_{t=t_h}^T k^{მზ} \sum_{h=1}^H k_{9h} a_{9h}^t &\leq k^T \end{aligned} \quad (12)$$

2. შემდეგი შეზღუდავა შეეხება ეკოლოგიური ხასიათის დარღვევებს. ჰესების მშენებლობა დაკავშირებულია მთელ რიგ დამატებით კაპიტალურ ხარჯებთან. იგი უკვე შეფასებულია და ასახულია გამომუშავებული ენერჯის თვითღირებულებაში, ამიტომ მათი შეტანა მათემატიკურ მოდელში საჭირო აღარ არის. რაც შეეხება თესებს – ჰაერში გაფრქვეული მავნე ნივთიერებების რაოდენობა დამოკიდებულია გამოყენებული სათბობის ტიპზე, ენერგობლოკების მუშა სიმძლავრეებზე, მათ ინტენსივობაზე. ეკოლოგიური

თვალსაზრისით, გაფრქვეული ნივთიერებების რაოდენობა არ უნდა აჭარბებდეს ნორმით დადგენილ ზღვარს. ეს პირობა შემზღუდვის ფორმით ყველა სახის საწვავზე – (CO) და (NO<sub>x</sub>)-სათვის ასე ჩაიწერება:

$$\sum_{t=t_e}^T w^{\theta\theta} \sum_{e=1}^L \Delta(CO)_{3e}^j w_{3e} a_{3e}^t + \sum_{t=t_b}^T w^{\theta\theta} \sum_{b=1}^B \Delta(CO)_{4b}^g w_{4b} a_{4b}^t + \sum_{t=t_c}^T w^{\theta\theta} \sum_{c=1}^C \Delta(CO)_{5c}^z w_{5c} a_{5c}^t \leq (CO)_{\text{ნორმატი}} \quad (13)$$

$$\sum_{t=t_e}^T w^{\theta\theta} \sum_{e=1}^L \Delta(NO_x)_{3e}^j w_{3e} a_{3e}^t + \sum_{t=t_b}^T w^{\theta\theta} \sum_{b=1}^B \Delta(NO_x)_{4b}^g w_{4b} a_{4b}^t + \sum_{t=t_c}^T w^{\theta\theta} \sum_{c=1}^C \Delta(NO_x)_{5c}^z w_{5c} a_{5c}^t \leq (NO_x)_{\text{ნორმატი}} \quad (14)$$

ასეთივე ფორმით ჩაიწერება ქვანახშირზე და მაზუთზე მომუშავე თესებისათვის (SO<sub>2</sub>)-სა და მყარი ნაწილაკებისათვის. მიღებული მათემატიკური მოდელი წარმოადგენს წრფივ მოდელს (0,1) ცვლადებით, რომელიც აკმაყოფილებს დისკრეტული პროგრამირების მოთხოვნებს და შეიძლება ამოიხსნას ოპტიმალური გადაწყვეტების შემთხვევითი ძიების მეთოდით. ამასთან აღსანიშნავია, რომ იგი მრავალგანზომილებიანია და ითვალისწინებს მთელ რიგ შემზღუდავ პირობებს.

განვიხილოთ ერთწლიან მონაკვეთებად დაყოფილი T=5 წლიანი პერიოდი (2015-2020 წ.წ.), ნებისმიერ t წელს ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები: წლიურად გამომუშავებული ელექტროენერგია (W), ერთდროული კაპიტალური ხარჯები (K), წლიური შემოსავალი (X) სხვადასხვა ენერგეტიკული ობიექტებისთვის იქნება შესაბამისად:

მცირე i-ური ჰესებისათვის (i=1,2...n) - w<sub>1i</sub>; K<sub>1i</sub>; x<sub>1i</sub>

დიდი j-ური ჰესებისათვის (j=1,2...m) - w<sub>2j</sub>; K<sub>2j</sub>; x<sub>2j</sub>;

ქვანახშირზე მომუშავე e-ური თესებისათვის (e=1,2...L) - w<sub>3e</sub>; K<sub>3e</sub>; x<sub>3e</sub>;

მაზუთზე მომუშავე b-ური თესებისათვის (b=1,2...B) - w<sub>4b</sub>; K<sub>4b</sub>; x<sub>4b</sub>;

აირზე მომუშავე c-ური თესებისათვის (c=1,2...C) - w<sub>5c</sub>; K<sub>5c</sub>; x<sub>5c</sub>;

ქარის ენერგიაზე მომუშავე  $q$ -ური ენერგეტიკული ობიექტებისათვის  
( $q=1,2,\dots,Q$ ) –  $w_{6q}$ ;  $K_{6q}$ ;  $x_{6q}$ ;

მოცემული ეკონომიკური მაჩვენებლები ( $w, k, x$ ) ცვლადი სიდიდეებია დროში  
და მათი აღნიშვნა შეიძლება  $a$  ასოთი, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას:  
 $a=1$ , როცა  $T \geq T^0$ , რაც ნიშნავს იმას, რომ ნებისმიერი ახალი ენერგეტიკული  
ობიექტის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია აღირიცხება მხოლოდ  
ექსპლუატაციაში გაშვების მომენტიდან.

ჰესების საერთო გარანტირებული სიმძლავრე აღვნიშნოთ  $P_1$ -ით,  
თესებისათვის  $P_2$ -ით, არატრადიციულ ენერჯის წყაროზე მომუშავე  
ელექტროსადგურებისთვის  $P_3$ -ით, გარანტირებული საერთო მაქსიმალური  
სიმძლავრე  $P_0$ -ით, ელექტროენერჯის წარმოების წლიური მოცულობა  $W_0$ -  
ით, ელექტროსადგურების მშენებლობისათვის განკუთვნილი ჯამური  
დანახარჯები  $D_1$ -ით, წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები -  $D_2$ -ით.

შემოტანილი კოეფიციენტების გარანტირებული სიმძლავრის, შესაბამისად  
ჰესებისა და თესებისათვის ( $a_{1i}, a_{1j}, a_{1e}, a_{1b}, a_{1c}, a_{1q}$ ), ელექტროენერჯის წლიური  
წარმოების ( $a_{2i}, a_{2j}, a_{2e}, a_{2b}, a_{2c}, a_{2q}$ ), კაპიტალური დაბანდებების ( $a_{3i}, a_{3j}, a_{3e}, a_{3b}, a_{3c},$   
 $a_{3q}$ ) და წლიური საექსპლუატაციო ხარჯების ( $a_{4i}, a_{4j}, a_{4e}, a_{4b}, a_{4c}, a_{4q}$ ),  
სათუქველზე მოვითხოვოთ შემდეგი პირობების შესრულება:

$$\sum_{i=1}^n a_{1i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{1j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{1e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{1b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{1c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{1q} P_3 \geq P_0$$

$$\sum_{i=1}^n a_{2i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{2j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{2e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{2b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{2c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{2q} P_3 \geq W_0$$

$$\sum_{i=1}^n a_{3i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{3j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{3e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{3b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{3c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{3q} P_3 \leq D_1$$

$$\sum_{i=1}^n a_{4i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{4j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{4e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{4b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{4c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{4q} P_3 \leq D_2 \tag{15}$$

ასეთ პირობებში შეიძლება ნებისმიერი ტიპის ელექტროსადგურის აშენება, მაგრამ ჩვენ მათ შორის უნდა მოვძებნოთ ყველაზემეტად ოპტიმალური ვარიანტები. ოპტიმალურობის კრიტერიუმად მიღებულია მოცემული ელექტროსადგურების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ჯამური დანახარჯების მინიმიზაცია.

ამოცანის მიზნობრივი ფუნქცია არის მაქსიმალური მოგების მიღება. ჩვენი მიზანია, რომ გარემოზე მინიმალური ზიანის მიყენების და ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობის გათვალისწინებით ენერგეტიკული სიმძლავრეებიდან შევარჩიოთ ისეთი ობიექტები, რომლებიც დააკმაყოფილებს ამოცანის მიზანს.

აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ მთელი რიგი შეზღუდვებიც:

1. ბაზისური ენერჯია შეიძლება მივიღოთ ყველა ტიპის ელექტროსადგურიდან, ხოლო მოთხოვნილება პიკურ ენერჯიაზე დაკმაყოფილდება მხოლოდ დიდი ჰესებიდან;
2. ამოცანის პირობის თანახმად, პერსპექტიულ პერიოდში ძირითადი საწარმოო საშუალებებისთვის გამოყოფილი ინვესტიციები წინასწარ განსაზღვრული სიდიდეა. ამიტომ ნებისმიერ  $t$  წელს და ნებისმიერი რაოდენობის სიმძლავრეების შესაქმნელად დახარჯული თანხა არ უნდა აღემატებოდეს მშენებლობისათვის გამოყოფილი ჯამური კაპიტალური დაბანდების  $K^T (D_1+D_2)$  სიდიდეს.
3. შემდეგი შეზღუდვა ეხება ეკოლოგიური ხასიათის დარღვევებს. რადგანაც არაგანახლებად ენერჯიებზე მომუშავე სადგურები გარემოს დაბინძურებას იწვევს, ჩვენ უნდა შევარჩიოთ ორგანულ სათბობზე მომუშავე ისეთი ელექტროსადგურები, რომელთა მუშაობის შედეგად გაფრქვეული მავნე ნივთიერებები იქნება მინიმალური.

საქართველოს ენერგეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების გამოყენების ოპტიმიზაციის ამოცანა დავიყვნოთ სამ ძირითად მიმართულებამდე:

1. მოინახოს მაგენერირებელი სიმძლავრეების ისეთი სპექტრი, რომლის დროსაც ამ სიმძლავრეების ჯამი იქნება მაქსიმუმი იმ შეზღუდვების პირობებში, რომლებსაც ითვალისწინებს შემუშავებული მათემატიკური მოდელი;
2. გამომუშავებული ელექტროენერჯის მაქსიმიზაცია ასევე შეზღუდვების პირობების დაურღვევლად;
3. წინასწარ განსაზღვრული სიმძლავრეებისა და ენერჯის მიღება მინიმალური კაპიტალური ხარჯების დროს.

ჩვენი ამოცანის მიზანი დაიყვანება შემდეგი ფუნქციის მინიმიზაციაზე:

$$F = \sum_{i=1}^n a_{3i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{3j} P_1 + \sum_{e=1}^L a_{3e} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{3b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{3c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{3q} P_3 + \sum_{i=1}^n a_{4i} P_1 + \sum_{j=1}^m a_{4j} P_1 + \sum_{l=1}^L a_{4l} P_2 + \sum_{b=1}^B a_{4b} P_2 + \sum_{c=1}^C a_{4c} P_2 + \sum_{q=1}^Q a_{4q} P_3 \rightarrow \min \quad (16)$$

ამოცანის მიზნობრივი ფუნქციიდან გამომდინარე, გასათვალისწინებელია მთელი რიგი შემზღუდავი ფაქტორები, კერძოდ: ჰიდროელექტროსადგური წლის განმავლობაში მუშაობს 3000 საათს. თბოსადგური – მისი სათბობით შეზღუდავი მომარაგების პირობებში 4500-6500 საათს, მაგრამ იმპორტირებული ძვირადღირებული ტრადიციული სათბობის გამოყენება 4500 საათზე მეტი დროის განმავლობაში ეკონომიკურად მიზანშეუწონელია. ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგური მუშაობს 3000 საათს. საქართველოს რელიეფი იმდენად მრავალფეროვანია, რომ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ღირებულება დადგმული სიმძლავრის ერთეულზე მერყეობს ძალიან დიდ დიაპაზონში, საერთაშორისო ნორმებით გათვალისწინებული სიმძლავრის ერთეულზე მოსული კაპიტალური ხარჯები მცირე ჰიდროსადგურებისათვის არის 3500 ლარი/კვტ, საშუალო და დიდი სიმძლავრის ჰესებისთვის 1000 ლარი/კვტ, ქვანახშირზე და მანუთზე მომუშავე

თბოსადგურებისათვის 2500 ლარი/კვტ, აირტურბინული ელექტროსადგურისათვის 2300 ლარი/კვტ, ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურისათვის 3500 ლარი/კვტ, რადგან მასში შედის ელექტროგადამცემი ხაზების ღირებულებაც.

საექსპლუატაციო და ენერგორესურსებზე დახარჯული თანხა ჰესებისათვის შეადგენს 70 ლარი/კვტ, ტრადიციულ სათბობზე მომუშავე თესებისათვის 370 ლარი/კვტ, ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებისთვის 100 ლარი/კვტ.

## **2.2. საქართველოს ელექტროენერჯეტიკის საწარმოო სიმძლავრეების პერსპექტიული სტრუქტურა**

როგორც უკვე იქნა აღნიშნული, საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტროს მიერ შემუშავებული კონცეფციის თანახმად, საჭირო ელექტროენერჯიის რაოდენობა, რომელიც 2020 წლისათვის უნდა მივიღოთ 14 მლრდ კვტს-ის ტოლია [15], ხოლო ინვესტირებისთვის საჭირო კაპიტალი შესაძლოა მოვიზიდოთ საპარტნიორო და თანაინვესტირების ფონდებიდან.

სააქციო საზოგადოება საპარტნიორო ფონდისა ქართველოს მთავრობის მიერ 2011 წელს დაარსდა, სადაც სახელმწიფო ფლობს ფონდის 100 პროცენტს. საპარტნიორო ფონდის აქტივები 5 მილიარდ ლარს აჭარბებს და ფლობს „საქართველოს რკინიგზის“, „საქართველოს ნავთობისა და გაზის კორპორაციის“, „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“, „ელექტროსისტემების კომერციული ოპერატორისა“ და ნაწილობრივ, „თელასის“ აქციებს. ფონდის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა საინვესტიციო მიმართულებებთან ერთად, ამ სახელმწიფო სტრატეგიული აქციების სწორი კორპორატიული მართვა.

საქართველოს თანაინვესტირების ფონდი, რომელიც 2013 წელს შეიქმნა, არის პირდაპირი ინვესტიციების ღია ფონდი, რომელიც შეივსება ადგილობრივი და საერთაშორისო კერძო და ინსტიტუციური კაპიტალის

მონაწილეობით. საქართველოს თანაინვესტირების ფონდის ბიუჯეტი სავარაუდოდ შეადგენს 2 მილიარდ აშშ დოლარს.

საპროგნოზო პერიოდში (2020 წლისათვის) ძირითადი საშუალებების შექმნისათვის საჭირო ინვესტიციები ჯერ განსაზღვრული არ არის, ამიტომ ვივარაუდოთ რომ მშენებლობისათვის განკუთვნილი ჯამური დანახარჯები ( $D_1$ ) იქნება 2 მლრდ ლარი, წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები ( $D_2$ ) კი - 200 მლნ ლარი. ამიტომ  $D_1 \leq 2$  მლრდ ლარი;  $D_2 \leq 200$  მლნ ლარი.

წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციის (2) საფუძველზე, როდესაც ადგილი აქვს (1) შეზღუდვებს, მივიღებთ:

$$3500 \varphi_{1i} + 1000 \varphi_{2j} + 2500 \varphi_{3e} + 2500 \varphi_{4b} + 2300 \varphi_{5c} + 3500 \varphi_{6q} \leq 2 \text{ მლრდ ლარი}$$

$$70 \varphi_{1i} + 70 \varphi_{2j} + 370 \varphi_{3e} + 370 \varphi_{4b} + 370 \varphi_{5c} + 100 \varphi_{6q} \leq 200 \text{ მლნ ლარი}$$

$$3000 \varphi_{1i} + 3000 \varphi_{2j} + 4500 \varphi_{3e} + 4500 \varphi_{4b} + 4500 \varphi_{5c} + 3000 \varphi_{6q} \geq 14 \text{ მლრდ კვტსთ.}$$

მოდელის ამოხსნის შემდეგ გვაქვს სურთი:

$$85 \text{ მგვტ} + 908 \text{ მგვტ} + 0 + 0 + 230 + 20 \text{ მგვტ} = 1243 \text{ მგვტ.}$$

$$\varphi_3 = \varphi_4 = 0;$$

წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით კმაყოფილდება შემდეგი პირობები:

$$P_1 + P_2 + P_3 \geq 1,2 \cdot 10^6$$

$$3500P_1 + 1000P_1 + 2300P_2 + 3500P_3 \leq D_1$$

$$70P_1 + 70P_1 + 370P_2 + 100P_3 \leq D_2$$

$$3000P_1 + 3000P_1 + 4500P_2 + 3000P_3 \geq 4 \cdot 10^9$$

ეს ნიშნავს, რომ ნახშირზე და მარუთზე მომუშავე თესების აშენება მოცემული კაპიტალური და საექსპლუატაციო ხარჯების და ეკოლოგიური შეზღუდვების პირობებში მიზანშეწონილი არ არის. მცირე ჰესები უნდა აშენდეს 85 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ადგილობრივ მოთხოვნას რეგიონებში (იხ. ცხრ.5).



ცხრ.5

	მცირეპესი	დადგმული სიმძლავრე, მვტ
1	ლუხუნიპესი 1	10.8
2	ლუხუნიპესი 2	12
3	ლუხუნიპესი 3	7.5
4	ნაბელლაიპესი	1.9
5	კინტრიშაპესი	5
6	სხალთაპესი	9.8
7	არაკალიპესი	8.8
8	ოქროპილაურიპესი	1.8
9	გოგინაურიპესი	1.8
10	ყაბევიპესი	5
11	დებედაპესი	2.5
12	ფშაველაპესი	1.9
13	კასლეფიპესი 1	8.1
14	კასლეფიპესი 2	8.1
	<b>ჯამი</b>	<b>85</b>

პერსპექტიულ პერიოდში უნდა აშენდეს მარეგულირებელი წყალსაცავის მქონე ჰიდროსადგურები - 908 მვტ სიმძლავრით, რომლებიც პიკურ დატვირთვაზე იმუშავენ. ასევე მიზანშეწონილია აშენდეს ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგური 20 მვტ და ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოსადგური 230 მვტ სიმძლავრით.

თუ შევამოწმებთ შეზღუდვებს კაპიტალურ დაბანდებებზე, როცა  $D_1 \leq 2$  მლრდ ლარზე, მივიღებთ:

$$85000 \cdot 3500 + 908000 \cdot 1000 + 230000 \cdot 2300 + 20000 \cdot 3500 \leq 2 \text{ მლრდ ლარი}$$

$$1,8 \text{ მლრდ ლარი} \leq 2 \text{ მლრდ ლარი.}$$

ეს პირობა შესრულებულია. გადავიდეთ შემდეგ შეზღუდვაზე, რომელიც წლიურ საექსპლუატაციო ხარჯებს ეხება, იგი არ უნდა აღემატებოდეს 200 მლნ ლარს:

$$85000 \cdot 70 + 908000 \cdot 70 + 230000 \cdot 370 + 20 \cdot 100 \leq 200 \text{ მლნ ლარი}$$

$$156 \text{ მლნ ლარი} \leq 200 \text{ მლნ ლარი}$$

ეს პირობაც შესრულებულია. ასეთი კაპიტალური დაბანდებების დროს დამატებითი სიმძლავრეების მიერ მიღებული ენერჯია ტოლია:

$$85000*3000+908000*3000+230000*4500+20000*3000= 4 \text{ მლრდ კვტსთ.}$$

იმისათვის, რათა განვსაზღვროთ, თუ რომელი საშუალო და დიდი სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურები შევიდნენ მოქმედებაში, ანუ რომელი დამატებითი (908 მვტ სიმძლავრის) ჰიდროელექტროსადგურებით შეივსოს ელექტროსისტემის სიმძლავრეების სტრუქტურა, გამოვიყენოთ ფაზი-ლოგიკის ელემენტები, რადგან ჩვენ არჩევანს ვაკეთებთ ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, რომელთა ზუსტი რაოდენობრივი მნიშვნელობები არ გააჩნიათ და გამოვიყენოთ ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი [51].

### თავი 3. ჰიდროელექტროსადგურის არჩევა ფაზი-ლოგიკის გამოყენებით

#### 3.1. ფაზი-ლოგიკის არსი და პრაქტიკული მნიშვნელობა

ელექტროსისტემის მოდელირებაში არსებული განუსაზღვრელობა აფერხებს ან სრულიად გამორიცხავს ზუსტი რაოდენობრივი მეთოდების და მიდგომების გამოყენებას. ამ პრობლემის გადაწყვეტისთვის ისეთი მოდელის შეთავაზება, რომელიც ყველაზე ადექვატურად ითვალისწინებს ამა თუ იმ განუზღვრელობის ტიპს, არის ფაზი-ლოგიკა, რომელიც წარმოადგენს ფაზი-მართვის მეთოდების რეალიზაციის საფუძველს. ამიტომ ფაზი-მათემატიკური საშუალებების გამოყენება არამკაფიო ინფორმაციის წარმოსადგენად ისეთი მოდელის აგების საშუალებას იძლევა, რომლებიც უფრო ადექვატურად ასახავენ განუსაზღვრელობის სხვადასხვა ასპექტებს, განსაკუთრებით ელექტროსისტემის სტრუქტურის მოდელირებაში.

კალიფორნიის (აშშ) უნივერსიტეტის (ბერკლი) პროფესორმა ა.ზადემ (Lotfi A. Zade) 1965 წელს დაბეჭდა ნაშრომი „Fuzzy Sets“, რომელიც 1965 წელს ჟურნალ „Information and Control“-ში დაიბეჭდა. ნაშრომმა, ადამიანის ინტელექტუალური საქმიანობის მოდელირებას ჩაუყარა საფუძველი და არსებული ზოგიერთი მათემატიკური თეორიისა და ინტერპრეტაციას მისცა ბიძგი.

ა.ზადემ განაზოგადა სიმრავლის კლასიკური ცნება, დაუშვა რა, რომ სიმრავლის მახასიათებელმა ფუნქციამ, ელემენტების სიმრავლეში შეთანხმებულობის (membership) ფუნქციამ შეიძლება მიიღოს არა მარტო 0 ან 1 მნიშვნელობა, არამედ ნებისმიერი მნიშვნელობა  $[0,1]$  შუალედიდან. ასეთ სიმრავლეებს მან არამკაფიო (Fuzzy) უწოდა;

შემოიღო მთელი რიგი ოპერაციები არამკაფიო სიმრავლეებზე; გარდა ამისა, შემოიღო ე.წ. „ლინგვისტური ცვლადის“ ცნება და დაუშვა, რომ მისი მნიშვნელობები (ტერმები) არამკაფიო სიმრავლეებია; მან ააგო

ინტელექტუალური საქმიანობის აქტივობისაღმწერი აპარატი, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემული განუსაზღვრელობის პირობებშიაქტივობის შედეგის რაოდენობრივ მხარეს.ფაზი-ლოგიკის სისტემა არის პროცესი, სადაც ხდება ფაზი (განუსაზღვრელი) ელემენტების მიწოდება (ფაზიფიკაცია), არსებული წესებით მათი დამუშავება და გამომავალი ინფორმაციის მიღება (დეფაზიფიკაცია). ამ პროცესის ალგორითმი შემდეგია:

1. ლინგვისტური ცვლადების განსაზღვრა;
2. ფაზი -ლინგვისტური ტერმების განსაზღვრა;
3. მიკუთვნების ფუნქციის დადგენა;
4. წესების განსაზღვრა;
5. მიკუთვნების ფუნქციის გამოყენებით შემავალი ინფორმაციის გადაყვანა ფაზი - მაჩვენებლებში (ფაზიფიკაცია);
6. თითოეული წესის შედეგების კომბინირება;
7. გამომავალი ინფორმაციის გადაყვანა არა-ფაზი მაჩვენებლებში (დეფაზიფიკაცია).

### **ლინგვისტური ცვლადები**

ლინგვისტური ცვლადი არის ფაზი - გამონათქვამები, შეესაბამება ისეთ სიტყვებს, როგორიცაა მაგალითად: „ძალიან“, „მეტი ან ნაკლები“, „ბევრად მეტი“ და სხვა.

### **ლინგვისტური ტერმები**

ლინგვისტური ტერმი არის ლინგვისტური ცვლადის მნიშვნელობები.

### **ფაზი სიმრავლეები**

A არის ფაზი (არამკათიო) სიმრავლე, რომელიც შეიცავს წყვილთა ერთობლიობას. მაგალითად, თუ ფაზი სიმრავლეს ჩავწერთ ასე:

$$A = \{(x_1, 0.2), (x_2, 0), (x_3, 0.3), (x_4, 1), (x_5, 0.8)\}.$$

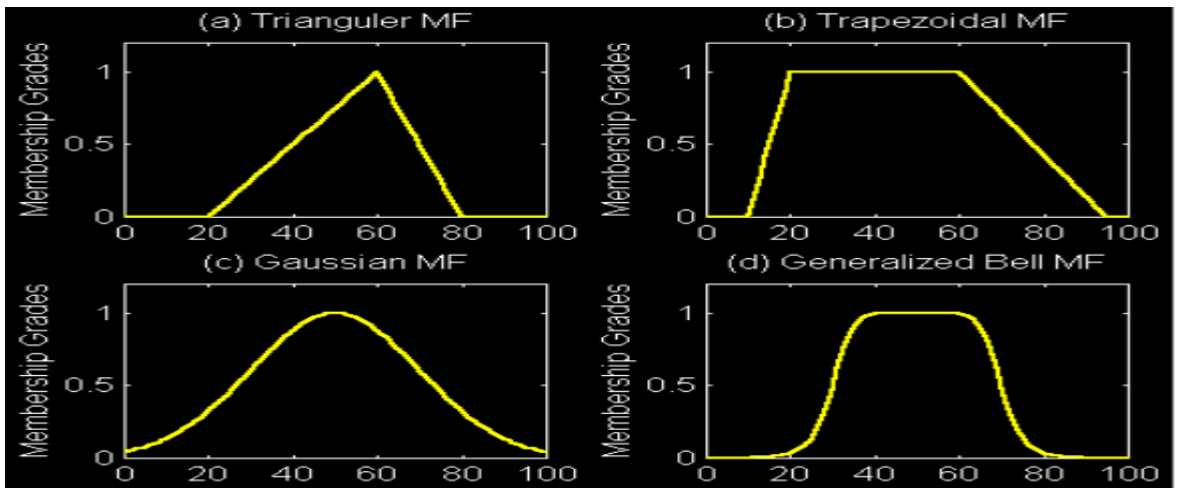
აღნიშნული გამოსახულება იკითხება შემდეგნაირად: ფაზი სიმრავლე A შეიცავს  $x_1$ -ს მცირე 0.2 ხარისხით, არ შეიცავს  $x_2$ -ს, შეიცავს  $x_3$ -ს ცოტა მეტი

ხარისხით 0.3, მთლიანად შეიცავს  $x_4$ -ს, და მნიშვნელოვან ხარისხში 0.8 შეიცავს  $x_5$ -ს.  $\mu_A$  არის მიკუთვნების ფუნქცია, რამელიც გაიგივებულია  $A$  -თან.

**მიკუთვნების ფუნქციები**

მიკუთვნების ფუნქციები სხვადასხვა სახისაა (იხ. ნახ. 9):

ა) სამკუთხედური; ბ) ტრაპეციული; გ) გაუსის; დ) განზოგადებული.



ნახ.9. სხვადასხვა სახის მიკუთვნების ფუნქციები

წესები, რომელიც გამოიყენება ფაზი სისტემაში, მრავალგვარია, მაგრამ მათ შორის ყველაზე გავრცელებულია „თუ-მაშინ“ ტიპის წესი. ის შემდეგი ფორმით გამოიხატება: თუ ცვლადი არის მახასიათებელი მაშინ ემედება.

**ოპერაციები ფაზი სიმრავლეებზე**

პრაქტიკაში შესაძლებელია არსებობდეს  $A$  და  $B$  ფაზი სიმრავლეები  $x$  -ში, მათ აქვთ შესაბამისი და მიკუთვნების ფუნქციები, ამ ორი სიმრავლის კომბინაცია შესაძლებელია რამდენიმე გზით, მათ შორის მათი გაერთიანებით (OR), თანაკვეთით (AND), დამატებით (NOT) და ა.შ.

**ფაზი-ოპერატორები**

1. ოპერატორი გაერთიანება (Union) **OR**.

განმარტება:  $x$  -ში  $A$  და  $B$  ფაზი სიმრავლეთა გაერთიანება

მიკუთვნების ფუნქციით  $\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ ;

## 2. ოპერატორი თანაკვეთა (Intersection) **AND**.

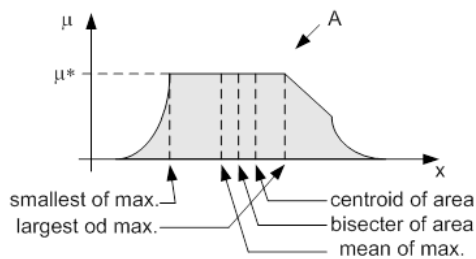
განმარტება:  $x$  -ში  $A$  და  $B$  ფაზი სიმრავლეთა თანაკვეთა მიკუთვნების ფუნქციით  $\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ ;

## 3. ოპერატორი დამატება (Complement) **Negation**.

დამატება მიკუთვნების ფუნქციით:  $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$ .

### დეფაზიფიკაცია

ფაზი სიმრავლეების დეფაზიფიკაციის რამდენიმე მეთოდი არსებობს, მათ შორის ყველაზე ხშირად გამოიყენება (იხ. ნახ. 10).



ნახ. 10. დეფაზიფიკაციის მეთოდები

1. მაქსიმუმის საშუალო (Mean of maximum);
2. ცენტროიდული (Centroid of area);
3. ბისექტორული (Bisector of area);
4. მაქსიმუმის უმცირესი (Smallest of maximum);
5. მაქსიმუმის უდიდესი (Largest of maximum).

### 3.2 ევროკავშირის პოლიტიკა კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით

რამდენიმე წლის განმავლობაში, კლიმატის ცვლილების მიმართ თავისი პოლიტიკა ევროკავშირმა მიმართა სათბურის აირების ემისიის შესამცირებლად აუცილებელი ზომების მიღებისაკენ. ეს ზომები აგრეთვე მიმართულია კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული შედეგების შერბილების

პოლიტიკაში ევროკავშირის ლიდერობის განმტკიცებისკენ. ამავდროულად, უფრო და უფრო გახშირებული ამინდის ექსტრემალური პირობების გამო, როგორცაა ძლიერი სიციხეების პერიოდები, ტყის ხანძრები და წყალდიდობები, ყურადღება გადატანილ იქნა სტრატეგიის და პოლიტიკის განსაზღვრაზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ გლობალური დათბობით გამოწვეული უკვე არსებულ ზეგავლენასთან ადაპტაციას.

2007 წლის ივნისში, ევროკომისიამ გამოაქვეყნა „მწვანე დოკუმენტი“ სახელწოდებით „ევროპაში კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია - ევროკავშირის ქმედებების ვარიანტები“, რომელშიც შემოთავაზებულია მოქმედების ის ვარიანტები, რომლებიც უზრუნველყოფს კლიმატის ცვლილებით გამოწვეულ ზემოქმედებასთან გამკლავებას (COM (2009) 354 საბოლოო). „მწვანე დოკუმენტში“ გაანალიზებულია კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება ევროპის რამდენიმე რეგიონის მაგალითზე და განსაზღვრულია ადაპტაციის ის შესაძლო ქმედებები, რომლებიც საჭიროა ევროპული სივრცისათვის. აქვე მითითებულია, რომ მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება წვერი ქვეყნებისა და რეგიონების ლოკალურ თანამშრომლობას. ვინაიდან როგორც გამოწვევა, ადაპტაცია წარმოადგენს გლობალურ მოვლენას, „მწვანე დოკუმენტი“ ასევე განიხილავს ადაპტაციის ზომებს ევროპულ სივრცეში, რომლებიც შესაძლოა გამოყენებული იქნეს მსოფლიოს სხვა ნაწილშიც და აგრეთვე შესაძლებლობას, რომ ევროკავშირმა განახორციელოს საერთაშორისო ლიდერობა ამ თვალსაზრისით. „მწვანე დოკუმენტში“ დასაბუთებულია, რომ არსებობს მრავალდონიანი მართვის კონცეფციის საჭიროება, ვინაიდან „ზემოქმედების სიმძიმე განსხვავებულია სხვადასხვა რეგიონში, ეს დამოკიდებულია ფიზიკური დაუცველობის ხარისხზე, სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების დონეზე, ბუნებისა და ადამიანის ადაპტაციის პოტენციალზე, სამედიცინო მომსახურებასა და სტიქიაზე ზედამხედველობის მექანიზმებზე“. ამის შემდეგ, კომისიის მიერ

ჩამოთვლილია ოთხი პრიორიტეტული ვარიანტი, ევროკავშირის კლიმატის ცვლილების ზემოქმედებასთან ადაპტირებისთვის:

1. სწრაფი ქმედება, ადაპტაციის სტრატეგიის განვითარებისთვის იმ ადგილებში, სადაც არსებული ცოდნა საკმარისია;
2. გლობალური ადაპტაციის საჭიროებების ინტეგრირება ევროკავშირის საგარეო ურთიერთობათა პოლიტიკასთან და პარტნიორებთან ახალი ალიანსების შექმნა მსოფლიო მასშტაბით;
3. ადაპტაციის შესახებ ცოდნის ხარვეზების შევსება ევროკავშირის დონეზე განხორციელებული კვლევებისა და ინფორმაციის გაცვლის მეშვეობით;
4. კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის ევროპული საკონსულტაციო ჯგუფის შექმნა კოორდინირებული სტრატეგიისა და ქმედებების გაანალიზებისათვის.

2009 წელს გამოქვეყნებული „თეთრი დოკუმენტის“ თანახმად რომლის დასახელებაა: „კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია: განსახორციელებელი ქმედებების ევროპული ჩარჩო-პროგრამა“, კიდევ ერთხელ დასტურდება ის ფაქტი, რომ მაშინაც კი, თუ მსოფლიოში წარმატებით იქნა ლიმიტირებული და შემცირებული სათბურის აირის ემისია, ატმოსფეროში უკვე არსებობს ჭარბი რაოდენობით, რაც იმას ნიშნავს, რომ მსოფლიო აუცილებლად დადგება გლობალური დათბობის პირველი ზემოქმედებების წინაშე მომდევნო 50 წლის განმავლობაში. „თეთრი დოკუმენტის“ მიზანი იყო გადმოეცა კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ზემოქმედებისაგან ევროკავშირის დაუცველობის შემცირების სტრუქტურა და ფართო და მრავალმხრივი კონსულტაციების უზრუნველყოფა, რომლებიც სათავეს იღებენ 2007 წლის „მწვანე დოკუმენტიდან“. ეს ჩარჩო-პროგრამა შემუშავებულ იქნა, როგორც დამატებითი მტკიცებულება, რომელიც მომავალში გახდება ხელმისაწვდომი; ის შეავსებს წევრ სახელმწიფოთა მიერ განხორციელებულ ქმედებებს და ასევე ხელს შეუწყობს, კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციისათვის ფართო საერთაშორისო ძალისხმევას, ეს



განსაკუთრებით შეეხება განვითარებად ქვეყნებს. ამ კონტექსტში, უნდა აღინიშნოს, რომ არა მხოლოდ პოლიტიკის შემქმნელები უნდა იყვნენ ჩართულნი კლიმატის ცვლილებისაგან ქვეყნის ან რეგიონის დაუცველობის შემცირების საქმეში, არამედ ამ პროცესში უნდა მონაწილეობდნენ სხვადასხვა პირები, მათ შორის ინჟინრები. ვინაიდან სწორედ მათ აკისრიათ მნიშვნელოვანი როლი, ახალი, მდგრადი ინფრასტრუქტურების დიზაინსა და შემუშავებაში, რაც ხელს შეუწყობს ქვეყნებს შეამცირონ კლიმატის ცვლილებისაგან მათი დაუცველობის ხარისხი, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ მწვანე და თეთრი დოკუმენტები არ წარმოადგენ იურიდიულად სავალდებულო დოკუმენტებს.

ევროკავშირი ასევე მუშაობს სხვა პარტნიორ ქვეყნებთან გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის ფარგლებში (UNFCCC) 2012 წლის შემდგომ კლიმატის შესახებ შეთანხმების მიმართულებით, რომელიც ასახავს ადაპტაციისა და შერბილების პოლიტიკის შესაძლებლობებს. კომისიის ამ კონტექსტში მოწოდებული წინადადებები შესულია კომუნიკეში „კოპენჰაგენში ყოვლისმომცველი კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ ხელშეკრულებაში“. ამ ჩარჩო-შეთანხმებაში, როგორც მითითებულია „თეთრ დოკუმენტში“, მოწონებულია ევროკავშირის მდგრადობის ამაღლება მთლიანობაში კლიმატის ცვლილების ზემოქმედებების მიმართ. კერძოდ, პროექტის ფარგლებში განსაზღვრულია, რომ გათვალისწინებულ უნდა იქნეს სუბსიდიარობის პრინციპი და ხელი შეეწყოს ევროკავშირის მიზნებს მდგრადი განვითარების თვალსაზრისით. ეს პროექტი განხორციელდება რამდენიმე ეტაპად:

1. ევროკავშირისთვის კლიმატის ცვლილების ზემოქმედებისა და გამომდინარე შედეგების შესახებ მყარი ცოდნის ბაზის შექმნა;
2. ადაპტაციის ინტეგრირება ევროკავშირის ძირითადი პოლიტიკის სფეროებში;

3. პოლიტიკური ინსტრუმენტების ერთიანობის გამოყენება, ადაპტაციის ეფექტური განხორციელების უზრუნველყოფის მიზნით;
4. საერთაშორისო თანამშრომლობის აქტივიზაცია ადაპტაციასთან მიმართებაში.

უფრო მეტიც, „თეთრი დოკუმენტი“ ასახავს ადაპტაციის პოლიტიკის დაფინანსების პოტენციალურ გზებს, ეს დოკუმენტები მოიცავს ევროპის ეკონომიკური აღდგენის გეგმას, რომელიც შეიცავს მრავალ წინადადებას კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ინვესტიციების თვალსაზრისით; სადაზღვევო და სხვა ფინანსური მომსახურებების გამოყენებაც შეიძლება იქნეს შესწავლილი, როგორც პოტენციური წყარო. კომისია ასევე გვთავაზობს საბაზრო ინსტრუმენტების და, საჯარო-კერძო პარტნიორობის გამოყენებას და იწონებს ზემოქმედებისა და ადაპტაციის სახელმძღვანელო ჯგუფის შექმნას (IASG) ეროვნული და რეგიონული ადაპტაციის პროგრამების ფორმულირებისთვის საჭირო კონსულტაციებისა და ექსპერტიზის უზრუნველყოფის მიზნით. კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია საკმაოდ ძვირადღირებული იქნება. მხარეთა კონფერენციის დროს კოპენჰაგენში 2009 წელს, განვითარებული ქვეყნების მიერ ნაკისრი იქნა ამბიციური ვალდებულებები, რაც ითვალისწინებდა 30 მილიარდი აშშ დოლარის მოზიდვას 2010–2012 წლებში. დაფინანსების 50 პროცენტი მიმართული იქნებოდა ადაპტაციაზე. თუ გადავხედავთ ადაპტაციის უკვე არსებულ დაფინანსების არქიტექტურას, აშკარა ხდება, რომ კოპენჰაგენის ვალდებულებები ზედმეტად ამბიციურია იმისათვის, რათა ისინი განხორციელდეს მხოლოდ საჯარო სექტორის ჩართულობით. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია, ხაზი გაესვას ევროპის ეკონომიკური აღდგენის გეგმის შინაარსს, რომელიც სხვა ინსტრუმენტებს შორის იწონებს PPP-ბის გამოყენებას. კერძო სექტორის კომპანიების ჩართვით, არა მხოლოდ ფინანსური საშუალებებით, არამედ ტექნიკური ექსპერტიზითაც შეიძლება შეემატოს ღირებულება ადაპტაციის პროცესებს. ეს წარმოადგენს

უნიკალურ შესაძლებლობას კვალიფიციური პროფესიონალებისთვის შევიდნენ ახალ ბაზრებზე და ამავე დროს ხელი შეუწყონ კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების დაძლევას.

კომისიის პოლიტიკის სხვა ინიციატივები, რომლებიც აღსანიშნავია ადაპტაციის კონტექსტში, არის კლიმატის ცვლილების და განვითარების სამოქმედო გეგმა (2004), კლიმატის გლობალური ცვლილების ალიანსი (GCCA), ევროკავშირის გლობალური ენერგოეფექტურობის და განახლებადი ენერჯის ფონდი (GEEREF) და კლიმატის ცვლილება და ენერგეტიკული პაკეტი (ევროკომისია, 2006). ამ უკანასკნელის პოლიტიკის აქცენტები კეთდება ძირითადად ქვეყნის შიგა ქმედებებზე, პაკეტის ზოგიერთ ასპექტს მნიშვნელობა აქვს თანამშრომლობის განვითარებისა და განვითარებადი ქვეყნებისთვის. GEEREF შეიძლება შეფასდეს, როგორც ევროკავშირის მიერ შემოთავაზებული ინოვაციური დაფინანსების დოკუმენტი, სახელმწიფო ფინანსების ბერკეტების მაქსიმალიზაციისთვის, რომელიც ჩამოყალიბებული იქნება PPP-ბის სახით.

განვითარებად ქვეყნებში ადაპტაციის ხელშეწყობის მიზნით, ევროკავშირი მჭიდროდ თანამშრომლობს ყველაზე დაუცველ ქვეყანებთან, რათა ხელი შეუწყოს ეფექტური ადაპტაციის პოლიტიკას. GCCA სათავეს იღებს 2008 წლიდან და ევროკავშირი ცდილობს ხელი შეუწყოს განვითარებად ქვეყნებს, განსაკუთრებით ნაკლებად განვითარებულ ქვეყნებს (LDC) და მცირე კუნძულოვან განვითარებად სახელმწიფოებს (SIDS). კომისიის კომუნიკეში „გლობალური კლიმატის ცვლილების ალიანსის შექმნა ევროკავშირსა და ღარიბ განვითარებად ქვეყნებს შორის“ (2007) ნათქვამია, რომ ევროკავშირი წარმოადგენს ოფიციალური განვითარების დახმარების (ODA) უმსხვილეს მიმწოდებელს მსოფლიოში, და რომ ის მიზნად ისახავს კოლექტიურ ქმედებას ნაკლებად განვითარებული ქვეყნების და კუნძულოვანი განვითარებადი სახელმწიფოების მიერ განვითარებისათვის ძალისხმევასა და სიღარიბის წინააღმდეგ ბრძოლაში მხარდაჭრის მიზნით

(გლობალური კლიმატის ცვლილების ალიანსი, 2010). GCCA მიზნად ისახავს დიალოგისათვის საფუძვლის უზრუნველყოფას და რეგულარული ურთიერთგაცვლის ხელშეწყობას ევროკავშირსა და სხენებულ ქვეყნებს შორის, რაც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს ეროვნული განვითარების სტრატეგიაში კლიმატის ცვლილების ინტეგრაციას (COM (2007) 540 საბოლოო). საერთო ჯამში, ევროკავშირის მიზანი GCCA-თან მიმართებაში მდგომარეობს მის დამატებით დახვეწასა და მიმდინარე საერთაშორისო პროცესების ხელშეწყობაში UNFCCC და კიოტოს ოქმის ფარგლებში. GCCA უზრუნველყოფს ადაპტაციის ზომების ფინანსურ და ტექნიკურ მხარდაჭერას და კლიმატის ცვლილების ინტეგრაციას განვითარების სტრატეგიაში. GCCA ძირითადად დაფინანსდება „ბუნებრივი რესურსის გარემოს დაცვის და მდგრადი მართვის“ მეშვეობით, მათ შორის მოიაზრება ენერგეტიკული პროგრამა ისევე, როგორც ევროპის განვითარების ფონდი. გარდა ამისა, კომისია მოუწოდებს წევრ სახელმწიფოებს საკუთარი წვლილი შეიტანონ GCCA დაფინანსებაში, მათი საჯარო განვითარების დახმარებიდან გარკვეული წილის გამოყოფის მეშვეობით. გარდა ამისა, კომისია ხელს უწყობს ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებას, რათა გაუმჯობესდეს განვითარებადი ქვეყნების და საზოგადოების მზადყოფნა კლიმატთან ასოცირებული ბუნებრივი კატასტროფების მიმართ, აგრეთვე შემცირდეს რისკები და მათი ზემოქმედება (კლიმატის გლობალური ცვლილების ალიანსი, 2010).

ზემოთ მოყვანილი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კლიმატის ცვლილების შემარბილებელი და ადაპტაციის ამალღების პოლიტიკა ევროკავშირის დღის წესრიგის უმნიშვნელოვანესი საკითხია მისი პოლიტიკის შემუშავებისას, თუმცა საკითხავია, თუ რამდენად შეძლებს ევროკავშირი გადაჭრას ეს პრობლემები და გაამართლოს დაპირებები, იმის გათვალისწინებით, რომ ზემოთ მოყვანილი პოლიტიკის არც ერთი ალტერნატივა არ ატარებს იურიდიულად სავალდებულო ხასიათს. ზოგადად, შიგა და გარე ადაპტაციის პოლიტიკა,

რომელიც ევროკავშირმა შეიმუშავა, ერთი შეხედვით, საიმედო სტრატეგიაა კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის პოლიტიკასთან მიმართებაში ბოლო წლების განმავლობაში. ადაპტაციის პროცესი უკვე მიმდინარეობს, თუმცა მხოლოდ „თანდათანობით“. უფრო სტრატეგიული მიდგომა იმისთვის არის საჭირო, რათა მიღებულ იქნეს ადაპტაციის ისეთი დროული და ეფექტური ზომები, რომლებიც უზრუნველყოფენ სხვადასხვა სექტორსა და მმართველობით დონეებთან, ისევე როგორც ადეკვატური დაფინანსების მექანიზმებთან თანხვედრას (COM (2009) 147 საბოლოო).

ევროკავშირის ფარგლებში, მთავარი გამონწვევა შეიძლება იყოს ევროკავშირის ინსტიტუციონალური ხასიათი. კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლა ძალიან ძვირადღირებული ვალდებულებაა და დაფინანსების დეფიციტი ფართოდ ცნობილი პრობლემაა. არსებობს სირთულეები იმის განსაზღვრასთან დაკავშირებით, თუ რას წარმოადგენს კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ხარჯები და არსებობს ევროკავშირის სხვადასხვა დირექტორატის (DGS) ჩართულობის გადაფარვის პრობლემა (Peskett *et al.*, 2009). არსებობს წვერი სახელმწიფოების მიერ ადაპტაციის კუთხით ქმედებების განხორციელების გაუმჯობესებისა და არსებული რესურსების და ინსტრუმენტების სავალდებულო გამოყენების მრავალი საშუალება. მაშინ როდესაც, ბევრ ქვეყნებში გადაიდგა ნაბიჯები კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის თვალსაზრისით (მაგ. გაერთიანებული სამეფოს კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის სტრატეგია 2008-2011), ევროკავშირის თანმიმდევრული მიდგომა კვლავ არ არსებობს.

მიუხედავად იმისა, რომ ადაპტაცია პრიორიტეტული გახდა ბოლო წლების განმავლობაში, ფაქტობრივი ვალდებულებების არარსებობა აისახება არასაკმარის ფინანსირებაში, რაც საბოლოო ჯამში, აუცილებელია განვითარებად ქვეყნებში ადაპტაციის ხარჯებისთვის.

რამდენადაც საქართველოს ევროკავშირის კანონებთან ჰარმონიზაციის საკითხი პრიორიტეტულია, ამდენად ყურადღება უნდა მიექცეს ისეთი ახალი

საწარმოო სიმძლავრეების ამოქმედებას, რომელსაც ჰაერის, წყლისა და გარემოს ნაკლები ეკოლოგიური ზემოქმედების ხარისხი ექნება.

### **3.3. ჰიდროსადგურის არჩევა ლინგვისტური ცვლადების გამოყენებით**

საკვლევ პერიოდში ელექტროენერჯის დეფიციტის დაკმაყოფილების მიზნით აუცილებელია ადგილობრივი განახლებად რესურსებზე მომუშავე სიმძლავრეების განვითარება. აღსანიშნავია, რომ საქართველო საკუთარი წარმოების სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მხრივ, საკმაოდ შეზღუდულია და მთლიანად დამოკიდებულია ნავთობპროდუქტებისა და ბუნებრივი აირის იმპორტზე. აქედან გამომდინარე, განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს საქართველოს ელექტროსისტემის ისეთი სტრუქტურის შემუშავება, რომელიც მინიმალური დანახარჯებით დააკმაყოფილებს ელექტროენერჯიაზე ქვეყნისგაზრდილ მოთხოვნას, განსაკუთრებით, შემოდგომა ზამთრის პერიოდში. საქართველოს ელექტროსისტემის ოპტიმალური სტრუქტურის მოდელირებისთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ახალი ელექტროსადგურის მოქმედებაში შეყვანას, რომელიც ნაკლებად დააზიანებს და დააბინძურებს გარემოს, ამავდროულად ითვალისწინებს კაპიტალდაბანდებების და საექსპლუატაციო ხარჯების გამართლებულ მოცულობას.

თითოეული ტიპის ელექტროსადგურს გააჩნია უარყოფითი მხარეები, მაგალითად, ჰიდროსადგურის მშენებლობა ამცირებს მიწის ფართობს, წყლით ფარავს და უვარგისს ხდის სასოფლო-სამეურნეო გამოყენებისთვის. თბოსადგურის დაპროექტების შემთხვევაში ორგანული სათბობის წვის შედეგად ატმოსფეროში გაიფრქვევა ნახშირორჟანგი რაც იწვევს დედამიწაზე კლიმატის ცვლილებას და გლობალურ დათბობას. ქარის ელექტროსადგურის დაპროექტება იწვევს ხმაურს და ტელერადიო ტალღების შეფერხებას.

ალბათობის თეორია და მათემატიკური სტატისტიკა ვერ ითვალისწინებენ განუსაზღვრელობის სხვადასხვა ასპექტებს, ამდენად დასმული ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია „არამკაფიო ლოგიკის“ გამოყენებით. ეს თეორია საშუალებას იძლევა ოპტიმალური გადაწყვეტილება მიღებული იქნეს ნებისმიერი სახის ობიექტის შესახებ არასრული ინფორმაციის დამუშავებისა და არამკაფიო სიმრავლეთა ერთობლიობაზე დაფუძნებული ინსტრუმენტების საშუალებით.

აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად გამოყენებული იქნა ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი. არამკაფიო ლოგიკის თეორიის საფუძველზე შემუშავებული იქნა საქართველოს ელექტროსისტემის სანარმოო სიმძლავრეების სტუქტურის შემადგენელი სანარმოო სიმძლავრეების ოპტიმიზაციის ალგორითმი.

განსახილველი პერსპექტიული ჰიდროელექტროსადგურები რანჯირებულია 6 მახასიათებლის (ცვლადის) მიხედვით, მათ შორის ტექნიკური, ეკონომიკური, სოციალური და ეკოლოგიური მახასიათებლები (ცვლადები).

აღნიშნული მახასიათებლებია (ცვლადებია):

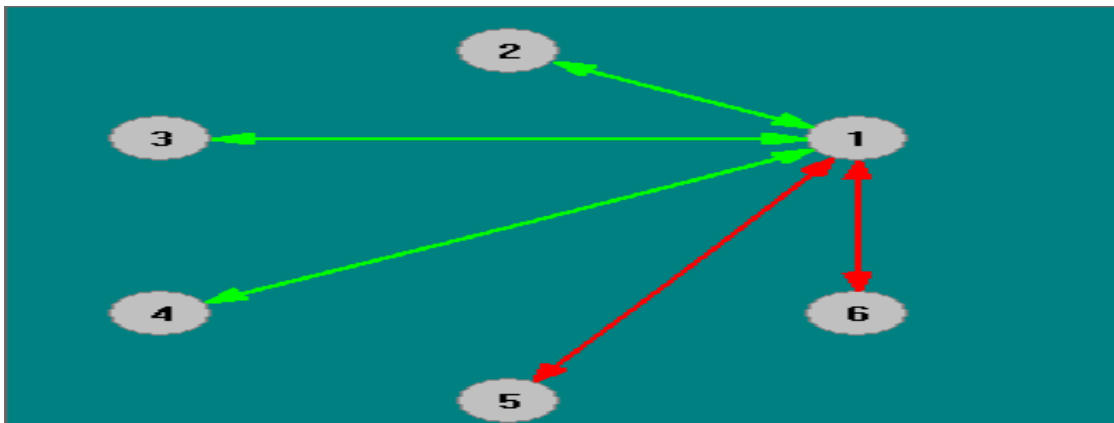
1. ინვესტირება ელექტროსადგურის მშენებლობაში (ძირითადი მიზანი);
2. კაპიტალური ხარჯები;
3. მიმდინარე (საექსპლუატაციო) ხარჯები;
4. CO<sub>2</sub> ემისიები;
5. ელექტროსადგურის ფუნქციონირების ვადა;
6. ავტომატიზაციის ხარისხი.

კომპიუტერული პროგრამის მატრიცის შევსება (იხ.ნახ.11) საშუალებას იძლევა დადგინდეს სავარაუდო კავშირი ამ ცვლადებს შორის [50], მაგალითად, რაც უფრო მეტია ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის ვადა და ავტომატიზაციის

ხარისხი, მით უფრო დიდია დაინტერესება ინვესტორის მხრიდან (მათ შორის დადებითი ურთიერთკავშირია, აღნიშნულია წითელი ხაზით), ხოლო რაც უფრო მეტია გასაწევი კაპიტალური და მიმდინარე ხარჯები და CO<sub>2</sub> ემისიები, ინვესტორის ინტერესი მცირდება და შესაბამისად, ამ ცვლადებს შორის უარყოფითი კავშირია (მწვანე ხაზი) (იხ.ნახ.12).

	inv. in a PP	cap. cost	oper. cost	CO2 emissions	oper. per.	auto. oper.
inv. in a PP	?	-	-	-	+	+
cap. cost	-	?	0	0	0	0
oper. cost	-	?	?	0	?	0
CO2 emissions	-	?	?	?	?	0
oper. per.	+	?	?	?	?	?
auto. oper.	+	?	?	?	?	?

ნახ. 11. კომპიუტერული პროგრამის მატრიცა



ნახ. 12. სავარაუდო კავშირი ცვლადებს შორის

გამოთვლების სიზუსტის გაზრდის მიზნით საბოლოო გადაწყვეტილების მიღებისთვის შემოვიტანეთ დამატებითი კრიტერიუმები, რის შემდეგაც განისაზღვრა საინვესტიციო პროექტების სარეიტინგო შეფასებაზე ამ მახასიათებლების გავლენის ელემენტები, მიკუთვნების ფუნქციები, წონითი კოეფიციენტები და წესები. შემსვლელი ინფორმაციის დამუშავებისა (ფაზიფიკაცია) დასაბოლოო შედეგის (დეფაზიფიკაცია) მიღების მიზნით აგებულია არამკაფიო მოდელირების ალგორითმი.



განვიხილოთ ყველა საანგარიშო პარამეტრის ბუნება. შემოვიღოთ შემდეგნაირი აღნიშვნები და გაავანალიზოთ წარმოდგენილი პარამეტრების ხასიათი.

$x_n$  - ით აღნიშნოთ პარამეტრები, რომლებიც ამა თუ იმ ხარისხში, შეიცავს განუზღვრელობის და/ან სუბიექტივიზმის ელემენტებს, ე.წ. განუზღვრელი პარამეტრები.

განუზღვრელი პარამეტრების სიმრავლეს ასეთი სახე აქვს:

$$\{ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \}$$

აღნიშნული კრიტერიუმებია:

1. რომელი ელექტროსადგურიდან ხდება უფრო მეტი სათბურის გაზების ემისია [ $x_1$ ]? საგულისხმოა, რომ ჰიდროელექტროსადგურებსაც გააჩნიათ ე.წ. გლობალური დათბობის პოტენციალი, ნახშირორჟანგი და მსგავსი სათბურის გაზები ძირითადად ორგანული სათბობის წვის პროცესში წარმოიქმნება, მაგრამ მათი წარმოშობის მნიშვნელოვან წყაროდ შესაძლებელია დიდი მოცულობის წყალსაცავების მქონე ჰიდროელექტროსადგურებიც იქცეს აქ დალექილი მცენარეული და ორგანული ნივთიერებების ნარჩენების გამო. ისე, რომ ჰიდროელექტროსადგურებს თავისი საკუთარი გლობალური დათბობის პოტენციალი (GWP) გააჩნიათ. ჰესების წყალსაცავებში ნახშირორჟანგისა და მეთანის გამოყოფის ძირითადი მიზეზი ორგანული ნახშირბადია, რომლის წარმოქმნის მიზეზი წყლით დაფარული (ჩაძირული) მცენარეული საფარი და ნიადაგი, პლანქტონები და წყალმცენარეები, ჩამდინარე წყლები და ფსკერზე დაგროვილი ნაგავი რომელიც ფსკერის დანალექებია, და ტექნოგენური ორგანული ნაერთებით არის გადატვირთული. სათბურის გაზების გამობოლქვის დონეს მრავალი დინამიკური

ფაქტორი განაპირობებს: წყალსაცავების პარამეტრები და გამოყენების რეჟიმი, ბუნებრივ-კლიმატური პირობები, ეკოლოგიური გარემო და სხვ. ამგვარად, რაც უფრო დიდია წყალსაცავი, მით უფრო არაეკოლოგიურია ჰიდროელექტროსადგური.

2. რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება გეოლოგიურ პირობებზე [x2]? იგულისხმება, რომ რეზერვუარის შექმნის შემდეგ ხმელეთი გარდაქმნება ჭარბტენიან ტერიტორიადა. დატბორილი ტერიტორიების კატეგორიაში განიხილება რეზერვუარები ჰიდროენერჯის წარმოებისათვის, ირიგაციისათვის, ნავიგაციისათვის, რეკრეაციისათვის და ადამიანის საქმიანობით წარმოქმნილი და რეგულირებული წყლის ობიექტებისათვის, რომლებშიც ადგილი აქვს წყლის ფართობის მნიშვნელოვან ცვლილებებს წყლის დონის რეგულირების შედეგად. ხმელეთის ტერიტორიების ჭარბტენიან ტერიტორიებად გარდაქმნა, ზოგადად, მოიცავს ტყიანი, სახნავი, სათიბი და დასახლებული ტერიტორიების გარდაქმნას ჭარბტენიან ტერიტორიებად. შესაბამისად, წყალსაცავის მშენებლობა არის ხმელეთის გარდაქმნა ჭარბტენიან ტერიტორიადა. გარდა ამისა, გასათვალისწინებელია, რომ სამშენებლო ოპერაციებმა შესაძლოა გაზარდოს მენყერისა და ეროზიის გაჩენის საშიშროება, ამა თუ იმ გზით: ფერდობების ბურღვას შეიძლება მოჰყვეს ქანების მასივის დესტაბილიზაცია. მსგავსი რამ შეიძლება მოხდეს მასალების უადგილო დანყობის ან მცენარეული საფარის განადგურების შედეგად, რომელნიც, თავის მხრივ გამოწვეულია სამშენებლო მოედნის განმუხტვით ან ზედაპირის უკონტროლო ჩამორეცხვით.
3. რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება სოციალურ-ეკონომიკურ გარემოზე [x3]? არანებაყოფლობითი განსახლება, ანუ

მინის დაკავების აუცილებლობასთან დაკავშირებული სოციალური ზემოქმედება რომელსაც უწოდებენ „ფიზიკურ და ეკონომიკურ ადგილმონაცვლეობას“ - როცა ზოგიერთი ჰიდროსადგურის წყალსაცავისა და ინფრასტრუქტურის მშენებლობა გამოიწვევს მწვავე სოციალურ ზემოქმედებას ადგილობრივ მოსახლეობაზე: მინის კერძო ნაკვეთების, მათზე განლაგებული უძრავი ქონების, ერთნაირი და მრავალნაირი კულტურების და შემოსავლის წყაროს კარგვას. ჰიდროკომპლექსის გავლენის დაქვემდებარებული ტერიტორიების არეალში ხვდება სოფლები, საფლაავები, ისტორიული ნაგებობები და ეკლესიები.

4. რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება ადგილობრივ კლიმატურ პირობებზე [x4]? არსებობს საფრთხე იმისა, რომ კაშხალი და წყალსაცავი მოახდენს ზემოქმედებას ადგილობრივ კლიმატურ პირობებზე – ანუ გამოწვევს მიკროკლიმატურ ცვლილებას. ის, თუ რამდენად მნიშვნელოვანი იქნება ეს ცვლილება, დამოკიდებულია წყალსაცავის ზედაპირის ფართობზე, მის ტევადობაზე და მოცემულ არეალში გაბატონებულ (ჩვეულებრივ) კლიმატურ პირობებზე. ჩვეულებრივ, მზის გამოსხივებისაგან წყალსაცავის მიერ ზაფხულობით მიღებული სითბური ენერგია ფენომენალურად შეინახება ზემოწყალ სატევში და ზამთარში ხდება ამ ენერგიის განბნევა/ხარჯვა (დისიპაცია). ამაში მდგომარეობს ზოგადი შემასუსტებელი/შემარბილებელი ეფექტი, რომელიც იწვევს ტენდენციას უფრო რბილი, ზომიერი კლიმატური პირობებისაკენ. ეს კი, თავის მხრივ, ხდება გაზრდილი ტენიანობის, ზამთრის მომატებული საშუალო ტემპერატურისა და უფრო გრილი ზაფხულის მიზეზი, როდესაც მთებიდან მონაბერი გრილი ჰაერი ხვდება შედარებით უფრო თბილ ჰაერის ჭავლს (რომელიც მოდის

წყალსაცავის ზედაპირიდან), ამ ეფექტს შეიძლება მოჰყვეს ნისლოვანასა ან ნისლის ხშირი გამოჩენა, მეტადრე ზამთრის სეზონში.

5. რომელ ელექტროსადგურს აქვს მეტი ზემოქმედება ფლორასა და ხმელეთის ფაუნაზე [x5]? ჰიდროსადგურის მშენებლობისას მცენარეული საფარი კაშხლის უბანზე, მის გარშემო, და აგრეთვე სამშენებლო მოედნებზე ნადგურდება სამშენებლო სამუშაოების დროს, ასევე იკარგება მცენარეთა სახეობები წყალსაცავის სიღრმეში. თავის მხრივ, მცენარეული საფარის განადგურება უარყოფითად იმოქმედებს სახმელეთო ფაუნის იმ წარმომადგენლებზეც, რომელნიც ამ ჰაბიტატებზე არიან დამოკიდებული. მისასვლელი გზების, სადანწეო და სადერივაციო გვირაბების გაყვანა და აგრეთვე კაშხლის აშენება უარყოფით ზეგავლენას ახდენს ბიოლოგიურ გარემოზე, რამდენადაც ამ ზონებში და მათ მიდამოებში არსებული ჰაბიტატები რამდენადმე კნინდება. მსხვილი ძუძუმწოვრებისა და ფრინველების უმეტესობა ტოვებს ტერიტორიას: მიზეზია მტვერი, ხმაური და ანთროპოგენური საქმიანობა (სამშენებლო სამუშაოების სახით). როგორც ცნობილია, მრავალი გამოსაკვები, გასამრავლებელი და საცხოვრებელი ჰაბიტატი იმსხვერპლა წყლისრესურსთა პროექტების განხორციელებამ (როგორც სამშენებლო სამუშაოების დროს, ასევე წყალსაცავის ავსებისას დატბორვის შედეგად).

გარდა ამისა, გასათვალისწინებელია ელექტროგადამცემი ხაზების ნეგატიური გარემოსდაცვითი ზემოქმედება, რომელიც გამოწვეულია მათი მშენებლობით, ექსპლუატაციითა და ტექნიკური მომსახურებით. მარშრუტისა და ანძებისათვის გამიზნული ტერიტორიის/უბნების განმენდა მცენარეული საფარისაგან, აგრეთვე მისასვლელი გზებისა

და ქვესადგურების მშენებლობა: ასეთია სამშენებლო სამუშაოებთან დაკავშირებული ზემოქმედების უმთავრესი წყარო. ფაუნის ნორმალური ცხოვრების ნირის დარღვევა და შეფერხებები მინათსარგებლობაში აგრეთვე განეკუთვნება გადამცემი ხაზების უარყოფით ზემოქმედებას. ანძის დაგრუნტვისთვის გრედინგის გამო ჩამორეცხვა და დაღეწვა, ტექნომსახურებისათვის გამიზნული გზების გამო ჰიდროლოგიური სტრუქტურის შეცვლა, ეროზიის საფრთხე – ყველაფერი ეს მართლაც უქმნის პრობლემებს ფიზიკურ გარემოს. ამას დამატებული მტვერისა და ხმაურის გამოყოფა, სამშენებლო მანქანების მიერ დატოვებული მყარი ნარჩენები მშენებლობის ფაზის განმავლობაში. გადამცემი ხაზების მშენებლობაც ტოვებს ნაკვალევს, ვთქვათ ისეთს, როგორცაა საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ნარჩენი წყალი. რაც შეეხება ექსპლუატაციის ფაზას, აქ პირველ რიგში ხაზი უნდა გავუსვათ ფრინველების სიკვდილიანობას და ვიზუალურ ზემოქმედებას. თუმცა, მიგრაციის დროს ფრინველთა ფრენის სიმაღლე ბევრად აღემატება 100 მ-ს, ფრინველების დაღუპვის აცილება შესაძლებელია. რაც შეეხება ვიზუალურ ზემოქმედებას, გადამცემი ხაზების მარშრუტი მაქსიმალურად უნდა იყოს აცილებული ისტორიულ-კულტურულ და ესთეტიკურ რესურსებს, ასე რომ ანძებმა და მავთულებმა ხელი არ უნდა შეუშალოს ხედებს არც გადამცემი ხაზების მარშრუტზე, არც მის სიახლოვეს. კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ზემოქმედება, რომელიც აღმოცენდება საექსპლუატაციო ფაზაზე, ეს არის ხაზებსა და კაბელებში გატარებული დენის მიერ ელექტრომაგნიტური ველის შექმნა, და ამის შედეგად, ინდუცირებული ეფექტი.

აღნიშნულის საფუძველზე, ტექნიკურ-ეკონომიკურ ანალიზს დაექვემდებარა საქართველოს ენერჯეტიკის სამინისტროს მიერ წარმოდგენილი

პერსპექტივაში ასაშენებელი 60-მდე ჰიდროელექტროსადგურიდან 15 საშუალო და დიდი ჰესი (იხ. ცხრ. 6).

ცხრ.6

	საშუალო დადიდიჰესი	დადგმული სიმძლავრე, მვტ	წყლის რეზერვუარის მოცულობა მლნ. მ <sup>3</sup>	დასატბორი ტერიტორია,ჰა
1	კირნათიჰესი	51.2	5	140
2	ხელვაჩაურიჰესი 1	47.4	მოდინებაზე	-
3	ხელვაჩაურიჰესი 2	28.9	მოდინებაზე	-
4	დარიალიჰესი	108	მოდინებაზე	-
5	ხობიჰესი 1	60	მოდინებაზე	-
6	ხობიჰესი 2	55	მოდინებაზე	-
7	მტკვარიჰესი	43	-	0,00005
8	ფარავანიჰესი	85	-	0,5
9	შუახევიჰესი	175	0,6	17
10	კორომხეთიჰესი	150	მოდინებაზე	-
11	ხერთვისიჰესი	65	მოდინებაზე	-
12	აბულიჰესი	22.2	7,9	100
13	დარჩიჰესი	16.9	მოდინებაზე	-
14	ხულონი	702	364,5	5,2
15	ნენსკრა	300	200	3,7

განსაკუთრებული ყურადღების ქვეშ მოექცა ის ჰესები, რომელთაც გააჩნიათ მარეგულირებელი წყალსაცავი, ასეთია:

**შუახევი, კორომხეთი, ხერთვისი ჰესების კასკადი**

მდ. აჭარისწყლის ხეობაში შესაძლებელია სადღეღამისო რეგულირების ჰესების კასკადის მშენებლობა და ექსპლუატაცია. პირველ ეტაპზე დაგეგმილია ჰესების კასკადის პირველი საფეხურის, 185 მვტ დადგმული სიმძლავრის მქონე შუახევი ჰესის მშენებლობის და ოპერირების პროექტის განხორციელება. მეორე ეტაპზე განხორციელდება კორომხეთიჰესის და ხოლო ბოლო ეტაპზე ხერთვისიჰესის პროექტი; ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის სახელმწიფო ენერგოსისტემაში მონოდება მოხდება წყალმცირობის პერიოდში (ძირითადად ზამთრის თვეებში), ხოლო წლის დანარჩენ პერიოდში რეალიზებული იქნება თურქეთის ენერგობაზარზე; საპროექტო ჰესის პროექტი მოიცავს მდ. აჭარისწყლის ხეობის მონაკვეთს,

მდ. ჭვანის წყლის შესართავიდან მდ. ლორჯომის შესართავამდე, ასევე მდინარეების სხალთის და ჩირუხის წყლის ხეობებს.

შუახევიჰესისათვის წყლის მიწოდება მოხდება დიდ აჭარის წყალსაცავიდან, რომელიც შეიქმნება მდ. აჭარისწყლისა და მდ. ლორჯომის შესართავთან დაგეგმილი 39 მ სიმაღლის, რკინაბეტონის კაშხლის საშუალებით. წყალსაცავის წყლით შეიტბორება როგორც მდ. აჭარისწყლის, ასევე მდ. ლორჯომის ხეობები. წყალსაცავის მოცულობა იქნება დაახლოებით 623,000 მ<sup>3</sup>, ხოლო წყლის სარკის ზედაპირის ფართობი 169,000 მ<sup>2</sup>. დიდაჭარის წყალსაცავის წყლით დაიფარება ბათუმი-ახალციხის საავტომობილო გზის დაახლოებით 2.5 კმ სიგრძის მონაკვეთი, რის გამოც აუცილებლობას წარმოადგენს ახალი ასაქცევი გზის მშენებლობა.

#### **კირნათი ჰესი**

კირნათი ჰესის წყალსაცავის სარკის ზედაპირის ფართობი იქნება დაახლოებით 1.4 კმ<sup>2</sup>, ხოლო წყალსაცავის მოცულობა შეადგენს 5 022 121 მ<sup>3</sup>. წინასაპროექტო გადაწყვეტილების მიხედვით წყალსაცავის წყლით დაიფარება ჭოროხის ჭალები და სოფლების, კირნათის და მარადიდის მოსახლეობის კუთვნილი შენობა-ნაგებობები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები (სახნავ სათესი სავარგულები, სათიბები და საძოვრები) და ასევე სასაფლაო. საპროექტო ტერიტორიაზე ჩატარებული დეტალური კვლევის მასალების მიხედვით ისტორიულ- კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლები არ არის განლაგებული.

#### **ფარავანი ჰესი**

ფარავანი ჰესის კაშხლის დანიშნულება იქნება არა წყლის დაგროვება, არამედ მისი მიმართულების შეცვლა. იგი მხოლოდ 5 მეტრის სიმაღლისა იქნება, დატბორვის მცირე ფართობითა (0.5ჰა) და დაგუბებული წყლის მცირე მოცულობით. ამრიგად, კაშხლის გაუმართაობის შემთხვევაში არ მოხდება დიდი რაოდენობით წყლის გამოშვება, რომელსაც შეეძლებოდა ადამიანებისათვის ზიანის მოტანა.

## ხულონი ჰესი

ხულონის ჰიდროელექტროსადგურის კომპლექსი განთავსდება კავკასიონის მთვარი ქედის სამხრეთ კალთებზე, მდინარე ენგურის ვიწრო ხეობაში, ენგურის არსებული თალოვანი კაშხლის წყალალმა 32 კმ-ის დაშორებით. საპროექტო ტერიტორია მდებარეობს დასავლეთ საქართველოში, ზემო სვანეთში, მესტიის მუნიციპალიტეტში, სოფ. ხაიშის ტერიტორიაზე, 405 კმ-ის დაშორებით თბილისიდან და 70 კმ-ის მანძილზე უახლოესი სარკინიგზო კვანძიდან - ქ. ზუგდიდიდან. კაშხლით შექმნილ წყალსაცავში დაგროვდება, დაახლოებით 364.5 მილიონი მ<sup>3</sup> წყალი.

ხულონი ჰესის მშენებლობა და ექსპლუატაცია, ითვალისწინებს ზუგდიდი-მესტიის გზის ახალი მონაკვეთის, მესტია-ჭუბერისა და ხაიში - ვედის კარიერის გზების მშენებლობას, რაც გარკვეულ ზეგავლენას იქონიებს გეოლოგიურ პირობებზე. წყალსაცავის შევსებამ და მისი დონეების ცვლილება გამოიწვევს წყალსაცავის ნაპირებისა და მათ თანმიმდებარე ფერდობების მდგრადობის დარღვევას, ჩამონგრევებს, შვავებს, გრუნტის ბლოკების მოწყვეტას შეტბორვის ზოლზე და ა.შ.

თოვლის ზვავსაშიშროების თვალსაზრისით მდ. ენგურის წყალშემკრები აუზი ზვავსაშიშროებაში ბონაში ხვდება. აღნიშნული რაიონი მასთან მიმდებარე ფერდობებით ხასიათდება ისეთი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებით, რაც ხელს უწყობს თოვლის ზვავების ჩამოსვლას. კერძოდ, ამ რაიონის საზღვრებში მდ. ენგურისა და მისი შენაკადების (ნენსკრა, ხაიშურა) ხეობების გასწვრივ აღმართულია მაღალი ფერდობები, რაც თოვლის ზვავების წარმოქმნის წინაპირობაა. მდ. ენგურისა და ნენსკრის ხეობების გასწვრივ აღმართულ ფერდობებზე, ზღვის დონიდან 800-1,800 მ სიმაღლეზე – განლაგებულია ზვავების წარმოქმნის 46 კერა, რომლებიდანაც უხვთოვლიან ზამთარში შეიძლება ზვავები მდინარეთა კალაპოტებში ჩამოვიდეს. გარდა ამისა, შესაძლო ზვავის კონუსის უეცარი ვარდნა წყალსაცავის სარკის



ზედაპირზე, რაც გამოიწვევს ძლიერი ტალღების წარმოქმნას და ჰესის ნაგებობების დაზიანებას.

კლიმატზე გავლენის მაქსიმალური ეფექტი აღინიშნება წყალსაცავის არეალში, ატმოსფერულ ნალექთა რეჟიმის ცვლილება მოხდება იმ წყლის ორთქლის რაოდენობის ხარჯზე, რომელიც წამოიქმნება აკვატორიიდან წყლისა ორთქლებისა და ატმოსფეროში მისი გადასვლის შემდეგ. წყლის ორთქლის ეს რაოდენობა არ გროვდება წყალსაცავის თავზე და არც მისი ნაპირების მახლობლობაში, არამედ ჰაერის ნაკადებით ვრცელდება მდ. ენგურისა და მეზობელი მდინარეების აუზებში. წლის განმავლობაში წარმოქმნილი ტენის კონდენსაციის ხარჯზე ატმოსფეროში ჩნდება სხვადასხვა ტიპის ღრუბლები, ეს ნიშნავს, რომ აკვატორიიდან აორთქლებული და შემდეგ ატმოსფეროში კონდენსირებული ტენის ნახევარი გარდაიქმნება ნალექებად.

ბოტანიკური კვლევის შედეგად ხუდონჰესის საპროექტო არეალში გამოვლინდა მაღალი საკონსერვაციო ღირებულების მქონე სახეობების პოპულაციები და განისაზღვრა ხუდონჰესის აშენების და ექსპლუატაციით გამოწვეული უარყოფითი ზემოქმედება საპროექტო ტერიტორიის ფლორასა და ფაუნაზე.

**განსახლება** - ხუდონჰესის აშენების შემთხვევაში, პირდაპირი და ირიბი ზემოქმედების ქვეშ მოხვდება ხაიშისა და ჭუბერის თემის სოფლები: ხაიში, ლახამი, ზემოვედი, ქვედავედი, ლუხი, ლალხორალი, ტობარი, იდლიანი, სკორმეთი. გარდა ამისა, დაიტბორება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, საძოვრები, ტყის მასივები, ორი ეკლესია, საფლაავები, მნიშვნელოვანი ისტორიული ძეგლები, მათ შორის, შუასაუკუნოვანი ხაიშის ციხე და ხაიშში აღმოჩენილი, ჯერ კიდევ შეუსწავლელი, I საუკუნით დათარიღებული არქეოლოგიური ძეგლი, ჯვარი-მესტიის დამაკავშირებელი გზა, ხოლო გადასახლება მოუწევს დაახლოებით 2000-ზე მეტ ადამიანს. განსახლება განხორციელდება მსოფლიობანკის მოთხოვნების, კერძოდ -

არანებაყოფლობითი განსახლების პოლიტიკის OP 4.12-ის და საქართველოს კანონის „აუცილებელი საზოგადოებრივი საჭიროებისათვის საკუთრების ჩამორთმევის წესის შესახებ“ (1999) შესაბამისად“. [ხუდონის ჰიდროელექტროსადგურის პროექტის გარემოზე ზემოქმედების შეფასება. ნაწილი III ნაწილი IV, ივლისი, 2013].

### ნენსკრა ჰესი

ნენსკრა ჰესის პროექტის მშენებლობა სეზონური რეგულირების, 300 მეგავატი სიმძლავრის ჰესის მშენებლობასა და ექსპლუატაციას ითვალისწინებს. მშენებლობა ორფაზად განხორციელდება: თავდაპირველად, მდ. ნენსკრაზე აშენდება 210 მგვტ სიმძლავრის ჰესი და მოენწყობა 130 მ სიმაღლის ქვანაყარი კაშხალი, ასევე 200 მლნ კუბური მეტრის წყლის რეზერვუარი (რეზერვუარის სარკის ფართობი 3.7 კმ<sup>2</sup>) სოფელ ტიტადან (ჭუბერისთემი) 10 კმ-ში. მეორე ფაზაზე, კი იგეგმება მდ. ნაკრასწყლის 11.8 კმ სიგრძის სადერივაციო გვირაბის საშუალებით მდ. ნენსკრას ხეობაში გადმოვლება და დამატებით 90 მგვტ სიმძლავრის გამომუშავება. პროექტის განხორციელებას მკვეთრად უარყოფითი ზეგავლენა ექნება როგორც ნაკრის, ისე ნენსკრას ხეობებზე და მდინარეების ეკოსისტემაზე. სვანეთის მაღალ მთიანეთში გაიჩეხება 400 ჰა-მდე ხელუხლებელი ტყე და სრულად შეიცვლება არსებული ბუნებრივი ლანდშაფტი. ნენსკრასა და ხუდონზე დაგეგმილი რეზერვუარების ერთობლივი ზემოქმედება, ადგილობრივი კლიმატის ცვლილების თვალსაზრისით, გააუარესებს ადამიანთა ჯანმრთელობას და გამოიწვევს სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის ცვლილებას. მნიშვნელოვნად გააქტიურდება პროექტის უშუალო ზემოქმედების არეალში არსებული მყინვარების დნობის პროცესი (5 კმ-ის რადიუსში გაიზრდება საშუალოწლიური ტემპერატურა). ამას გარდა, პროექტი ითვალისწინებს 330,000 მ<sup>3</sup> გამომუშავებული ქანების განთავსებას პროექტის მიმდებარე

ბუნებრივ ხევში და ხევის ფერდობების მცენარეული საფარისაგან სრულად განმეორდა. მესტიაში ჩატარებულ საჯაროგანხილვაზე, მოსახლეობის დიდი ნაწილი აქტიურად გამოხატავდა თავის ნეგატიურ დამოკიდებულებას ნენსკრაჰესის მშენებლობის მიმართ.

### **მტკვარი ჰესი**

„მტკვარიჰესი“ მდებარეობს სამხრეთ საქართველოში, ახალციხის რაიონში, მდინარე მტკვარზე. ჰესის დადგმული სიმძლავრე 53.3 მგვტ-ი იქნება, წლიური ელ. ენერჯის გამომუშავება კი 255,2 გეგავტსთ. თუმცაღა, მტკვარის პროექტში ჩართულია საკმაოდ მცირე წყალსაცავი (მხოლოდ 0,5კმ<sup>2</sup> ანუ 0,00005 ჰა), ასე რომ კლიმატური ცვლილებაც არ იქნება მნიშვნელოვანი, არც ჰესის ზონაში და არც მთლიანად რეგიონში, ხოლო მისი გემოქმედება სახმელეთო ფაუნასა და ფლორაზე საკმაოდ შეზღუდულია.

### **აბული ჰესი**

„აბულიჰესი“ მდებარეობს სამხრეთ საქართველოში, სამცხე ჯავახეთში, მდინარე ფარავანზე. ჰესის დადგმული სიმძლავრე 12,5 მგვტ-ი იქნება, წლიური ელ. ენერჯის გამომუშავება კი 65,98 მლნ.კვტსთ. პროექტში ჩართულია წყალსაცავი რომლის მოცულობაა 7,9 მლნ მ<sup>3</sup>, ხოლო დასატბორი ფართობი შეადგენს დაახლოებით 100 ჰექტარს.

### **სათბურის გაზების ემისიების გაანგარიშება**

თითოეული ჰიდროსადგურისთვის, რომელთაც გააჩნიათ განსაკუთრებით დიდი მოცულობის წყალსაცავები, გაანგარიშებულია შემდეგი სათბურის გაზების, ნახშირორჟანგის(CO<sub>2</sub>),მეთანის (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ქვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ემისიები.

### **ხულონჰესის CO<sub>2</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან**

ხულონჰესის შემთხვევაში დასატბორი ხმელეთის ფართობი 528 ჰა-ს შეადგენს. წყალსაცავიდან CO<sub>2</sub>-ის გაანგარიშების გამარტივებული მეთოდი

განიხილავს მხოლოდ დიფუზიურ ემისიებს წელიწადის ორი პერიოდის განმავლობაში: როდესაც წყლის ზედაპირი დაფარულია ყინულით და როდესაც არ არის დაფარული. წყალსაცავიდან CO<sub>2</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$CO_{2emissionsWW\ flood} = P \bullet E(CO_2)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface}$$

სადაც:

CO<sub>2emissionsWW flood</sub> არის CO<sub>2</sub>-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგCO<sub>2</sub>/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

E(CO<sub>2</sub>)<sub>diff</sub> - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები, კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე); დონე I მიდგომის შემთხვევაში გამოყენებულ უნდა იქნეს CO<sub>2</sub>-ის ემისიის დადგენილი ფაქტორი წლის იმ პერიოდისთვის, როდესაც წყლის ზედაპირი არ არის დაფარული ყინულით. ეს კოეფიციენტი ხუდონის ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის უდრის 9.3 კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე).

A<sub>flood, total surface</sub> - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ხუდონის ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 528 ჰექტარია და მოიცავს ტყეებს, სახნავ მიწებს, მდელოებსა და მდინარეს.

$$CO_{2emissionsWW\ flood} = 365\ (\text{დღე}) \bullet 9,3\ \text{კგ}(CO_2)/(\text{ჰა}*\text{დღე}) \\ \bullet 528\ (\text{ჰა}) = 1.79*10^6\ \text{კგ}(CO_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, ხუდონჰესის შემთხვევაში CO<sub>2</sub>-ის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან შეადგენს დაახლოებით 1 800 ტ-ს.

CH<sub>4</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან

წყალსაცავიდან CH<sub>4</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$CH_{4emissionsWW\ flood} = P \bullet E(CH_4)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface} +$$

$$P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}} \bullet A_{\text{flood, total surface}}$$

სადაც:

$\text{CH}_4_{\text{emissionsWW flood}}$  არის  $\text{CH}_4$ -ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან,  $\text{კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ}$ ;

$P$  - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

$E(\text{CH}_4)_{\text{diff}}$  - საშუალო დღიური დიფუზური ემისიები  $\text{კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე})$ . კოეფიციენტი 0.2 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს ხულონის ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}}$  - საშუალო ბუბტუკოვანი ემისიები,  $\text{კგ}\text{CH}_4 / (\text{ჰა} \cdot \text{დღე})$ . კოეფიციენტი 0.14 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს ხულონის ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ხულონის ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 528 ჰექტარია და მოიცავს ტყეებს, სახნავ მიწებს, მდელოებსა და მდინარეს;

$$\text{CH}_4_{\text{emissionsWW flood}} = 365 (\text{დღ}) \bullet 0.2 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 528 (\text{ჰა}) + 365 (\text{დღ}) \bullet 0.14 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 528 (\text{ჰა}) = 65,5 \cdot 10^3 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ}$$

გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში:

$$65,5 \cdot 10^3 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ} \cdot 21 = 1376021 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ} \approx 1,4 \cdot 10^6 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, ხულონჰესის შემთხვევაში მეთანის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან, გამოხატული  $\text{CO}_2$ -ის ეკვივალენტში, შეადგენს 1 400 ტ-ს

აზოტის ქვეჟანგის ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ემისიები ხულონის წყალსაცავიდან

ვინაიდან I დონის მიდგომისათვის საჭირო IPCC-ის მიერ დადგენილი ემისიის კოეფიციენტი ამ გაზისათვის არ არსებობს, ამიტომ, წყალსაცავიდან NO<sub>2</sub>-ის წლიური ემისია წელის ტოლად იქნა მიჩნეული.

მაშასადამე, წყალსაცავიდან ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>), მეთანისა (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ექვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ჯამური ყოველწლიური ემისია შეადგენს 1 800+1 400+0,0 = 3 200 ტ-ს.

### ნენსკრაჰესის CO<sub>2</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან

ნენსკრაჰესის შემთხვევაში დასატბორი ხმელეთის ფართობი 370 ჰა-ს შეადგენს. წყალსაცავიდან CO<sub>2</sub>-ის გაანგარიშების გამარტივებული მეთოდი განიხილავს მხოლოდ დიფუზიურ ემისიებს წელიწადის ორი პერიოდის განმავლობაში: როდესაც წყლის ზედაპირი დაფარულია ყინულით და როდესაც არ არის დაფარული. წყალსაცავიდან CO<sub>2</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$CO_{2emissionsWW\ flood} = P \bullet E(CO_2)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface}$$

სადაც:

CO<sub>2emissionsWW flood</sub> არის CO<sub>2</sub>-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგCO<sub>2</sub>/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

E(CO<sub>2</sub>)<sub>diff</sub> - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები, კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე); დონე I მიდგომის შემთხვევაში გამოყენებულ უნდა იქნეს CO<sub>2</sub>-ის ემისიის დადგენილი ფაქტორი წლის იმ პერიოდისთვის, როდესაც წყლის ზედაპირი არ არის დაფარული ყინულით. ეს კოეფიციენტი საქართველოს მთიანი ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის უდრის 9.3 კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე).

A<sub>flood, total surface</sub> - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 370 ჰექტარია და მოიცავს ტყეებს, სახნავ მიწებს, მდელოებსა და მდინარეს.

$$CO_{2emissionsWW\ flood} = 365 (\text{დღე}) \bullet 9,3 \text{ კგ}(CO_2)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე})$$

$$\bullet 370 (\text{ჰა}) = 1\ 255\ 965 \text{ კგ}(CO_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, ნენსკრაჰესის შემთხვევაში CO<sub>2</sub>-ის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან შეადგენს დაახლოებით 1 256 ტ-ს.

CH<sub>4</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან

წყალსაცავიდან CH<sub>4</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$CH_{4emissionsWW\ flood} = P \bullet E(CH_4)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface} + P \bullet E(CH_4)_{bubble} \bullet A_{flood, total\ surface}$$

სადაც:

CH<sub>4emissionsWW flood</sub> არის CH<sub>4</sub>-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ(CH<sub>4</sub>)/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

E(CH<sub>4</sub>)<sub>diff</sub> - საშუალო დღიური დიფუზური ემისიები კგ(CH<sub>4</sub>)/(ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.2 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

E(CH<sub>4</sub>)<sub>bubble</sub> - საშუალო ბუბტუკოვანი ემისიები, კგCH<sub>4</sub> /(ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.14 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

A<sub>flood, total surface</sub> - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 370 ჰექტარია და მოიცავს ტყეებს, სახნავ მიწებს, მდელოებსა და მდინარეს;

$$CH_{4emissionsWW\ flood} = 365 (\text{დღე}) \bullet 0.2 \text{ კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 370 (\text{ჰა}) + 365 (\text{დღე}) \bullet 0.14$$

$$\text{კგ}(CH_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 370 (\text{ჰა}) = 45\ 917 \text{ კგ}(CH_4)/\text{წ}$$

გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში:

$$45\ 917\ \text{კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ} * 21 = 964\ 257\ \text{კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ} \approx 0,9 * 10^6\ \text{კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, ნენსკრაჰესის შემთხვევაში მეთანის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან, გამოხატული CO<sub>2</sub>-ის ეკვივალენტში, შეადგენს 964 ტ-ს

აზოტის ქვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ემისიები წყალსაცავიდან

ვინაიდან I დონის მიდგომისათვის საჭირო IPCC-ის მიერ დადგენილი ემისიის კოეფიციენტი ამ გაზისათვის არ არსებობს, ამიტომ, წყალსაცავიდან NO<sub>2</sub>-ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული.

მაშასადამე, წყალსაცავიდან ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>), მეთანისა (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ქვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ჯამური ყოველწლიური ემისია შეადგენს  $1\ 256 + 964 + 0,0 = 2\ 220$  ტ-ს.

### კირნათიჰესის CO<sub>2</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან

კირნათიჰესის შემთხვევაში დასატბორი ხმელეთის ფართობი 140 ჰა-ს შეადგენს. წყალსაცავიდან CO<sub>2</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$\text{CO}_{2\text{emissionsWW flood}} = P \bullet E(\text{CO}_2)_{\text{diff}} \bullet A_{\text{flood, total surface}}$$

სადაც:

CO<sub>2emissionsWW flood</sub> არის CO<sub>2</sub>-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგCO<sub>2</sub>/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

E(CO<sub>2</sub>)<sub>diff</sub> - საშუალო დღიური დიფერენციული ემისიები, კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე); დონე I მიდგომის შემთხვევაში გამოყენებულ უნდა იქნეს CO<sub>2</sub>-ის ემისიის დადგენილი ფაქტორი წლის იმ პერიოდისთვის, როდესაც წყლის ზედაპირი არ არის დაფარული ყინულით. ეს კოეფიციენტი საქართველოს მთიანი ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის უდრის 9.3 კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე).



$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 140 ჰექტარია.

$$\text{CO}_{2\text{emissionsWW flood}} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ(CO}_2\text{)/(ჰა*დღე)}$$

$$\bullet 140 \text{ (ჰა)} = 475\,230 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ}$$

მაშასადამე, ჰესის შემთხვევაში CO<sub>2</sub>-ის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან შეადგენს დაახლოებით 457 ტ-ს.

#### CH<sub>4</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან

წყალსაცავიდან CH<sub>4</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$\text{CH}_{4\text{emissionsWW flood}} = P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{diff}} \bullet A_{\text{flood, total surface}} + P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}} \bullet A_{\text{flood, total surface}}$$

სადაც:

$\text{CH}_{4\text{emissionsWW flood}}$  არის CH<sub>4</sub>-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ(CH<sub>4</sub>)/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

$E(\text{CH}_4)_{\text{diff}}$  - საშუალო დღიური დიფუზური ემისიები კგ(CH<sub>4</sub>)/(ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.2 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}}$  - საშუალო ბუბტუკოვანი ემისიები, კგCH<sub>4</sub> / (ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.14 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 140 ჰექტარია;

$$CH_{4emissionsWW\ flood} = 365 (\text{დღ}) \bullet 0.2 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 140 (\text{ჰა}) + 365 (\text{დღ}) \bullet 0.14$$

$$\text{კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 140 (\text{ჰა}) = 17\,374 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ}$$

გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში:

$$17\,374 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ} \cdot 21 = 364\,854 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ} \approx 0,3 \cdot 10^6 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, კირნათიჰესის შემთხვევაში მეთანის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან, გამოხატული CO<sub>2</sub>-ის ეკვივალენტში, შეადგენს 365 ტ-ს

აზოტის ქვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ემისიები წყალსაცავიდან

ვინაიდან I დონის მიდგომისათვის საჭირო IPCC-ის მიერ დადგენილი ემისიის კოეფიციენტი ამ გაზისათვის არ არსებობს, ამიტომ, წყალსაცავიდან NO<sub>2</sub>-ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული.

მაშასადამე, წყალსაცავიდან ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>), მეთანისა (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ქვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ჯამური ყოველწლიური ემისია შეადგენს 475+365+0,0 = 840 ტ-ს.

### ახულიჰესის CO<sub>2</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან

ახულიჰესის შემთხვევაში დასატბორი ხმელეთის ფართობი 100 ჰა-ს შეადგენს. წყალსაცავიდან CO<sub>2</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$CO_{2emissionsWW\ flood} = P \bullet E(\text{CO}_2)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface}$$

სადაც:

CO<sub>2emissionsWW flood</sub> არის CO<sub>2</sub>-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგCO<sub>2</sub>/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

E(CO<sub>2</sub>)<sub>diff</sub> - საშუალო დღიური დიფერენციული ემისიები, კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე); დონე I მიდგომის შემთხვევაში გამოყენებულ უნდა იქნეს CO<sub>2</sub>-ის ემისიის დადგენილი ფაქტორი წლის იმ პერიოდისთვის, როდესაც წყლის ზედაპირი არ არის

დაფარული ყინულით. ეს კოეფიციენტი საქართველოს მთიანი ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის უდრის 9.3 კგ(CO<sub>2</sub>)/(ჰა\*დღე).

$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 100 ჰექტარია.

$$\text{CO}_{2\text{emissionsWW flood}} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ(CO}_2\text{)/(ჰა*დღე)}$$

$$\bullet 100 \text{ (ჰა)} = 339 \text{ 450 კგ(CO}_2\text{)/წ}$$

მაშასადამე, ჰესის შემთხვევაში CO<sub>2</sub>-ის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან შეადგენს დაახლოებით 339 ტ-ს.

### CH<sub>4</sub>-ის ემისიები წყალსაცავიდან

წყალსაცავიდან CH<sub>4</sub>-ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$\text{CH}_{4\text{emissionsWW flood}} = P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{diff}} \bullet A_{\text{flood, total surface}} + P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}} \bullet A_{\text{flood, total surface}}$$

სადაც:

$\text{CH}_{4\text{emissionsWW flood}}$  არის CH<sub>4</sub>-ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ(CH<sub>4</sub>)/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

$E(\text{CH}_4)_{\text{diff}}$  - საშუალო დღიური დიფუზური ემისიები კგ(CH<sub>4</sub>)/(ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.2 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}}$  - საშუალო ბუბტუკოვანი ემისიები, კგCH<sub>4</sub> / (ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.14 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 100 ჰექტარია;

$$CH_{4\text{emissionsWW flood}} = 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.2 \text{ კგ(CH}_4\text{)/(ჰა*დღე)} \bullet 100 \text{ (ჰა)} + 365 \text{ (დღ)} \bullet 0.14 \text{ კგ(CH}_4\text{)/(ჰა*დღე)} \bullet 100 \text{ (ჰა)} = 12\,410 \text{ კგ(CH}_4\text{)/წ}$$

გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში:

$$12\,410 \text{ კგ(CH}_4\text{)/წ} \bullet 21 = 260\,610 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ} \approx 0,2 \bullet 10^6 \text{ კგ(CO}_2\text{)/წ}$$

მაშასადამე, აბულიჰესის შემთხვევაში მეთანის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან, გამოხატული  $CO_2$ -ის ეკვივალენტში, შეადგენს 261 ტ-ს.

აზოტის ქვეჟანგის ( $NO_2$ ) ემისიები წყალსაცავიდან

ვინაიდან I დონის მიდგომისათვის საჭირო IPCC-ის მიერ დადგენილი ემისიის კოეფიციენტი ამ გაზისათვის არ არსებობს, ამიტომ, წყალსაცავიდან  $NO_2$ -ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული.

მაშასადამე, წყალსაცავიდან ნახშირორჟანგის ( $CO_2$ ), მეთანისა ( $CH_4$ ) და აზოტის ქვეჟანგის ( $NO_2$ ) ჯამური ყოველწლიური ემისია შეადგენს  $339+261+0,0 = 600$  ტ-ს.

### შუახვევიჰესის $CO_2$ -ის ემისიები წყალსაცავიდან

შუახვევიჰესის შემთხვევაში დასატბორი ხმელეთის ფართობი 17 ჰა-ს შეადგენს. წყალსაცავიდან  $CO_2$ -ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$CO_{2\text{emissionsWW flood}} = P \bullet E(CO_2)_{\text{diff}} \bullet A_{\text{flood, total surface}}$$

სადაც:

$CO_{2\text{emissionsWW flood}}$  არის  $CO_2$ -ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ $CO_2$ /წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

$E(\text{CO}_2)_{\text{diff}}$  - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები, კგ( $\text{CO}_2$ )/(ჰა\*დღე); დონე I მიდგომის შემთხვევაში გამოყენებულ უნდა იქნეს  $\text{CO}_2$ -ის ემისიის დადგენილი ფაქტორი წლის იმ პერიოდისთვის, როდესაც წყლის ზედაპირი არ არის დაფარული ყინულით. ეს კოეფიციენტი საქართველოს მთიანი ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის უდრის 9.3 კგ( $\text{CO}_2$ )/(ჰა\*დღე).

$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 17 ჰექტარია.

$$\text{CO}_{2\text{emissionsWW flood}} = 365 (\text{დღე}) \bullet 9,3 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \\ \bullet 17 (\text{ჰა}) = 57\,707 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, ჰესის შემთხვევაში  $\text{CO}_2$ -ის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან შეადგენს დაახლოებით 58 ტ-ს.

#### $\text{CH}_4$ -ის ემისიები წყალსაცავიდან

წყალსაცავიდან  $\text{CH}_4$ -ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$\text{CH}_{4\text{emissionsWW flood}} = P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{diff}} \bullet A_{\text{flood, total surface}} + P \bullet E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}} \bullet A_{\text{flood, total surface}}$$

სადაც:

$\text{CH}_{4\text{emissionsWW flood}}$  არის  $\text{CH}_4$ -ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ( $\text{CH}_4$ )/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

$E(\text{CH}_4)_{\text{diff}}$  - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები კგ( $\text{CH}_4$ )/(ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.2 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}}$  - საშუალო ბუბტუკოვანი ემისიები, კგ $\text{CH}_4$  / (ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.14 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ყინულით დაუფარავ პერიოდში;

$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 17 ჰექტარია;

$$\text{CH}_4_{\text{emissions WW flood}} = 365 (\text{დღ}) \bullet 0.2 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 17 (\text{ჰა}) + 365 (\text{დღ}) \bullet 0.14 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა} \cdot \text{დღე}) \bullet 17 (\text{ჰა}) = 2\,110 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ}$$

გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში:

$$2\,110 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ} \cdot 21 = 44\,304 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ} \approx 0,04 \cdot 10^6 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, შუახევიჰესის შემთხვევაში მეთანის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან, გამოხატული  $\text{CO}_2$ -ის ეკვივალენტში, შეადგენს 44 ტ-ს.

აზოტის ქვეჟანგის ( $\text{NO}_2$ ) ემისიები წყალსაცავიდან

ვინაიდან I დონის მიდგომისათვის საჭირო IPCC-ის მიერ დადგენილი ემისიის კოეფიციენტი ამ გაზისათვის არ არსებობს, ამიტომ, წყალსაცავიდან  $\text{NO}_2$ -ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული.

მაშასადამე, წყალსაცავიდან ნახშირორჟანგის ( $\text{CO}_2$ ), მეთანისა ( $\text{CH}_4$ ) და აზოტის ქვეჟანგის ( $\text{NO}_2$ ) ჯამური ყოველწლიური ემისია შეადგენს  $58+44+0,0 = 102$  ტ-ს.

### ფარავანიჰესის $\text{CO}_2$ -ის ემისიები წყალსაცავიდან

ფარავანიჰესის შემთხვევაში დასატბორი ხმელეთის ფართობი 0,5 ჰა-ს შეადგენს. წყალსაცავიდან  $\text{CO}_2$ -ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$\text{CO}_2_{\text{emissions WW flood}} = P \bullet E(\text{CO}_2)_{\text{diff}} \bullet A_{\text{flood, total surface}}$$

სადაც:

$CO_{2emissionsWW\ flood}$  არის  $CO_2$ -ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ $CO_2/წ$ ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

$E(CO_2)_{diff}$  - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები, კგ( $CO_2$ )/(ჰა\*დღე); დონე I მიდგომის შემთხვევაში გამოყენებულ უნდა იქნეს  $CO_2$ -ის ემისიის დადგენილი ფაქტორი წლის იმ პერიოდისთვის, როდესაც წყლის ზედაპირი არ არის დაფარული ყინულით. ეს კოეფიციენტი საქართველოს მთიანი ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის უდრის 9.3 კგ( $CO_2$ )/(ჰა\*დღე).

$A_{flood, total\ surface}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 0,5 ჰექტარია.

$$CO_{2emissionsWW\ flood} = 365 \text{ (დღე)} \bullet 9,3 \text{ კგ}(CO_2)\text{/(ჰა*დღე)} \\ \bullet 0,5 \text{ (ჰა)} = 1\ 697 \text{ კგ}(CO_2)\text{/წ}$$

მაშასადამე, ჰესის შემთხვევაში  $CO_2$ -ის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან შეადგენს დაახლოებით 2 ტ-ს.

### $CH_4$ -ის ემისიები წყალსაცავიდან

წყალსაცავიდან  $CH_4$ -ის ემისიის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$CH_{4emissionsWW\ flood} = P \bullet E(CH_4)_{diff} \bullet A_{flood, total\ surface} + P \bullet E(CH_4)_{bubble} \bullet A_{flood, total\ surface}$$

სადაც:

$CH_{4emissionsWW\ flood}$  არის  $CH_4$ -ის სრული ემისია დატბორილი ტერიტორიიდან, კგ( $CH_4$ )/წ;

P - პერიოდი, დღე (ჩვეულებრივ, 365, წლიური შეფასებისთვის);

$E(CH_4)_{diff}$  - საშუალო დღიური დიფუზიური ემისიები კგ( $CH_4$ )/(ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.2 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს

ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ცივლით დაუფარავ პერიოდში;

$E(\text{CH}_4)_{\text{bubble}}$  - საშუალო ბუშტუკოვანი ემისიები, კგ $\text{CH}_4$  / (ჰა\*დღე). კოეფიციენტი 0.14 კგ წარმოადგენს დადგენილ სიდიდეს საქართველოს ტერიტორიის ცივი, ზომიერად ნოტიო კლიმატისთვის წლის ცივლით დაუფარავ პერიოდში;

$A_{\text{flood, total surface}}$  - დატბორილი ტერიტორიის სრული ფართობი, რომელიც მოიცავს დატბორილი ხმელეთის, ტბისა და მდინარის ფართობს ჰა-ში. ჰესის შემთხვევაში დატბორილი ტერიტორიის ფართობი 0,5ჰექტარია;

$$\text{CH}_4_{\text{emissionsWW flood}} = 365 (\text{დღ}) \bullet 0.2 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა}^*\text{დღე}) \bullet 0,5 (\text{ჰა}) + 365 (\text{დღ}) \bullet 0.14 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/(\text{ჰა}^*\text{დღე}) \bullet 0,5 (\text{ჰა}) = 62 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ}$$

გადავიყვანოთ ნახშირორჟანგის ეკვივალენტში:

$$62 \text{ კგ}(\text{CH}_4)/\text{წ} * 21 = 1302 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ} \approx 1,3 * 10^3 \text{ კგ}(\text{CO}_2)/\text{წ}$$

მაშასადამე, ფარავანიჰესის შემთხვევაში მეთანის ყოველწლიური ემისია წყალსაცავიდან, გამოხატული  $\text{CO}_2$ -ის ეკვივალენტში, შეადგენს 1 ტ-ს.

აზოტის ქვეჟანგის ( $\text{NO}_2$ ) ემისიები წყალსაცავიდან ვინაიდან I დონის მიდგომისათვის საჭირო IPCC-ის მიერ დადგენილი ემისიის კოეფიციენტი ამ გაზისათვის არ არსებობს, ამიტომ, წყალსაცავიდან  $\text{NO}_2$ -ის წლიური ემისია ნულის ტოლად იქნა მიჩნეული.

მაშასადამე, წყალსაცავიდან ნახშირორჟანგის ( $\text{CO}_2$ ), მეთანისა ( $\text{CH}_4$ ) და აზოტის ქვეჟანგის ( $\text{NO}_2$ ) ჯამური ყოველწლიური ემისია შეადგენს  $2+1+0,0 = 3$  ტ-ს.

### მტკვარიჰესის $\text{CO}_2$ -ის ემისიები წყალსაცავიდან

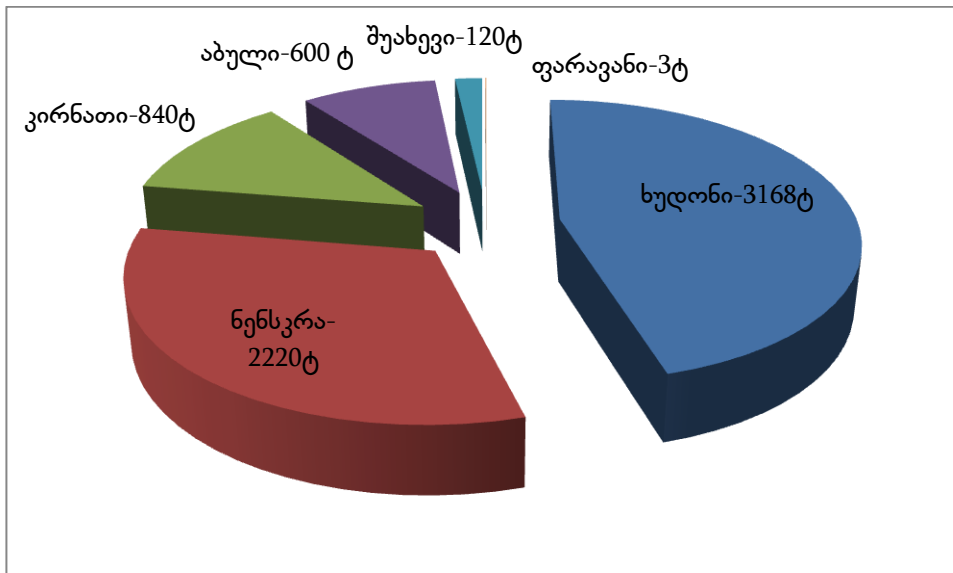
მტკვარიჰესის წყალსაცავის დასატბორი ფართობი (0,00005 ჰა) უმნიშვნელოა, ამიტომ მასზე სათბურის გაზების ემისიებს არ განვიხილავთ.



მე-7 ცხრილში წარმოდგენილია ჰესების ტექნიკური პარამეტრები და სათბურის გაზების ემისიები.

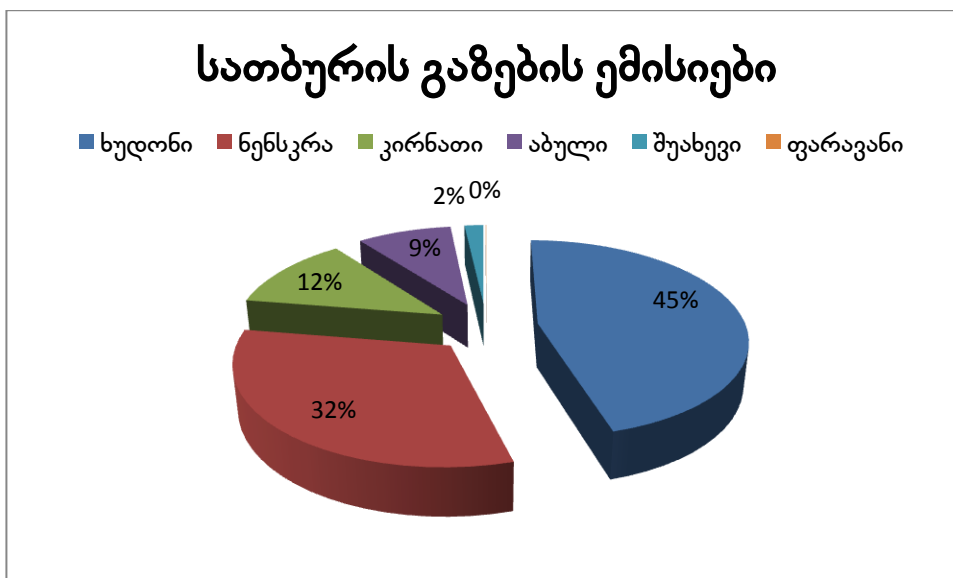
ცხრ.7

	ჰესის დასახელება საშუალო და დიდი ჰესი	ჰესის დადგმული სიმძლავრე, მგვტ	წყლის რეზერვუარის მოცულობა, მლნ. მ <sup>3</sup>	დასატბორი ხმელეთის ფართობი, ჰა	CO <sub>2</sub> -ის ემისიები, ტ	CH <sub>4</sub> -ის ემისიები, ტ	NO <sub>2</sub> -ის ემისიები, ტ	ემისიების ჯამი, ტ CO <sub>2</sub> -ის ეკვ./წ
1	კირნათიჰესი	51.2	5	140	475	365	0,0	840
2	ხელვაჩაურიჰესი 1	47.4	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
3	ხელვაჩაურიჰესი 2	28.9	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
4	დარიალიჰესი	108	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
5	ხობიჰესი 1	60	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
6	ხობიჰესი 2	55	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
7	მტკვარიჰესი	43	-	0,00005	-	-	0,0	-
8	ფარავანიჰესი	85	-	0,5	2	1	0,0	3
9	შუახევიჰესი	175	0,6	17	58	44	0,0	102
10	კორომხეთიჰესი	150	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
11	ხერთვისიჰესი	65	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
12	აბულიჰესი	22.2	7,9	100	339	261	0,0	600
13	დარჩიჰესი	16.9	მოდინებაზე	-	-	-	0,0	
14	ხულონი	702	364,5	528	1800	1400	0,0	3168
15	ნენსკრა	300	200	370	1256	964	0,0	2220



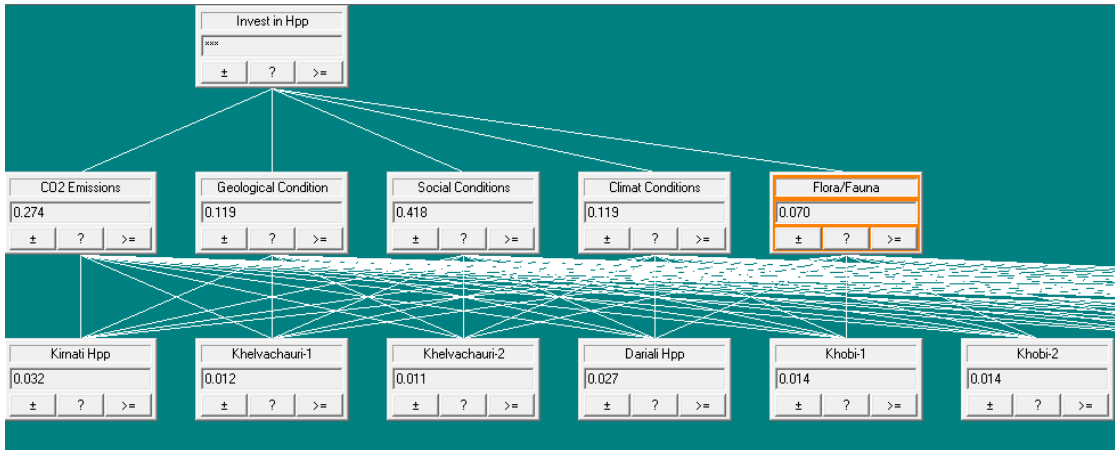
ნახ. 13. გრაფიკულად წარმოდგენილია ჰესების სათბურის გაზების ემისიები, ტ CO<sub>2</sub>-ის ეკვივალენტი/წელიწადში

როგორც მე-14 ნახაზიდან ჩანს, სათბურის გაზების ყველაზე დიდი ხვედრითი წილი, 45% მოდის ხულონის ჰესის და 32% ნენსკრა ჰესის წილად.



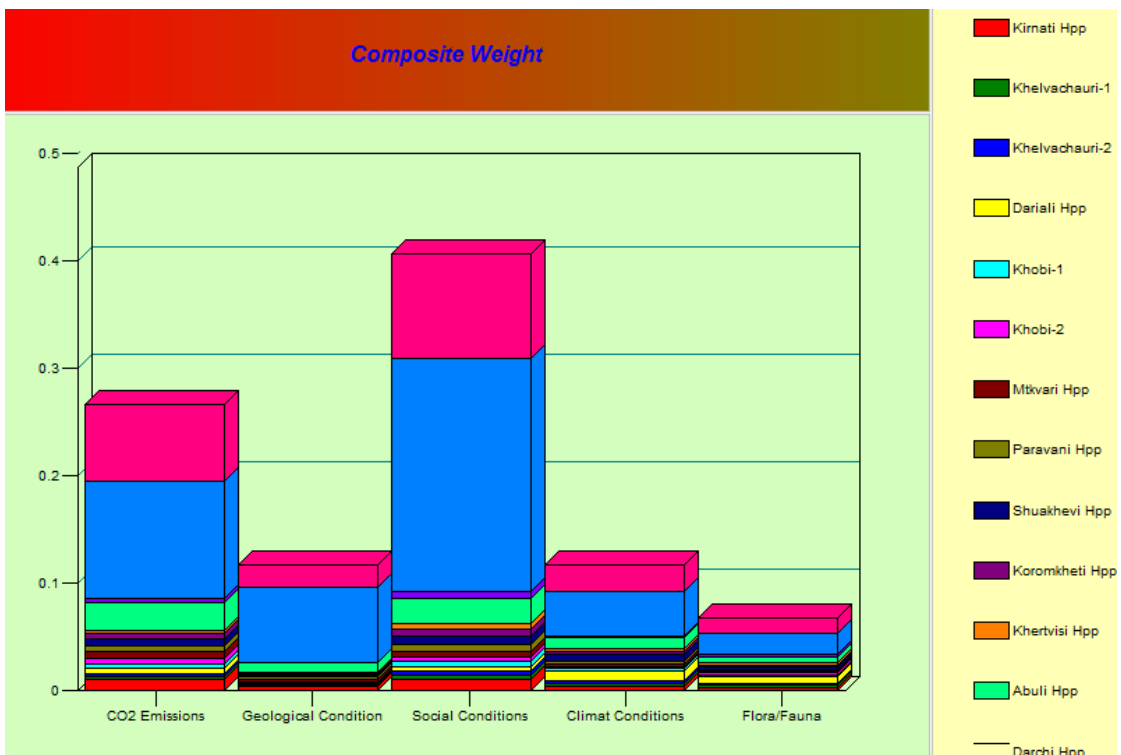
ნახ. 14. გრაფიკულად წარმოდგენილია ჰესების სათბურის გაზების ემისიები, პროცენტულად.

ამგვარად, კომპიუტერულ პროგრამაში დამუშავდა შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით. თითოეული კრიტერიუმისთვის შესაბამისი რაოდენობრივი მნიშვნელობის მინიჭების შემდეგ, აგებულია დიაგრამა [51], სადაც პირველი რიგი გამოსახავს ძირითად მიზანს, მეორე - კრიტერიუმების საშუალო შენონილ მნიშვნელობებს, ხოლო მესამე - ალტერნატიულ ელექტროსადგურებს (იხ. ნახ.15).

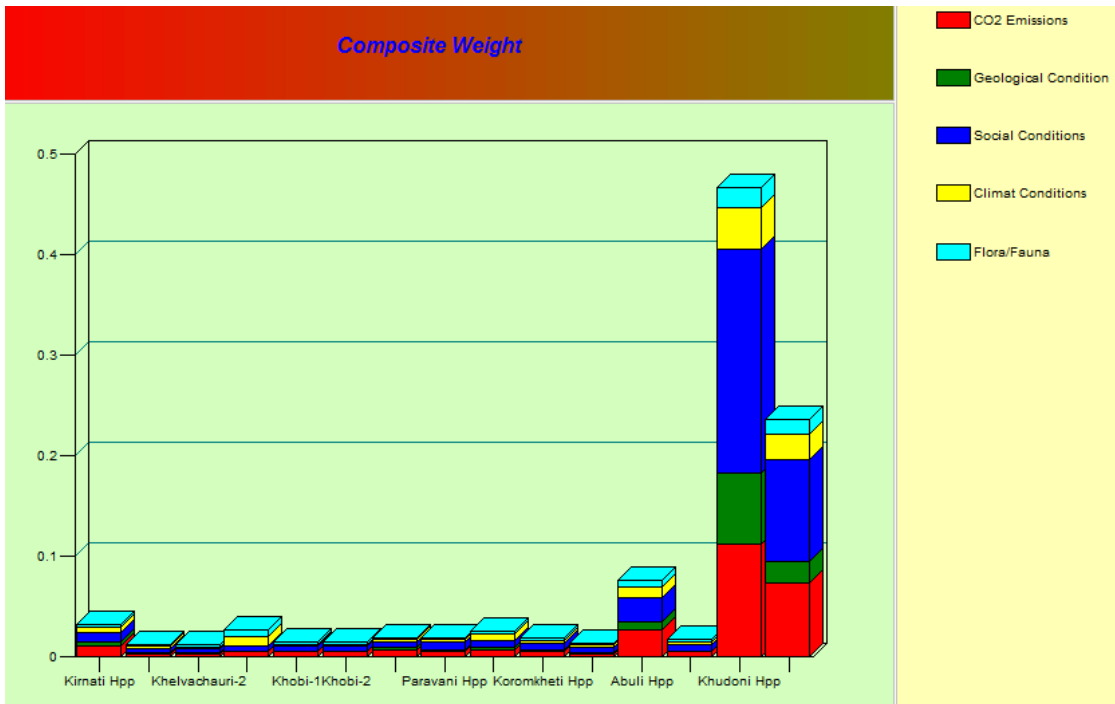


ნახ. 15. კომპიუტერული პროგრამის დიაგრამა, ინვესტირების პროცესი

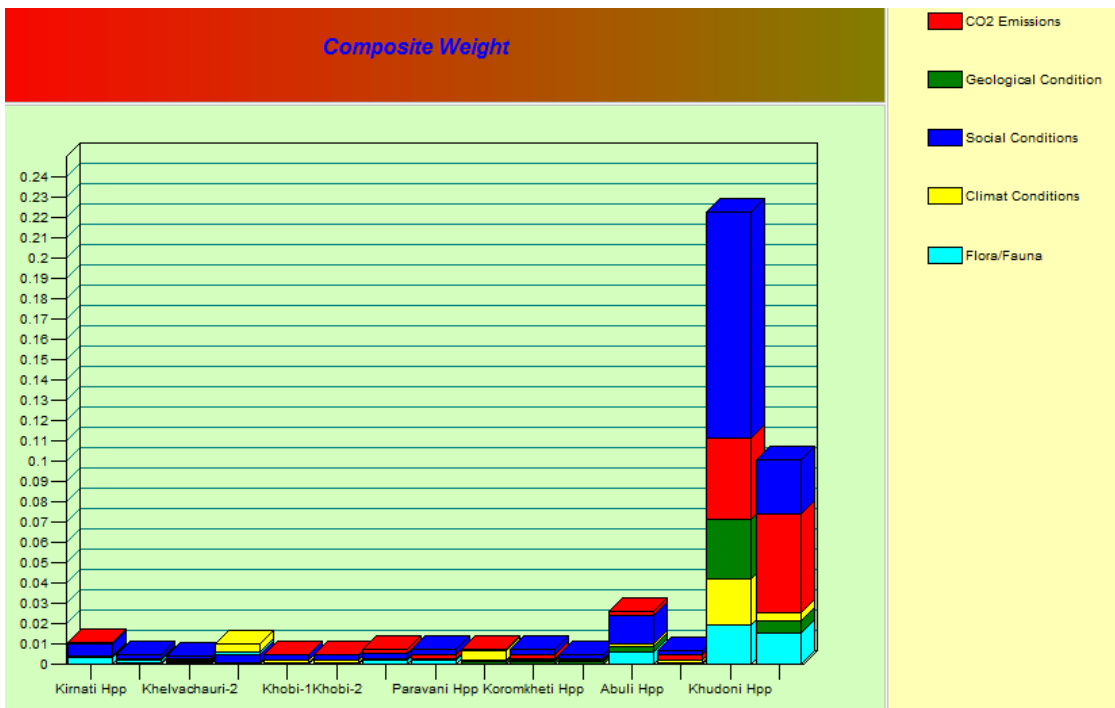
პროგრამული პაკეტის ბაზაზე [51] შესრულებული ანგარიშის მიხედვით შემსუღელი მახასიათებლების წონითი კოეფიციენტების და საერთო მახასიათებლებზე მათი გავლენის დონის შესაბამისად აგებულია გრაფიკები.



ნახ. 16. თითოეულ კრიტერიუმში ალტერნატიული ჰესის წილობრივი მონაწილეობა

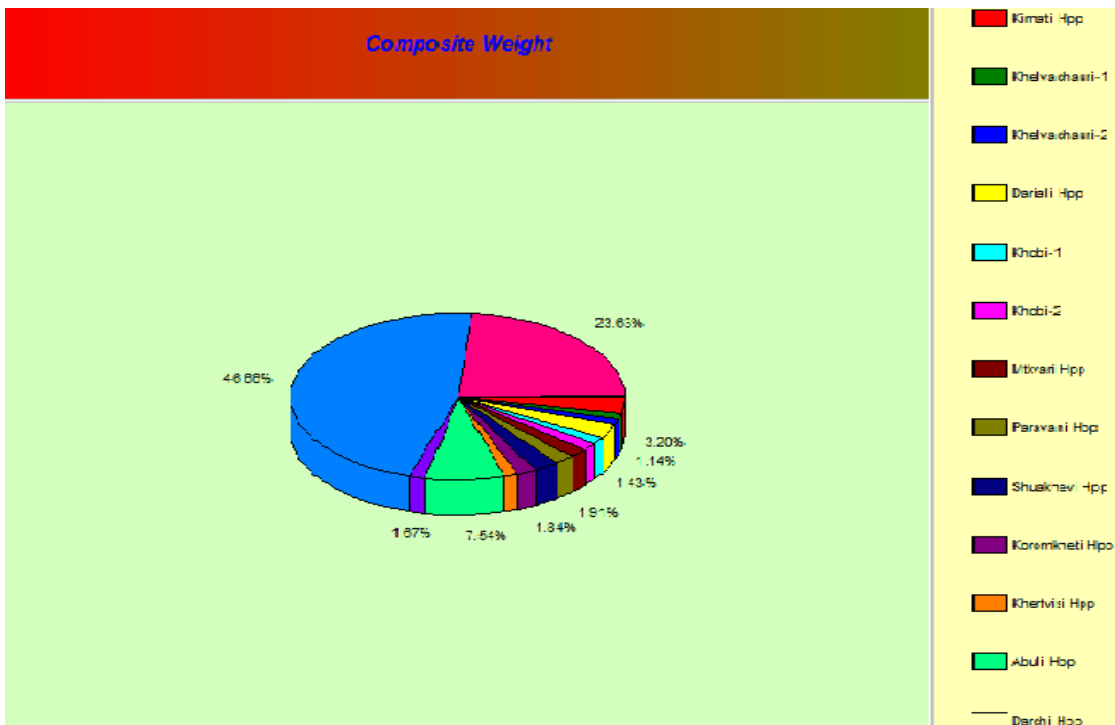


ნახ. 17. გარემოზე ზემოქმედების დონე თითოეული ჰიდროელექტროსადგურისგან



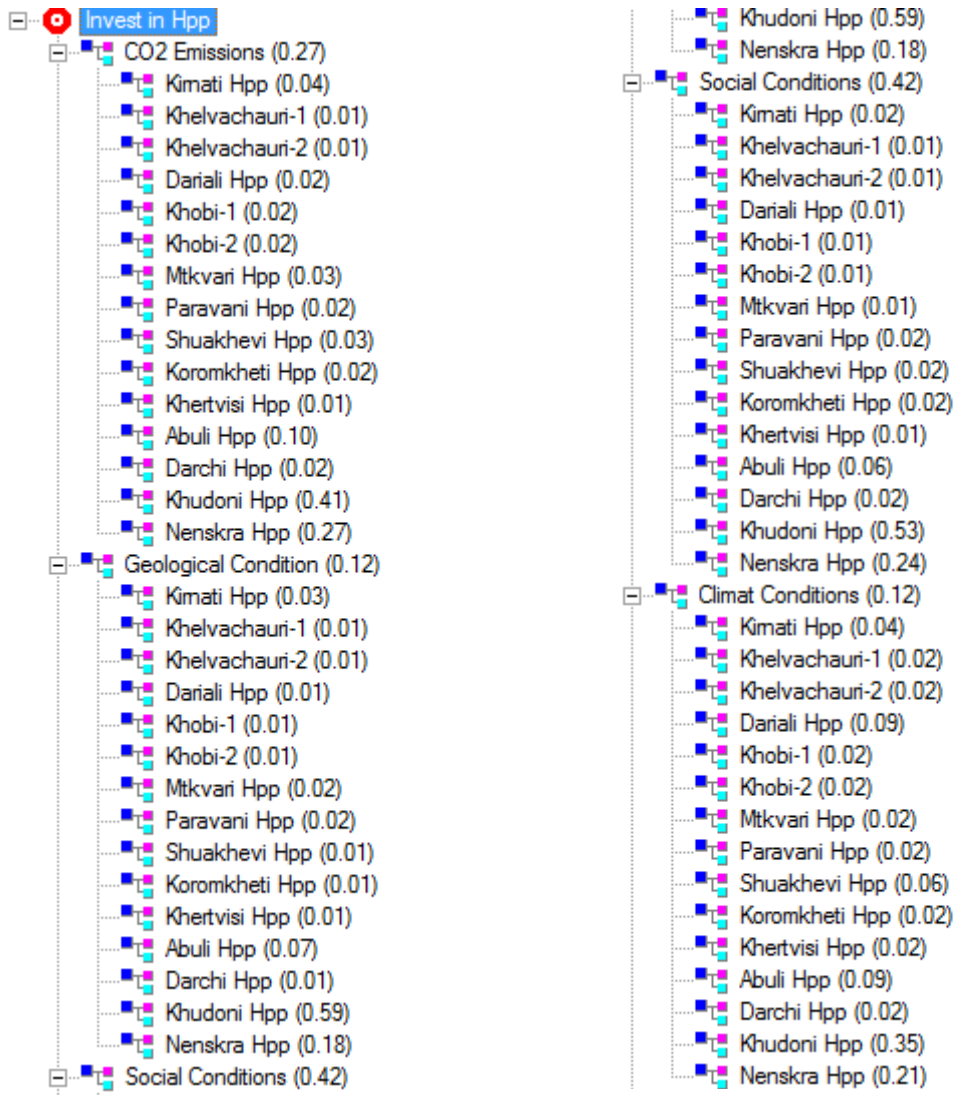
ნახ. 18. გარემოზე ზემოქმედების დონე თითოეული ჰიდროელექტროსადგურისგან

როგორც მე-19 ნახაზიდან ჩანს, თითოეული ელექტროსადგურის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების პროცენტული წილი შემდეგნაირად განაწილდა: ყველაზე უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს ხულონი, საშუალო შეწონილი რაოდენობა - 46,66% და ნენსკრა - 23,63%.



ნახ. 19. თითოეული ელექტროსადგურის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების პროცენტული წილი

გადაწყვეტილების ხის საშუალებით (იხ.ნახ.20) წარმოდგენილია მთელი პროცესი, სადაც ჩანს თითოეული ელექტროსადგურის პარამეტრები და მათი კრიტერიუმების საშუალო შეწონილი მნიშვნელობები.



ნახ.20. გადაწყვეტილების ხე, ასახულია ინვესტირების მთელი პროცესის საკვანძო მომენტები (Milestones)

level 3 versus level 2						
Level 2	CO2 Emissions	Geological Condition	Social Conditions	Climat Conditions	Flora/Fauna	
Weight	0.27	0.12	0.42	0.12	0.07	
Level 3						Composite Weight
Kirnati Hpp	0.04	0.03	0.02	0.04	0.05	0.032
Khelvachauri-1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.012
Khelvachauri-2	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.011
Dariali Hpp	0.02	0.01	0.01	0.09	0.09	0.027
Khobi-1	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.014
Khobi-2	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.014
Mtkvari Hpp	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.019
Paravani Hpp	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.019
Shuakhevi Hpp	0.03	0.01	0.02	0.06	0.03	0.025
Koromkheti Hpp	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.018
Khertvisi Hpp	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.014
Abuli Hpp	0.10	0.07	0.06	0.09	0.08	0.075
Darchi Hpp	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.017
Khudoni Hpp	0.41	0.59	0.53	0.35	0.28	0.467
Nenskra Hpp	0.27	0.18	0.24	0.21	0.22	0.236

ნახ. 21. ჰიდროსადგურების რეიტინგული შეფასებები

საინვესტიციო ჰიდროელექტროსადგურების რეიტინგული შეფასებების გათვალისწინებით, თითოეულ ელექტროსადგურს მინიჭებული აქვს შესაბამისი ქულა, 1-დან 100 მდე, სადაც 20 ქულის ზემოთ ელექტროსადგური ითვლება გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების ობიექტად.

ამრიგად, გამოირიცხა ხუდონის და ნენსკრას ჰიდროელექტროსადგურები, ხოლო ელექტროენერჯის სასურველი რაოდენობის მიღება შესაძლებელია უმტკივნეულოდ, კერძოდ არანებაყოფლობითი განსახლების და კერძო საკუთრების იძულებითი წესით ჩამორთმევის გარეშე;

ცხრ. 8.

	საშუალო დადილიძესი	დადგმული სიმძლავრე, მგტ	წყლის რეზერვუარის მოცულობა მლნ. გ³	დასატბორი ტერიტორია, ჰა	მინიჭებული ქულა (1-100)
1	კირნათიძესი	51.2	5	140	3,2
2	ხელვაჩაურიძესი 1	47.4	მოდინებაზე	-	1,2
3	ხელვაჩაურიძესი 2	28.9	მოდინებაზე	-	1,1
4	დარიალიძესი	108	მოდინებაზე	-	2,7
5	ხობიძესი 1	60	მოდინებაზე	-	1,4
6	ხობიძესი 2	55	მოდინებაზე	-	1,4
7	მტკვარიძესი	43	-	0,5	1,9
8	ფარავანიძესი	85	-	0,5	1,9
9	შუახევიძესი	175	0,6	17	2,5
10	კორომხეთიძესი	150	მოდინებაზე	-	1,8
11	ხერთვისიძესი	65	მოდინებაზე	-	1,4
12	აბულიძესი	22.2	7,9	100	7,5
13	დარჩიძესი	16.9	მოდინებაზე	-	1,7
14	ხულონი	702	364,5	5,2	46
15	ნენსკრა	300	200	3,7	23

სარეიტინგო შეფასებების შედეგების მიხედვით, თითოეული ელექტროსადგურის მიერ შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში ელექტროენერჯის პოტენციური გამომუშავების და გარემოზე მინიმალური უარყოფითი ზემოქმედების მიხედვით შეირჩა შემდეგი პოტენციური ჰიდროელექტროსადგურები:

ცხრ.9

	საშუალო დადილიძესი	დადგმული სიმძლავრე, მგტ
1	კირნათიძესი	51.2
2	ხელვაჩაურიძესი 1	47.4
3	ხელვაჩაურიძესი 2	28.9
4	დარიალიძესი	108
5	ხობიძესი 1	60
6	ხობიძესი 2	55
7	მტკვარიძესი	43
8	ფარავანიძესი	85
9	შუახევიძესი	175
10	კორომხეთიძესი	150
11	ხერთვისიძესი	65
12	აბულიძესი	22.2
13	დარჩიძესი	16.9
<b>ჯამი</b>		<b>908</b>

საბოლოოდ, პერსპექტიულ 2015-2020 წლების პერიოდში უნდა აშენდეს მარეგულირებელი წყალსაცავის მქონე ჰიდროსადგურები - 908 მგტ



სიმძლავრით, რომლებიც პიკურ დატვირთვაზე იმუშავენ. ასევე მიზანშეწონილია აშენდეს 20 მგვტ ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგური და ბუნებრივ აირზე მომუშავე თბოსადგური 230 მგვტ სიმძლავრით. მცირე ჰესები უნდა აშენდეს 85 მგვტ სიმძლავრით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ადგილობრივ მოთხოვნას რეგიონებში.

2013-2014 წლების მონაცემებით წლიური გამომუშავება 10 მლრდ კვტს-ს შეადგენდა და იმის გათვალისწინებით, რომ ეს მაჩვენებელი მომდევნო წლებშიც შენარჩუნდება, 2020 წლისათვის ჩვენ გვჭირდება დამატებით არანაკლებ 4 მლრდ კვტს ენერჯია, რომ გავიდეთ საპროგნოზო მაჩვენებელზე (14 მლრდ კვტს). ე.ი. 2020 წლისათვის საქართველოს ელექტროსისტემის ოპტიმალური სტრუქტურა უზრუნველყოფს ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობის, გარემოს დაცვის და სანარმოო სიმძლავრეების ტერიტორიული განაწილების გათვალისწინებით. საქართველოში გამომუშავებული ელექტროენერჯის ზრდის შესაბამისად, მოსალოდნელია მისი ექსპორტის ზრდა და საექსპორტო ბაზრების შემდგომი დივერსიფიკაცია.

### 3. დასკვნა

1. გაანალიზებულია საქართველოს ენერგეტიკის გეოპოლიტიკური ადგილი და როლი მსოფლიო ეკონომიკაში. მსოფლიო ბანკის მონაცემებზე დაყრდნობით წარმოდგენილია საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ევროპის ერთ-ერთი განვითარებული ქვეყნის, ნორვეგიის, (რომელიც მოსახლეობის რაოდენობის მხრივ შეესაბამება საქართველოს), 2002-2012 წლების შემდეგი მაჩვენებლები: ელექტროენერჯის საკუთარი საშუალებებით წარმოება და საერთო მოხმარება, ასევე ნაჩვენებია ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, ჰიდროსადგურების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ნატურალურ მაჩვენებლებში და პროცენტული რაოდენობა საერთო წარმოებაში, აგრეთვე ნახშირორჟანგის ემისიის რაოდენობა.
2. გაანალიზებულია ჰიდროენერჯის გამოყენებით მიღებული ელექტროენერჯის ხვედრითი წილი საკუთარი საშუალებებით გენერაციის საერთო მოცულობასთან საქართველოს, თურქეთის, აზერბაიჯანის და ნორვეგიისთვის 2002-2012 წლების მიხედვით.
3. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლის და მნიშვნელობის ერთ ერთი მაჩვენებელია მისი განახლებადი ენერჯის წყაროებით, განსაკუთრებით ჰიდროენერჯის გამოყენებით მიღებული ელექტროენერჯის ხვედრითი წილი საკუთარი საშუალებებით გენერაციის საერთო მოცულობასთან. ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველო მნიშვნელოვნად აჭარბებს თურქეთისა და აზერბაიჯანის ანალოგიურ მაჩვენებლებს და მხოლოდ რამდენიმე პროცენტული პუნქტით ჩამორჩება ნორვეგიას. საქართველოს გეოპოლიტიკური როლი სამხრეთ კავკასიაში გაიზრდება, თუ ის წარმატებით ჩაერთვება ემისიებით ვაჭრობის მსოფლიო სისტემაში, სადაც დაბალი ემისიის მქონე ქვეყნები მიყიდნიან თავის ქვოტებს მაღალი ემისიის მქონე ქვეყნებს, რათა მათ შეასრულონ „კიოტოს ოქმის“ შესაბამისად

დადებული ხელშეკრულების პირობები ემისიების შემცირების თაობაზე. საქართველოს ყველაზე კარგი მონაცემები გააჩნია ნახშირორთქანგის ემისიის მიხედვით თურქეთთან და აზერბაიჯანთან შედარებით. საქართველოს გეოპოლიტიკური მდებარეობა, რომელიც მოქცეულია სამხრეთ კავკასიასა და სამხრეთ-აღმოსავლეთ ევროპას შორის, ხელს შეუწყობს საქართველოში ენერგორესურსების მიწოდების უსაფრთხოების გაძლიერებას.

4. მეცნიერული კვლევის საფუძველზე დამუშავებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკის სანარმოო სიმძლვრეების განვითარების ისეთი მოდელი, რომელიც წარმოდგენილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით ოპტიმალურად გაანაწილებს კაპიტალურ, შრომით და ფინანსურ რესურსებს.
5. ალტერნატიული ელექტროსადგურის ასარჩევად, რადგან არჩევანი კეთდება ისეთი კრიტერიუმების მიხედვით, რომელთაც ზუსტი რაოდენობრივი მნიშვნელობები არ გააჩნიათ, გამოყენებულია ფაზი-ლოგიკის ელემენტები, კერძოდ, ლინგვისტური უმჯობესობის მათემატიკურ მოდელირების საფუძველზე შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი.
6. დამუშავებულია კომპიუტერულ პროგრამაში შემავალი ინფორმაცია თითოეული ჰესის წყალსაცავის მოცულობის და გარემოზე ზემოქმედების სხვა კრიტერიუმების მიხედვით. თითოეული კრიტერიუმისთვის შესაბამისი რაოდენობრივი მნიშვნელობის მინიჭების შემდეგ, პროგრამული პაკეტის ბაზაზე შესრულებული ანგარიშის მიხედვით შემსვლელი მახასიათებლების წონითი კოეფიციენტების და საერთო მახასიათებლებზე მათი გავლენის დონის შესაბამისად აგებულია გრაფიკები და დიაგრამები.
7. განსაზღვრულია ასარჩევი ჰიდროსადგურისთვის დამახასიათებელი კრიტერიუმების ლინგვისტური ტერმები.

8. თითოეული ჰიდროსადგურისთვის მარეგულირებელი წყალსაცავის მოცულობის მიხედვით გაანგარიშებულია შემდეგი სათბურის გაზების, როგორცაა ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>), მეთანის (CH<sub>4</sub>) და აზოტის ქვეჟანგის (NO<sub>2</sub>) ემისიები.
9. შერჩეულია 2015-2020 წლებში საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში განსახორციელებელი ინვესტიციების ოპტიმალური რაოდენობა.
10. ნაჩვენებია საქართველოს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის დეფიციტის შემცირების გზები.
11. დადგენილია, რომ საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ გამოცხადებულ ვადებში, შერჩეული ოპტიმალური საინვესტიციო პროექტებისაშენება და ექსპლუატაციაშიმ ეყვანა უზრუნველყოფს ქვეყანის საექსპორტო ენერგო პოტენციალის მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას და დააჩქარებს ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას.
12. ელექტრო ენერგეტიკაში სანარმოო სიმძლავრეების ოპტიმალური სტრუქტურის შერჩევის მათემატიკური მოდელი წარმატებით შეიძლება გამოყენებული იქნეს მომავალში.
13. ანალიზის შედეგად დადასტურებულია, რომ საბოლოო მიზნის მიღწევა, საქართველომ 2020 წლისთვის მოახდინოს 14 მლრდ კვტსთ ელექტროენერგიის გენერაცია, შესაძლებელია უმტკივნეულოდ, კერძოდ არანებაყოფლობითი განსახლების და კერძო საკუთრების იძულებითი წესით ჩამორთმევის გარეშე.



## გამოყენებული ლიტერატურა

1. საქართველოს კონსტიტუცია, თბილისი 1995 წ;
2. საქართველოს კანონი „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“ თბილისი 1999წ (2007 წელს შეტანილი ცვლილების გათვალისწინებით);
3. საქართველოს კანონი „ელექტროენერგეტიკის შესახებ“ თბილისი 1997წ.
4. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. „ენერგეტიკის რეგულირების საფუძვლები“ I და II წიგნი. თბილისი: 2000, 2001 წ;
5. სამსონია ნ., ჩომახიძე დ., გუდიაშვილი მ. „სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის სანარმოთა ეკონომიკა“ თბილისი: 2003;
6. გაჩეჩილაძე ზ.საქართველოს ენერგეტიკაში განხორციელებული ინვესტიციების ეფექტურობის კვლევა და მის საფუძველზე ოპტიმალური საინვესტიციო პორტფელის განსაზღვრა. თბილისი: დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის ავტორეფერატი, 2011;
7. არველაძე რ. „მცირე ჰიდროენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივები საქართველოში“ უურნალი ენერგოლაინი#1, 2009;
8. ჩომახიძე ი. „საქართველოს ელექტროენერგეტიკის სტრატეგიული პრობლემები და განვითარების პოტენციალი“. დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი: 2006 წ. (73-76გვ);
9. შეყრილაძე ი. ენერგოეფექტურობის პრობლემა საქართველოში. უურნალი „ენერჯია“ №3(11), 1999 წ;
10. ჯერვალიძე ლ. ერთწელიწადში საქართველოში შესაძლოა, ქარის პირველი ელექტროსადგური ამოქმედდეს. თბილისი: ბიზნეს პრესნიუსი, 3 მაისი, 2013;

11. ელოშვილი ი. ერთ წელიწადში საქართველოში შესაძლოა, ქარის პირველი ელექტროსადგური ამოქმედდეს. თბილისი: ბიზნეს პრესნიუსი, 3 მაისი, 2013;
12. ნემსაძე შ., ჯაში ნ. „საქართველოში მცირე სიმძლავრის მომხმარებლების ელექტრიფიკაცია მზის სინათლის ენერჯის გამოყენებით“. ჟურნალი „ენერჯოლაინი“ №1(4), 2011;
13. ლაზრივეი გ. არაბიძე მ. საქართველოს ელექტროსისტემისთვის საბაზისო დონის ემისიის კოეფიციენტის განსაზღვრა. თბილისი, 2008;
14. სოლომონია ო. დასხვ.  
ენერჯეტიკულის სისტემის განვითარების ოპტიმალური სტრუქტურის მათემატიკური მოდელი. თბილისი: ჟურნალი „ენერჯია“ №4, 1997 წ;
15. საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგია: საქართველო 2020. თბილისი: 2014;
16. ბოჭორიშვილი ლ. გუდიაშვილი მ. კაპიტალდაბანდების ეკონომიკური შეფასების მეთოდები ენერჯეტიკაში. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2011 წ. 144 გვ.
17. ბოჭორიშვილი ლ. გუდიაშვილი მ. ენერჯეტიკაში ეკონომიკური საკითხების გადანაცვების ლაბორატორიული გამოთვლების საფუძვლები. მეთოდური მითითებები. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2011 წ. 73 გვ.
18. გუდიაშვილი მ, არაბიძე მ. ენერჯეტიკული წარმოების დაგეგმვა-განვითარება. დამხმარე სახელმძღვანელო. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2009წ. 130 გვ.
19. გუდიაშვილი მ, არაბიძე მ. ენერჯეტიკული წარმოების ეკონომიკა და მენეჯმენტი. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2007წ. 75 გვ.

20. გუდიაშვილი მ. ეკონომიკა და მართვა ენერჯეტიკაში (მეთოდური მითითებები საკურსო სამუშაოების შესასრულებლად). თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2005წ. 24 გვ.
21. გუდიაშვილიმ. ბიზნეს-გეგმა და მისი ფინანსური ასპექტები. 75 გვ. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2005წ.
22. გუდიაშვილიმ, არაბიძეგ, ჯიშკარიანი თ. ენერგომენეჯმენტის პრინციპები (სახელმძღვანელო). 155 გვ. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2011 წ.
23. შესავალი ენერგომენეჯმენტში. ავტორთა ჯგუფი. 184 გვ. თბილისი: 2011წ. გამოცემულია USAID-ის დაფინანსებით.
24. მოისწრაფიშვილი მ, გუდიაშვილი მ., არჩვაძე თ. სტატისტიკური აღრიცხვა. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2012 წ. 132 გვ.
25. ბოჭორიშვილი ლ. გუდიაშვილი მ. მენარმეობა და მისი პრობლემების გადანყვეტა. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2013 წ. 189 გვ.
26. საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგია: საქართველო 2020 (პროექტი). საქართველოს მთავრობა, ნოემბერი, 2013.
27. მირცხულავა დ. და სხვ. საქართველოს ენერჯეტიკული სტრატეგია. თბილისი 2004 წ.
28. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერჯეტიკული ბალანსი. თბილისი 2007 წ.
29. ჩომახიძე დ. საქართველოს ენერჯეტიკული უსაფრთხოება. 2003 წ
30. თ.ჯიშკარიანი და სხვ. ნარჩენი ბიომასის ენერჯეტიკული პოტენციალი საქართველოში (კადასტრი), თბილისი, 2013. -185გვ.
31. ასლანოვა ვ., მანჯაფარაშვილი თ., ოვანესიანი მ. „ფაზი-მიდგომების გამოყენება საწარმოს საფინანსო-ეკონომიკური მდგომარეობის ავტომატური შეფასებისა და პროგნოზირებისათვის“. საქართველოს ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალი, 2011. №3(32).



32. Joseph F. Guston Disaster and Recovery Planning: (A Guide for Facility Managers). 5<sup>th</sup> edition. Published by Fairmont Press, Inc. 2010 -436 p.
33. А.Леоненков., „Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH’’. Санкт-Петербург, „БХВ-Петербург’’, 2005, -185 стр.
34. M.Gudiashvili. Energy Economics. Tbilisi: Technical University, 2012. -154 p.
35. S.N.Deepa, S.N.Sivanandam, S.Sumathi., „Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB’’. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007, - 441 p.
36. D.Ruan, J.Касprzyk and M.Fedrizzi. Soft Computing for Risk Evaluation and Management. Applications in Technology, Environment and Finance, Physica-Verlag, Heidelberg, 2001.
37. T.Manjaparashvili, I.Gedevanishvili, G.Verulashvili, Z.Esartia. About one of the method of bankruptcy risk analyze, Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications №1(15), 2008.
38. L.A. Zadeh. The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems. Memorandum No. UCB/ERL M83/41, University of California, Berkeley, 1983.
39. L.A.Zadeh. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. Part I: Inf. Sci. 8, 199-249; Part II: Inf. Sci. 8, 301-357; Part III: Inf. Sci. 9, 43-80. 1975.
40. Fuzzy control programming. Technical report, International Electrotechnical Commission, 1997.
41. J. Mendel. Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial. Proceedings of the IEEE, №83(3) 1995.
42. Barney L. Capehart., Wayne C. Turner., William J. Kennedy. Guide to Energy Management. The Fairmont press, Inc. Sixth Edition, 2008.
43. Steve Doty., Wayne C. Turner., Energy Management (handbook), The Fairmont press, Inc. seventh edition 2009.
44. Michael Hikari Cecire. Turkey-Georgia-Azerbaijan: Trilateralism and the Future of Black Sea Regional Geopolitics. The issue of the CACI Analyst, 2013;
45. <http://www.minenergy.gov.ge>;
46. [www.data.worldbank.org/indicator/](http://www.data.worldbank.org/indicator/);

47. [www.minenergy.gov.ge](http://www.minenergy.gov.ge);
48. <http://www.resonancedaily.com>;
49. <http://www.wolfram.com/products/applicat>;
50. Nezhad H.G. Software Structure (Computer Program) CD-ROM. 2004;
51. Nezhad H.G. Decide 2000 (Computer Program) CD-ROM. 2004;
52. <http://www.interpressnews.ge>.

დანართი

საქართველო

ცხრ.10

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	7,424	6,937	7,257	7,160	6,924	7,267	7,287
მოხმარება, მლნ კვტსთ	6,420	6,357	6,578	6,915	7,126	7,479	6,865
მოსახლეობა, კაცი	4418300	4,386,400	4,357,000	4,328,900	4,318,300	4,361,400	4,398,000
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	1,680	1,581	1,666	1,654	1,603	1,666	1,657
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	1,453	1,449	1,510	1,597	1,650	1,715	1,561
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	5,860	5,542	6,767	6,526	6,049	6,236	5,315
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	4,536	3,770	3,388	3,773	4,323	5,068	6,150
ჰესისწილისაერთო წარმოებაში, %	79	80	93	91	87	86	73

თურქეთი

ცხრ.11

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	124,922	122,725	129,400	140,581	150,698	161,956	176,299
მოხმარება, მლნ კვტსთ	104,520	103,542	108,621	117,099	126,774	136,750	149,826
მოსახლეობა, კაცი	63,174,483	64,100,297	65,022,300	65,938,265	66,845,635	67,743,052	68,626,337
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	1,977	1,915	1,990	2,132	2,254	2,391	2,569
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	1,654	1,615	1,671	1,776	1,897	2,019	2,183
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	30,879	24,010	33,683	35,330	46,084	39,561	44,244,
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	216,148	194,538	205,678	218,509	225,407	237,369	261,571
ჰესისწილისაერთო წარმოებაში, %	25	20	26	25	31	24	25

აზერბაიჯანი

ცხრ.12

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	18,699	18,970	18,701	21,286	21,744	22,872	24,543
მოხმარება, მლნ კვტსთ	16,423	17,086	16,317	18,407	18,955	20,043	21,6550
მოსახლეობა, კაცი	8,048,600	8,111,200	8,171,950	8,234,100	8,306,500	8,391,850	8,484,550
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	2,323	2,339	2,288	2,585	2,618	2,726	2,893
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	2,040	2,106	1,997	2,235	2,282	2,388	2,552
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	1,534	1,301	2,020	2,469	2,755	3,009	2,518
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	29,508	28,771	29,615	30,616	32,090	34,338	39,167
ჰესისწილისაერთო წარმოებაში, %	8	7	11	12	13	13	10

ნორვეგია

ცხრ.13

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	142,511	121,327	130,240	106,669	110,107	137,245	142,511
მოხმარება, მლნ კვტსთ	112,246	115,510	111,731	105,911	111,189	115,967	112,322
მოსახლეობა, კაცი	4,490,967	4,513,751	4,538,159	4,564,855	4,591,910	4,623,291	4,490,967
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	31,733	26,879	28,699	23,367	23,978	29,686	31,733
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	24,994	25,591	24,620	23,201	24,214	25,083	24,100
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	141,818	120,463	129,372	105,480	108,781	135,688	141,818
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	38,808	41,092	37,429	42,625	42,666	42,438	38,808
ჰესისწილისაერთო წარმოებაში, %	100	99	99	99	99	99	100

საქართველო

ცხრ.14

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	8,332	8,453	8,558	10,124	10,194	9,698
მოხმარება, მლნ კვტსთ	7,064	7,241	6,992	7,761	8,599	9,907
მოსახლეობა, კაცი	4,388,400	4,383,800	4,410,900	4,452,800	4,483,400	4,490,700
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	1,899	1,928	1,940	2,274	2,274	2,159
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	1,610	1,652	1,585	1,743	1,918	2,206
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	6,818	7,162	7,412	9,367	7,890	7,890
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	6,190	6,238	6,058	6,241	6,241	6,241
ჰესისწილისაერთო წარმოებაში, %	82	85	87	93	77	81

თურქეთი

ცხრ.15

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	191,558	198,418	194,812	211,208	229,393	239,497
მოხმარება, მლნ კვტსთ	163,353	170,604	165,087	180,212	197,935	200,478
მოსახლეობა, კაცი	69,496,513	70,363,511	71,241,080	72,137,546	73,058,638	73,997,128
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	2,756	2,820	2,735	2,928	3,140	3,237
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	2,351	2,425	2,317	2,498	2,709	2,709
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	35,851	33,270	35,958	51,796	52,338	57,865
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	284,658	285,274	277,845	298,002	298,002	298,002
ჰესისწილისაერთო წარმოებაში, %	19	17	18	25	23	24

აზერბაიჯანი

ცხრ.16

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	21,847	21,643	18,868	18,710	20,294	20,294
მოხმარება, მლნ კვტსთ	18,177	17,884	14,498	14,518	15,644	15,853
მოსახლეობა, კაცი	8,581,300	8,763,400	8,947,243	9,054,332	9,173,082	9,295,784
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	2,546	2,470	2,109	2,066	2,212	2,183
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	2,118	2,041	1,620	1,603	1,705	1,705
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	2,364	2,232	2,308	3,446	2,676	2,676
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	41,426	45,702	42,629	45,731	45,731	45,731
ჰესის წილი საერთო წარმოებაში, %	11	10	12	18	13	13

ნორვეგია

ცხრ.17

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
წარმოება საკუთარი საშუალებებით, მლნ კვტსთ	121,222	136,112	141,197	130,979	123,238	126,886
მოხმარება, მლნ კვტსთ	117,046	118,567	115,212	121,698	114,781	116,299
მოსახლეობა, კაცი	4,660,677	4,709,153	4,768,212	4,828,726	4,889,252	4,953,088
წარმოების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	26,010	28,904	29,612	27,125	25,206	25,618
მოხმარების კუთრი წილი ერთ სულ მოსახლეზე, კვტსთ/კაცი	24,100	24,855	24,866	23,860	24,891	23,174
წარმოება ჰესებით, მლნ კვტსთ	119,369	133,656	139,044	125,283	116,750	120,818
CO2 ემისიები, ათასი ტონა	44,257	45,089	50,326	47,077	57,187	57,187
ჰესის წილი საერთო წარმოებაში, %	98	98	98	96	95	95