



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

გიორგი ლუდუმიძე

საქართველოში მზის, ქარისა და ჩამონადენზე მომუშავე
ჰიდროელექტროსადგურებში, ელექტროენერჯის დამაგროვებლების
გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვის პერსპექტივა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „ენერჯეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2024 წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი: ენერგეტიკის

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გიორგი ლუდუმიძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საქართველოში მზის, ქარისა და ჩამონადენზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში, ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვის პერსპექტივა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2024 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები: პროფესორი დ. ჯაფარიძე

რეცენზენტი: _____

რეცენზენტი: _____

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2024 წ.

ავტორი: გიორგი ლუდუმიძე

დასახელება: „საქართველოში მზის, ქარისა და ჩამონადენზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში, ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვის პერსპექტივა“

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: ენერგეტიკის და ელექტროინჟინერიის დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: _____

ინდივიდუალური პროცნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი 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 დაცულ 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.

რეზიუმე

სადისერტაციო ნაშრომი ეძღვნება ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებას. დასმული პრობემის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის აქტუალობიდან გამომდინარე, სიღრმისეულად არის შესწავლილი ენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების პრაქტიკა. გაანალიზებულია ენერგეტიკის ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები. მეცნიერული კვლევების შედეგების მიხედვით დადგენილია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვაში, იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლები საერთოდ არ არის განხორციელებული. მსოფლიო პრაქტიკის გამოცდინების ღრმად შესწავლის შედეგების მიხედვითა და ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული კომპლექსური სპეციფიკის გათვალისწინებით შემუშავებულია დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი და მისი ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმი. გამოკვლეულია მზის, ქარისა და ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში წარმოებული ელექტროენერჯის ელექტროსისტემასთან თავსებადობა და ამ პროცესის თანმდევი პრობლემები. ჩატარებული კვლევებით ნაჩვენებია, რომ საქართველოს მზისა და ქარის ენერგეტიკის პოტენციალის სრულად ათვისება მთელ რიგ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. პირველ რიგში ამ პროცესის თანმდევია ამინდსა და დროზე დამოკიდებულებით, ელექტროენერჯის სიხშირის ცვალებადობა და მისი გავლენა ელექტროსისტემის მდგრადობაში, რაც სერიოზულად ამცირებს მზისა და ქარის ენერგეტიკის განვითარების ეფექტიანობას. აღნიშნულს ემატება ისიც, რომ საგრძნობლად იზრდება მოხმარება. ამ სირთულეების გადასაჭრელად, მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების განვითარების ეფექტიანობის ამაღლების ერთ-ერთ განმსაზღვრელ ფაქტორად მიჩნეულია ამ დარგში ელექტროენერჯის თანამედროვე დამაგროვებელი სისტემების საყოველთაო დანერგვა. მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის დასაბუთების მიზნით, ფორმირებულია ენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის ოპტიმალური მოდელების ერთიანი მეთოდიკა. აღნიშნული მეთოდიკა აპრობირებულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში. ამ ტიპის სადგურებში პოტენციალის სრულად ათვისების პირობებში დამაგროვებლების საყოველთაო დანერგვის ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასების შედეგად, დადგენილია, რომ საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დამაგროვებლების დანერგვა ეფექტიანია და დასაბუთებულია დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის პერსპექტივები. კვლევის შედეგების ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ დასმული ამოცანის შეთავაზებული მეთოდიკით შესწავლა-გადაწყვეტა უზრუნველყოფს ქვეტანაში ელექტროენერჯის მოთხოვნა-მიწოდების დაბალანსებას, განახლებადი წყაროების ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურების მშენებლობის განვითარებას, სიხშირის დაბალანსებას, მომხმარებლებისათვის მეტი კომფორტის

შექმნას, ამაღლებს ელექტრო მდგრადობას, შექმნის ელექტროენერჯის რეზერვის წყაროს.

სადისერტაციო ნასრომი შედგება IV თავისგან.

I თავში, გაანალიზებულია ელექტროენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების მსოფლიო პრაქტიკა. ნაჩვენებია ამ მიმართულების საქართველოს ენერჯეტიკაში არსებული პრობლემები. ამ ამოცანის გადაწყვეტის მსოფლიო საუკეთესო გამოცდილების გათვალისწინებით დასაბუთებულია საქართველოში მზის, ქარისა და წლის ჩამოდნებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის აუცილებლობა.

II თავში, მოცემულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდნებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი, შემუშავებულია თითოეული ტიპის ელექტროსადგურისთვის ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის ალგორითმი.

III თავში, სიღმისეული კვლევის საფუძველზე ჩამოყალიბებულია საქართველოს მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდნებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მეთოდოლოგია. ამ მიმართულებით მსოფლიო გამოცდილებიდან გამომდინარე შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე შერჩეულია საუკეთესო მაჩვენებლების მქონე ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტიპი.

IV თავში, მოცემულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდნებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დანერგვის აპრობაცია. რისთვისაც მოძიებულია ანგარიშის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია, ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმისა და კომპიუტერული პროგრამა ექსელის მეშვეობით შეფასებულია თითოეული ტიპის ელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა. განსაზღვრულია საქართველოს ელერჯეტიკის განვითარების გეგმის გათვალისწინებული ასაშენებელი ელექტროსადგურების ენერჯეტიკული პოტენციალი და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების გათვალისწინებით კოპლექსურად არის შეჯამებული საერთო ეფექტიანობა.

დისერტაციის თემატიკის კვლევის შედეგების მიხედვით ჩამოყალიბებულია დასკვნები და რეკომენდაციები, რომელთა პრაქტიკაში რეალიზება დიდ სარგებელს მოუტანს საქართველოს ელექტროენერჯეტიკასა და ქვეყნის ეკონომიკას.

Abstract

The dissertation is devoted to the evaluation of the effectiveness of the introduction of electricity storage stations. Due to the relevance of solving the problem at the level of modern requirements, the practice of using electricity accumulators in energy has been studied in depth. Energy efficiency assessment methods are analyzed. According to the results of scientific studies, it is established that electricity accumulators should be introduced, considering that electricity accumulators have not been implemented in Georgia's electric power industry at all. Based on the results of the in-depth study of the experience of the world practice and taking into account the complex specifics of the country's electric power, the optimal econometric model for the evaluation of the effectiveness of the introduction of accumulators and the algorithm of its effectiveness report have been developed. The compatibility of electricity produced in solar, wind and run-off power plants with the electrical system and the problems associated with this process are investigated. The conducted studies show that fully utilizing the potential of solar and wind energy of Georgia is connected with a number of difficulties. First of all, this process is accompanied by changes in the frequency of electricity depending on the weather and time and its impact on the stability of the electrical system, which seriously reduces the efficiency of the development of solar and wind energy. In addition to this, the consumption is increasing significantly. In order to solve these difficulties, one of the determining factors for increasing the efficiency of the development of solar, wind and hydroelectric power plants is considered to be the widespread introduction of modern electricity collection systems in this field. In order to substantiate the implementation of electricity storage systems in solar, wind and water-based power plants, a unified methodology of optimal models of the efficiency of the implementation of electricity storage systems in the energy sector has been formed. This method has been tested in solar, wind and hydroelectric power plants. As a result of the evaluation of the technical-economic effectiveness of the universal implementation of accumulators in the conditions of full utilization of the potential in this type of stations, it is determined that the introduction of accumulators in solar, wind and water runoff power stations in Georgia is effective and the prospects of introduction of accumulator systems are substantiated.

Based on the analysis of the results of the research, it is substantiated that the study-solution of the given task with the proposed methodology ensures the balancing of electricity supply and demand in Kvetana, the development of the construction of power plants powered by renewable sources, frequency balancing, creating more comfort for consumers, increasing electrical stability, and creating a source of electricity reserve.

Dissertation thesis consists of chapter IV.

In chapter I, the world practice of using electric energy storage systems in electric power generation is analyzed. The problems in the energy sector of Georgia in this direction are shown. Taking into account the world's best experience of solving this task, the need to introduce electricity storage systems in solar, wind and solar power plants in Georgia is substantiated.

In Chapter II, the optimal econometric model for the evaluation of the effectiveness of the introduction of electricity collection systems in solar, wind and hydroelectric power

plants is given, and the algorithm of the efficiency evaluation report for each type of power plant is developed.

In Chapter III, based on the research in Sigismund, the methodology of electricity collection systems in Georgian solar, wind and hydroelectric power plants is established. Based on the comparative technical-economic analysis based on the world experience in this direction, the type of electricity collectors with the best indicators has been selected.

In Chapter IV, the approbation of the introduction of electricity storage systems in solar, wind and hydropower plants is given. For which the necessary initial information for the report is sought, the effectiveness of the introduction of electricity collection systems in each type of power plant is evaluated through the algorithm of the efficiency report and the computer program Excel. The energy potential of the power plants to be built, provided for in the development plan of the Georgian energy system, is determined, and the overall efficiency is summarized comprehensively, taking into account the technical and economic indicators.

According to the results of the research on the topic of the dissertation, conclusions and recommendations have been formulated, the implementation of which in practice will bring great benefits to the electric power industry of Georgia and the country's economy.

შინაარსი

შესავალი.....	83-13
თავი 1. ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილების ანალიზი და ამოცანის დასმა	16
თავი 2. ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეკონომეტრიკული მოდელი.....	35
თავი 3. საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დასანერგად ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტიპების შერჩევა.....	41
თავი 4. მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებთან დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასება	46
4.1. საქართველოში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მზის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება.....	46
4.2. საქართველოში ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება.....	63
4.3. საქართველოს წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა.....	79
4.4 საქართველოს მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა.	95
დასკვნები და რეკომენდაციები.....	100
გამოყენებული ლიტერატურა.....	103

ცხრილების ნუსხა

83.

ცხრილი 3.1. ქიმიური ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტექნიკური მაჩვენებლები.....	44
ცხრილი 3.2. ქიმიური ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ეკონომიკური მაჩვენებლები.....	44
ცხრილი 4.1 საქართველოში მზის სადგურების მიერ ელექტროენერჯის წარმოების პოტენციალი და განლაგების გეოგრაფია.....	48
ცხრილი 4.2. 1 კვტ მზის სადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის თვითღრებულება.....	48
ცხრილი 4.3. მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნებში მზის ელექტროსადგურების ღირებულება წლების მიხედვით.....	49
ცხრილი 4.4. 1 კვტ მზის ელექტროსადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღრებულება...50	50
ცხრილი 4.5. საქართველოში მზის სადგურების საპროგნოზო პერიოდი და საპროგნოზო სამშენებლო ღირებულება.....	51
ცხრილი 4.6. საქართველოს მზის პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება მზის სადგურის მშენებლობასთან ერთად.....	51
ცხრილი 4.7. მზის ელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია.....	53
ცხრილი 4.8. წდმ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მზის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა.....	60
ცხრილი 4.9. საქართველოში ქარის ელექტროსადგურის მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავების პოტენციალი.....	64
ცხრილი 4.10. წლების მიხედვით 1 კვტ ქარის სადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება.....	66

ცხრილი 4.11. 1 კვტ-იანი ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება.....	67
ცხრილი 4.12. ქარის სადგურების საპროგნოზო პერიოდი და საპროგნოზო სამშენებლო ღირებულება.....	68
ცხრილი 4.13. საქართველოს ქარის პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება ქარის სადგურის მშენებლობასთან ერთად.....	69
ცხრილი 4.14. ქარის ელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია.....	70
ცხრილი 4.15. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, ქარის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა.....	77
ცხრილი 4.16. წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდრო ელექტროსადგურები, ექსპლუატაციაში შესვლა დაგეგმილია 2024-2027 წლებში.....	81
ცხრილი 4.17. წყლის ხარჯის ანალიზის გათვალისწინებით %-ული სხვაობა გამომუშავებულ ელექტროენერჯიასა და პროგნოზით გათვალისწინებულ ელექტროენერჯიას შორის.....	82
ცხრილი 4.18. წლების მიხედვით 1 კვტ ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება.....	83
ცხრილი 4.19. 1 კვტ-იანი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება ცხრილი.....	84
ცხრილი 4.20. მოდინებაზე მომუშავე 20 ჰიდროელექტროსადგურის საპროგნოზო პერიოდი და საპროგნოზო სამშენებლო ღირებულება.....	85
ცხრილი 4.21. საქართველოს ჰიდრო პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობასთან ერთად.....	86

ცხრილი 4.22. მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია.....	88
ცხრილი 4.23. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა.....	94
ცხრილი 4.24. დამაგროვებელი ელექტროსადგურების დანერგვით გაზრდილი გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილი.....	95
ცხრილი 4.25. საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების ეფექტიანობის შეფასება და წდშ-ები წლების მიხედვით.....	98

ნახაზების ნუსხა

83.

ნახ. 1.1. ელექტროენერჯის ელექტროენერჯის დამაგროვებელი ბატარიების სადგური (კონტეინერი), გარდამქნელი (ინვენტორი) და ტრანსფორმატორი.....	22
ნახ. 1.2. მზის სადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია წლების მიხედვით.....	27
ნახ. 3.1. დამაგროვებელი ტიპების მიხედვით დანერგილი სისტემების სრულქურა.....	45
ნახ. 4.1. 1 კვტ მზის სადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღრებულება.....	50
ნახ. 4.2. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მზის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა.....	62
ნახ.4.3. საქართველოს ელექტროსისტემის 10 წლიანი განვითარების გეგმის მიხედვით საქართველოს ქარის ელექტროსადგურების მაქსიმალური დასაშვები დასაინსტალირებელი სიდიდეები.....	65
ნახ.4.4. 1 კვტ-იანი ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღრებულება.....	67
ნახ.4.5. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, ქარის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა.....	78
ნახ. 4.6. 5 ჰესის ცვალებადობის დინამიკა ცვალებადობის დინამიკა.....	82
ნახ. 4.7. 1 კვტ-იანი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღრებულება.....	85
ნახ.4.8. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა.....	93
ნახ.4.9. სადისერტაციო ნაშრომში მითითებული გენერაციის ობიექტების ჯამური გამომუშავებული საპროგნოზო ელექტროენერჯია დამაგროვებლის დანერგვითა და დამაგროვებლის დანერგვის გარეშე.....	97

შესავალი

უკანასკნელ პერიოდში მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში დიდი ტემპით იზრდება მოთხოვნა ელექტროენერჯის წარმოებაში განახლებადი წყაროების გამოყენებაზე. ამ მიმართულებით განსაკუთრებით აქტუალურია ელექტროენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ფართოდ დანერგვა. ამ მხრივ დიდი მიღწევები აქვთ განვითარებად ქვეყნებს, როგორებიცაა: აშშ, ჩინეთი, გერმანია, იაპონია, ავსტრალიასა და ნორვეგიაში.

საქართველოში, რომელიც ხასიათდება განახლებადი ენერჯის წყაროების დიდი მოცულობების არსებობით, ელექტროენერჯის წარმოების ზრდა ამ წყაროების გამოყენებით დაბალი ტემპით ვითარდება. ამ მხრივ აღსაღნიშნავია, რომ ელექტროენერჯის წარმოების, ისეთი ეფექტიანი ალტერნატიული წყაროებით, როგორც მზე და ქარია პრაქტიკულად არ არის განვითარებული, რაც ქმნის იმის წინა პირობას, რომ საქართველოსთვის ამ პრობლემის გადაწყვეტა პირველი რიგის ამოცანა უნდა გახდეს, რისთვისაც საქართველოში მაღალი ტემპით უნდა განვითარდეს ჰიდრორესურსების გამოყენებით ელექტროენერჯის წარმოება, მზისა და ქარის ენერჯით ელექტროსადგურების მშენებლობა. წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე, მზისა და ქარის ელექტროსადგურებში იმის გათვალისწინებით, რომ ელექტროენერჯის წარმოება ხასიათდება არასტაბილურობით, მათ მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის სრულად ათვისებისთვის აუცილებელია, რომ ამ სფეროში დაინერგოს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები.

დასმული პრობლემის გადაწყვეტაში მნიშვნელოვან ახალ მიდგომას წარმოადგენს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ამ სფეროში დანერგვა. დამაგროვებელი სისტემების დანერგვით მაღლდება არა მხოლოდ ეფექტიანობა, არამედ საშუალება იქმნება ელექტრულ სისტემებში ძაბვისა და სიხშირის რეგულირება, დატვირთვებისა და მოთხოვნის მომენტალურად დაბალანსება. დღესდღეობით ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მთავარი წინაპირობაა, რომ მსოფლიომ შეძლოს მის წინაშე მდგარი ელექტროსისტემის მდგრადობის შენარჩუნებისთვის წარმოქმნილი პრობლემის

გადასაჭრელად. საქართველოში, სადაც ელექტროენერჯის წარმოება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ამინდის ცვალებადობაზე, სეზონურობასა და საბაზისო ელექტროენერჯის წარმოების დაბალი წილის პირობებში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს განახლებად ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში და მთლიანად ელექტროსისტემაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა. ამ მიმართულებით წინა პლანზე იწევს მზისა და ქარის ენერჯეტიკის განვითარება, ამ დარგში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების საყოველთაოდ დანერგვის უზრუნველყოფა.

ამჟამად მსოფლიოს მეცნიერთა ძალისხმევა მიმართულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების სრულყოფილი მეთოდის შემუშავებაზე. ელექტროენერჯის შემნახველი სისტემა არის ელექტროსადგურის ის ტიპი, რომელიც ელექტროენერჯის შესანახად იყენებს ბატარეების ჯგუფს. ბატარეის (აკუმულატორის) მეხსიერება ქსელში ელექტროენერჯის ყველაზე სწრაფი რეაგირების წყაროა და გამოიყენება ქსელის მუშაობის სტაბილურობისთვის. მისი სრული ნომინალური სიმძავრე ძირითადად შექმნილია ერთიდან რამდენიმე საათამდე. დამაგროვებელი სისტემები გამოიყენება მოკლევადიანი პიკური მოხმარების დასაბალანსებლად და დამხმარე მომსახურებისთვის, ოპერატიული რეზერვის, სიხშირის კონტროლის უზრუნველსაყოფად და ელექტროენერჯის მიწოდების წყვეტების შესამცირებლად. მსოფლიო გამოცდილების მეცნიერული ანალიზის საფუძველზე ელექტროენერჯის თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შექმნილი ელექტორდამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის. პერსპექტივაში გათვალისწინებულია მზისა და ქარის სადგურების მშენებლობა. საზოგადოების მხრივ დიდი წინააღმდეგობის გამო ვერ ხერხდება მაღალი ტემპით წყლის რესურსების ათვისება და მსხვილი მარეგულირებელი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა. ამის გათვალისწინებით წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰესების, მზისა და ქარის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვით შესაძლებელი ხდება ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი მოცულობის შენახვა და მისი საშუალებით ოპერატიული რეზერვის შექმნა.

ამ პრობლემის გადასაჭრელად შემოღებული უნდა იყოს ეფექტიანობის შესაფასებლად ისეთი კრიტერიუმი, რომელიც გათვალისწინებული იქნება მასზე მოქმედ ყველა ფაქტორი და უზრუნველყოფილი იქნება ისეთი ელექტროენერჯის დამაგროვებელის ტიპის შერჩევა, რომელიც ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები სრულად დააკმაყოფილებს გამოყენების ეფექტიანობას. ობიექტურად შეფასდეს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვისასთვის გაწეული ხარჯები და მისგან მიღებული ეფექტი. ამ მიზნით მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნებისა და მეცნიერული ანალიზის საფუძველზე შერჩეული უნდა იყოს საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ტიპები.

სწორედ ამიტომ, სადისერტაციო ნაშრომი ეძღვნება ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემების გადაწყვეტას საქართველოში. ამ შრომაში ყველა პრობლემა შეფასებულია ობიექტურად და მეცნიერული კვლევის საფუძველზე ნაჩვენებია მათი გადაწყვეტის გზები.

თავი 1.

ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილების ანალიზი და ამოცანის დასმა

სადისერტაციო ნაშრომში, დასმული ამოცანის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის აქტუალურობიდან გამომდინარე, მსოფლიოს თითქმის ყველა წამყვან ქვეყანაში განსაკუთრებულად ვითარდება დამაგროვებელი ელექტროენერჯის სისტემების დანერგვას გენერაციის ობიექტებში. ამიტომ, ბოლო წლებში დიდი ყურადღება ექცევა განახლებადი ენერჯის წყაროს გენერაციის ობიექტებში დამაგროვებელი სადგურების მშენებლობას. ამ პრობლემის გადასაჭრელად მსოფლიოში ენერგეტიკის დარგის მეცნიერების მიერ დიდი მოცულობით სამეცნიერო კვლევებია ჩატარებული, თუმცა ამ კვლევებში სიღრმისეულად არ არის შესწავლილი ქვეყნების გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე და ელექტროენერჯის სეზონური თავისებულებების გათვალისწინებით დამაგროვებლების სისტემების განვითარებამ მნიშვნელოვანი ზრდა და ინოვაცია განიცადა ბოლო წლებში, რაც განპირობებულია რამდენიმე ფაქტორით, მათ შორის განახლებადი ენერჯის წყაროების ინტეგრაციის, ქსელის სტაბილურობის გაძლიერებისა და ენერჯის მართვის ოპტიმიზაციის საჭიროებით. ის მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქვეყანაში ელექტროენერჯის რეზერვის შექმნაში, სისტემისთვის მის მიწოდებასა და ქსელში სიხშირის დაბალანსებაში. დამაგროვებელი სისტემა არის ახალი ტექნოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის სტაბილურ მიწოდებას, ამცირებს ელექტროენერჯის იმპორტს პიკური დატვირთვების დროს, ქსელში შეუძლია სიხშირის დაბალანსება, ასევე ავსებს განახლებადი ენერჯის (ქარისა და მზის) ნაკლოვანებებს. მას გააჩნია საკმადო ბევრი დადებითი თვისებები, რომლის შესახებ მიძღვნილია მრავალი ნაშრომი [6,7,8,9,10,16,17,18] და ჩამოყალიბებულია ელექტროენერგეტიკაში მათი გამოყენების მხარეები:

1. ტექნოლოგიური მიღწევები: ენერჯის შენახვის ტექნოლოგიების მიღწევებმა მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა შესანახი ელექტროსადგურების

განვითარებაში. ბატარეის შენახვის სისტემები, როგორცაა ლითიუმ-იონური ბატარეები, სულ უფრო ეკონომიური და მასშტაბური ხდება, რაც მათ განსაკუთრებით აქტუალურს ხდის ელექტროენერჯის შენახვით და სადგურების პროექტებისთვის.

2. განახლებადი ენერჯის ინტეგრაცია: დამაგროვებელი ელექტროსადგურის განვითარების ერთ-ერთი მთავარი მამოძრავებელი ძალაა განახლებადი ენერჯის წყაროების, როგორცაა ქარი და მზის, ინტეგრაცია ქსელში. ენერჯის დამაგროვებელ სადგურებს შეუძლიათ შეინახონ ჭარბი ენერჯია, რომელიც წარმოიქმნება მაღალი განახლებადი ენერჯის წარმოების პერიოდში და გამოითხოვოს იგი, როდესაც მოთხოვნა მაღალია ან როდესაც განახლებადი წყაროები დაბალია, რაც ხელს უწყობს მიწოდებისა და მოთხოვნის რყევების აღმოფხვრას.
3. ქსელის სტაბილურობა და მდგრადობა: დამაგროვებელი ელექტროსადგურები გადამწყვეტ როლს ასრულებენ ქსელის სტაბილურობისა და მდგრადობის გაძლიერებაში. ისინი უზრუნველყოფენ დამხმარე სერვისებს, როგორცაა სიხშირის რეგულირება, ძაბვის მხარდაჭერა და ქსელის დაბალანსება, რაც აუცილებელია ელექტროენერჯის საიმედო და სტაბილური მიწოდების შესანარჩუნებლად, განსაკუთრებით იმ სისტემებში, რომლებსაც აქვთ ცვლადი განახლებადი ენერჯის წყაროების მაღალი შეღწევადობა.
4. მოთხოვნაზე რეაგირება და პიკური დატვირთების დაბალანსება: ენერჯის დამაგროვებელი სადგურები საშუალებას იძლევა მოთხოვნაზე რეაგირების მყისიერ მხარდაჭერას, რაც საშუალებას აძლევს გამანაწილებელ კომპანიებს გადაიტანონ ელექტროენერჯის მოხმარება პიკიდან არაპიკის პერიოდზე. დამაგროვებელი სადგურების ელექტროენერჯით შევსება დაბალი მოთხოვნის პერიოდში და ქსელისთვის მიწოდებით პიკის საათებში, მათ შეუძლიათ შეამსუბუქონ დატვირთვა ქსელზე და შეამცირონ ძვირადღირებული ელექტროსადგურების საჭიროება.
5. მიკროქსელები და გადანაწილებული ენერგორესურსები: დამაგროვებელი ელექტროსადგურები სულ უფრო მეტად განლაგებულია მიკროქსელში. ეს სისტემები უზრუნველყოფენ ენერჯის შენახვის ლოკალიზებულ

გადაწყვეტილებებს, რომლებიც აუმჯობესებენ ენერჯის საიმედოობას, ამცირებენ დამოკიდებულებას ცენტრალიზებულ წარმოებაზე და მხარს უჭერენ განაწილებული განახლებადი ენერჯის რესურსების ინტეგრაციას.

6. პოლიტიკის მხარდაჭერა და წახალისება: მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში მთავრობის პოლიტიკამ, წახალისებებმა და რეგულაციებმა მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა შესდამაგროვებელი სადგურების განვითარებაში. მხარდამჭერმა პოლიტიკამ, როგორცაა განახლებადი ენერჯის წტარების მაქსიმალური ათვისება და მათ მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ქსელში ინტეგრაცია, საგადასახადო შეღავათები და სიმძლავრის ბაზრის მექანიზმები, წახალისა ინვესტიციები დამაგროვებელი სადგურების განვითარებისთვის.
7. მთლიანობაში, დამაგროვებელი ელექტროსადგურების განვითარება წარმოადგენს უფრო მდგრად, საიმედო და ელასტიურ ენერჯეტიკულ სისტემაზე გადასვლის კრიტიკულ კომპონენტს. ტექნოლოგიის უწყვეტი წინსვლა, მხარდამჭერ პოლიტიკასთან და ბაზრის დინამიკასთან ერთად, მოსალოდნელია, რომ კიდევ უფრო დააჩქაროს დამაგროვებლების ინფრასტრუქტურის განთავსება მთელ მსოფლიოში.

შრომათა [4,5] ავტორები გვთავაზობენ ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მუშაობის ეფექტიანოს შეფასების კრიტერიუმებსა და მეთოდებს. კერძოდ, ფინანსური კრიტერიუმების გარდა, შემოთავაზებულია, ეფექტიანობაზე მოქმედი ფაქტორების ფართო სპექტრი: სისტემაში სიხშირის რეგულირება, სისტემაში ყველაზე სწრაფად შესვლა, დატვირთვების დაბალანსება, სარეზერვო სიმძლავრის შექმნა, ელექტროენერჯის განახლებადი წყაროების მხარდაჭერა და მათი ქსელში ინტეგრირება, დატვირთვების მართვა, მდგრადი ენერჯეტიკული და ეკონომიკური ზრდა. აღნიშნული კომპლექსური მეთოდი საშუალებას იძლევა, გათვალისწინებულ იქნას შიდა და გარე ფაქტორების ფართო სპექტრი. ამ სამეცნიერო შრომებში ნაწილობრივ სწორად არის შეფასებული ეფექტიანობის შეფასებისადმი მიდგომები, თუმცა არ არის შემუშავებული და მცნიერულად დასაბუთებული კრიტერიუმები.

შრომებათა [12,13,14] ავტორების მიერ ჩამოყალიბებულია 2022 წლის იანვარში მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების

წახალისების პოლიტიკა, განთვითარების არეალი, მაგრამ არ არის დეტალურად ცნობილი სად რომელი ტიპის დამაგროველი შეირჩა, რა სიმძლავრის გენერაციის ობიექტთან რა სიმძლავრის დამაგროვებელი სადგური არის განთავსებული. არ არის განხილული თუ როგორ ხდება მახასიათებლების განსაზღვრა, როგორ იზრდება/მცირდება ექსლუატაციის ხარჯები. ამ შრომებში განსაკუთრებული ყურადღება აქვს დათმობილი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების განვითარებას მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში:

1. გამოყენებაში შეერთებული შტატები არის გლობალური ლიდერი დამაგროვებელი სადგურების განლაგების კუთხით. ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენებაში დიდი წარმატება აქვთ ისეთ შტატებს, როგორებიცაა: კალიფორნია, ტეხასი და ჰავაიო.
2. ჩინეთი სწრაფად აფართოებს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შესაძლებლობებს, რაც განპირობებულია მთავრობის ინიციატივებით, რომელიც ხელს უწყობს განახლებადი ენერჯის წარმოებასა და ქსელის სტაბილურ მუსაობას. ქვეყანამ დიდი მოცულობის ინვესტიციები განახლოვრციელა ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის მიმართულებით.
3. ამ პროცესში გერმანია არის საკვანძო მოთამაშე ევროპაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელ სისტემების ბაზარზე. ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გარდამავალ პროცესში ქვეყანამ გაატარა პოლიტიკა, რომელიც მოიცავდა დამაგროვებელი სისტემების შექმნის წახალისებას.
4. იაპონია ინვესტირებას ახორციელებს დამაგროვებელი სადგურების ტექნოლოგიებში ენერგოუსაფრთხოების პრობლემების გადასაჭრელად და ფუკუშიმას კატასტროფის შემდეგ ატომური ენერჯისგან თავის დაღწევის მხარდასაჭერად. ქვეყანას აქვს ბატარების ტიპის დამაგროვებელი სადგურების პროექტების მნიშვნელოვანი რაოდენობა.
5. ავსტრალია გამოჩნდა, როგორც ლიდერი ბატარების ტიპის დამაგროვებელი სადგურების გამოყენების, განსაკუთრებით მის უხვი განახლებადი ენერჯის რესურსებთან ერთად. ქვეყანამ განახლოვრციელა ბატარების მასშტაბური პროექტები ქსელის სტაბილურობის მხარდასაჭერად,

განახლებადი ენერჯის წყაროების ქსელში ინტეგრირებისა და ენერჯის საიმედოობის გაზრდის მიმართულებით.

6. ნორვეგია, რომელიც ცნობილია თავისი ფართო ჰიდროენერგეტიკული სიმძლავრით, იკვლევს შესაძლებლობებს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ინფრასტრუქტურის გაფართოებისთვის.

კვლევის [4] ანალიზმა აჩვენა, რომ ბოლო წლებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ჩამოყალიბების მიზნით მნიშვნელოვანი შედეგებია მიღწეული. შექმილია მსხილი სხვადასხვა სიმძლავრის ელექტროენერჯის დამაგროვებლები, გაუმჯობესებულია ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, გაფართოებულია გამოყენების არეალი. ყოველწლიურად კლებით ხასიათდება წარმოების ღირებულება და იზრდება ეფექტიანობა.

განვითარებულ ქვეყნებში მიღწეული შედეგებისა და მსოფლიოში ელექტროენერჯის წარმოების სეზონურობისა და მზის პოტენციალის, ქარის სიჩქარისა და წყლის რესურსების გათვალისწინებით, [18] შრომათა ავტორების მიერ შერჩეულია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ხუთი სხვადასხვა ტიპი. ნატრიუმ-გოგირდის ბატარეა, ლითიუმ-იონის ბატარეა, ტყვიის მჟავა, მატრიუმ ლითონის ჯალიდი, თუთია ჰიბრიდული ლათოდი.

ელექტროენერგეტიკის ეფექტიანობის ძირითადი მაჩვენებლების ანალიზის საფუძველზე [20,21] შრომების ავტორები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ თანამედროვე ეტაპზე ელექტროენერგეტიკის განვითარების კვალდაკვალ მწვავედ დგას ელექტროენერჯის სარეზერვო სიმძლავრის შექმნის პრობლემა. აღნიშნულის გადასაჭრელად პირდაპირ და ცალსახად მიუთითებენ, რომ გამოსავალი არის დამაგროვებელი ელექტროსადგურების ფართო მაშტაბით განვითარება და დანერგვა განახლებადი ენერჯის წყაროებთან, როგორებიცაა ქარის, მზისა და წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურები. კომპანია BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE-ის კვლევებით დადგენილია, რომ 2030 წლისთვის მსოფლიოში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დადგმული სიმძლავრე 125 გვტ-ს მიაღწევს. ფონდ ფორსპიტის მონაცემებით 55%- ხმარდება სიხშირის რეგულირებას, 13%- დატვირთვებს, 11%-მომხმარებლების ანგარიშის შემცირებას, 9%- სარეზერვო სიმძლავრეს, 7%- ელექტროენერჯის განახლებადი

წყაროების მხარდაჭერას, 2%- ცივ გაშვებას, 2%-დატვირთვების მართვას, დანარჩენი სხვა ღონისძიებებს.

[27,28,29,30,31] ცნობილი მეცნიერების მიერ ჩატარებულ კვლევებში გაანალიზებულია თუ რა სიკეთის მოტანა შეუძლია დამაგროვებელი სადგურების დანერგვას. ამ შრომებში აღწერილი და გადაწყვეტილია შემდეგი საკითხები: გაუმჯობესებული ქსელის სტაბილურობა: დამაგროვებელ ელექტროსადგურებს შეუძლიათ ხელი შეუწყონ ქსელის სტაბილურობას მიწოდებისა და მყისიერი რეაგირება მოთხოვნის რყევებზე სწრაფი რეაგირების შესაძლებლობის მიწოდებით. მათ შეუძლიათ შეინახონ ჭარბი ენერჯია დაბალი მოთხოვნილების პერიოდში და მიაწოდონ იგი სისტემას პიკური მოთხოვნის დროს, რითაც შეამცირებენ ქსელის არასტაბილურობასა და გაზრდიან საიმედოობას. განახლებადი ენერჯიის ქსელში ინტეგრაცია: ჰიდროელექტროსადგურებთან საცავის ინტეგრირებით, განახლებადი ენერჯიის წყაროების ეფექტური გამოყენება შეიძლება გაუმჯობესდეს. დამაგროვებელ სადგურებს შეუძლიათ შეინახონ ჭარბი ელექტროენერჯია, რომელიც წარმოიქმნება განახლებადი ენერჯიის მაღალი წარმოების დროს (როგორცაა ქარიანი ან მზიანი პერიოდის განმავლობაში) და მისი ქსელში ინტეგრაცია, როდესაც განახლებადი ენერჯიის გამომუშავება დაბალია, რითაც გაზრდის განახლებადი ენერჯიის საერთო წილს ქსელში. ენერჯიის გაძლიერებული მენეჯმენტი: დამაგროვებლების დანერგვა იძლევა ენერჯიის უფრო ეფექტური მართვის საშუალებას. ოპერატორებს შეუძლიათ ოპტიმიზაცია გაუკეთონ ხელმისაწვდომი რესურსების გამოყენებას, მათ შორის წყლის ნაკადს და შენახულ ენერჯიას, რათა დააკმაყოფილონ მერყევი მოთხოვნა და ბაზრის პირობები. პიკური მოთხოვნის დარეგულირება და დატვირთვის დაბალანსება: ელექტროენერჯიის დამაგროვებელ სისტემებს შეუძლიათ პიკური მოთხოვნების დარეგულირება, განახორციელონ დამატებითი ელექტროენერჯიის მიწოდებით მაღალი მოთხოვნის პერიოდში, რაც ამცირებს ძვირადღირებული ელექტროსადგურების საჭიროებას.

შრომის [34,35] ავტორებს ცალკე აქვთ განხილული ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯიისდ დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შესაძლებლობები, რომლითაც შეიძლება გაიზარდოს გამომუშავებული ელექტროენერჯიის წილი ჰიდროელექტროსადგურებთან, დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, მათ

შორის, შენახვის სისტემის სიმძლავრეზე და ეფექტურობაზე, ჰიდროელექტროსადგურების მახასიათებლებზე, მოთხოვნის შაბლონებზე და მარეგულირებელ პირობებზე. ზოგიერთ შემთხვევაში, განახლებადი წყაროებიდან გამომდინარე ელექტროენერჯის წილის ზრდა შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი, პოტენციურად გაორმაგდეს ან თუნდაც გააორმაგოს ჰიდროელექტროსადგურების ეფექტური სიმძლავრე. თუმცა, ზრდის სპეციფიკური მოცულობა შეიძლება შეიცვალოს თითოეული პროექტის კონკრეტულ გარემოებებზე და მიმდებარე ენერგეტიკულ ეკოსისტემაზე. არ არის განხილული რა შედეგს გვაძლევს ზუსტად დამაგროვებლების ასეთი განვითარება გარემოსთან მიმართებით. უფრო აქტიურად უნდა იყოს განხილული CO-ს გამოყოფა, რამდენად საშიშია და რამდენად საფრთხილს მომცველია მოსახლეობისთვის. საყურადღებოა ის ფაქტი, თუ როგორ არის ხანძარმედეგი დამაგროვებელი სადგურები, შეიძლება თუ არ მოხდეს მისი აფეთქება და რა %-ული წილი უჭირავს ამ საფრთხეს.

ბატარიის სისტემები ჯერ კიდევ გადარდამავალ სტადიაშია და შესაძლებელია ბევრი ცვლილება მოხდეს მომდევნო წლების განმავლობაში. დღეს-დღეობით მისი სიცოცხლის უნარიანობა 20 წლამდე არის მიღწეული. [19] ნახაზ 1.1-ზე მოცემულია დამაგროვებელი სადგურებში ინვენტორი და ძალოვანი ტრანსფორმატორი, რომლითაც ხდება დაგროვილი/ შენახული ენერჯის ან პირდაპირ გენერაციის ობიექტიდან დამაგროვებლის გავლით ელექტროენერჯის სისტემისთვის მიწოდება საჭირო დროს.



ნახ.1.1. ელექტროენერჯის ელექტროენერჯის დამაგროვებელი ბატარიების სადგური (კონტეინერი), გარდამქნელი (ინვენტორი) და ტრანსფორმატორი

ზემოთ მოყვანილი ანალიზებიდან გამომდინარე, დღეს ელექტროენერჯის დამაგროვებლის დანერგვა ეფექტიანად წარმართავს განახლებადი ენერჯის წყაროების ქსელში ინტეგრირებას, ქსელის საიმედოებასა და მოთხოვნა/მიწოდების დაბალანსებას. ამ მიმართულებით საინტერესო კვლევები აქვთ ჩატარებული საერთაშორისო ორგანიზაცია ირენას ავტორებს [4], მეცნიერული კვლევების საფუძველზე დაადგინილია ეფექტიანობის საკვანძო მაჩვენებლები, შეიმუშავებულია ინოვაციური საქმიანობის ეფექტიანობის მართვის მეთოდები, დააზუსტებულია თეორიული და მეთოდური დებულებები, საკვანძო მაჩვენებლების გამოყენებით განსაზღვრეს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ეფექტიანობა და პერსპექტივები. თუმცა მითითებული კვლევის შედეგებით დამაგროვებლების დანერგვა გენერაციის ობიექტებზე ეკონომეტრიკული მოდელირებით ეფექტიანობის შეფასება პრაქტიკულად შეუძლებელია, ვინაიდან მათ ნაშრომში არ არის გათვალისწინებული კვლევის შედეგების გამოყენების არეალი და პრაქტიკული ღირებულებები. ყოველივე ამას ემატება ისიც, რომ განხილულ ნაშრომში ყურადღების მიღმაა დატოვებული სისტემური მართვა და ანალიზი. ამავდროულად გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ყურადღების მიღმაა დატოვებული ეფექტიანობის ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, როგორცაა ფინანსური მდგრადობა. საჭიროა ჯამურ ფინანსურ შედეგებზე მოქმედი საკვანძო ფაქტორების მუდმივი ანალიზი. მუშაობის ეფექტიანობასა და შედეგიანობას განსაზღვრავს არა მარტო ის მაჩვენებლები, რომელიც ნაჩვენებია მიმდინარე მომენტში, არამედ მისი მთლიანი ეკონომიკური სტრუქტურა, პოტენციური შესაძლებლობები და ზარალი. ეს განაპირობებს ფინანსური მდგრადობის უზრუნველყოფას, სხვადასხვა მეთოდებისა და ანგარიშის გამოყენების აუცილებლობას. კომპლექსური მიდგომით განსაზღვრული უნდა იყოს მისი მომგებუნარიანობა. შეფასების მეთოდებისა და მუშაობის მაჩვენებლების არასწორმა შერჩევამ შეიძლება არასწორი გადაწყვეტილებისკენ მიგვიყვანოს, შეიძლება არასწორად შეირჩეს სადგურის ტიპი. ჩამოთვლილი პრობლემები განხილულია უცხოელი ავტორების შრომებში. [20,21]

ბატარიის ტიპის დამაგროვებელი სადგურები კლასიფიცირდება მისი ენერჯის სიმკვრივის, ეფექტურობის, ხანგრძლივობისა და ხელმისაწვდომობის მიხედვით. შესაბამისად, ბატარეები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ელექტროენერჯის

მრავალი მიზნისთვის, მათ შორის გენერირება, გადაცემა, განაწილება და მომხმარებლის მომსახურება [36].

ნაშროში [3] კომპლექსურად არის განხილული დამაგროვებელი ელექტროსადგურის დანერგვის აუცილებლობა და გაუმჯობესების ამოცანა. ნაჩვენების მისი გადაწყვეტისა და შესაძლებლობების გზები.

1. დატვირთვის მართვა ან ენერჯის მოთხოვნის მენეჯმენტი: BESS სისტემები ეხმარება მოთხოვნილების დაბალანსებას პიკისა და არაპიკის პერიოდებში. ენერჯის მოხმარება შეიძლება მერყეობდეს დღის დროის, ამინდისა და სხვა ცვლადების მიხედვით. ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს დაზოგონ ფული ელექტროენერჯის გადასახადებზე ენერჯის შენახვით, სანამ მოთხოვნა დაბალია და გაათავისუფლონ იგი ფასების ზრდისას (პიკური დატვირთვა).
2. ენერჯის დროში ცვლა (არბიტრაჟი): როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ელექტროენერჯის ხარჯები იცვლება სხვადასხვა პერიოდში, როგორც აწევით, ასევე კლებით. BESS-ით, ენერჯის დროის ცვლა შესაძლებელია, როდესაც ენერჯია შეძენილია არაპიკის პერიოდებში გონივრული ხარჯებით და გადადის ან მოიხმარება ფასის ზრდისას. შედეგად, სეზონისა და ელექტრომომხმარებლის მიუხედავად, BESS-ებმა შეიძლება დააბალანსონ ენერჯის ხარჯები და შეამცირონ საფრთხეები.
3. სარეზერვო ელექტროენერჯია: BESS-ს შეუძლია უზრუნველყოს სარეზერვო გენერატორები ელექტროენერჯის გათიშვის შემთხვევაში, სანამ სრული სიმძლავრე არ აღდგება. შენახვის გაზრდილი სიმძლავრისა და განახლებადი ენერჯის წყაროებთან ინტეგრაციის გამო, BESS-ს შეუძლია ენერჯის შენახვა დიდი ხნის განმავლობაში. საქმიანი ბატარეის შენახვის სისტემა, რომელიც ფუნქციონირებს როგორც უწყვეტი კვების წყარო (UPS), შეიძლება დაზოგოს დრო და ხარჯები შეფერხების აღმოფხვრის გზით.
4. შავი დაწყების შესაძლებლობა: მისი შავი დაწყების მახასიათებლების გამოყენებით, BESS-მა შეიძლება ჩაანაცვლოს ბენზინი ან ბუნებრივი გაზის ძრავა, რომელიც გამოიყენება ელექტროენერჯის წარმოებაში, ელექტროენერჯის გამომუშავების აღსადგენად გათიშვის დროს. ენერგეტიკული სისტემები შეიძლება განახლდეს სრული გამორთვის

შემდეგ ბატარეის შენახვის გამოყენებით და არა გარე ენერგეტიკული ქსელის გამოყენებით. BESS-ის სწრაფი რეაგირების დრო ხელს უწყობს ქსელების აღდგენას უმცირეს დროში.

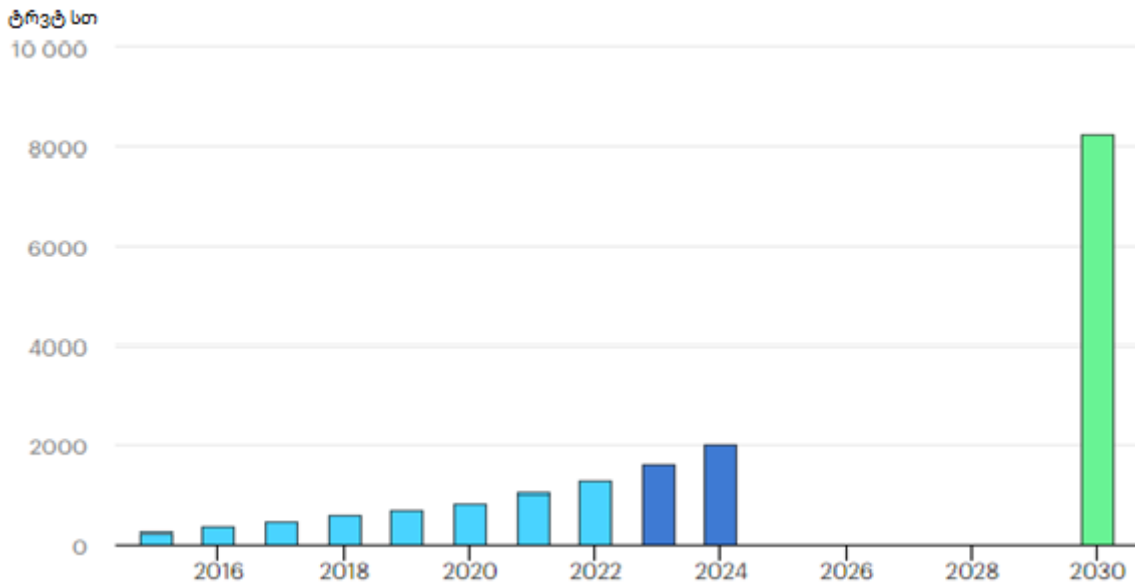
5. სიხშირის კონტროლი: დამაგროვებელ სისტემებს შეუძლიათ დაარეგულირონ ქსელის სიხშირე, იმის უზრუნველსაყოფად, რომ მისი მნიშვნელობა მისაღები დიაპაზონშია. თუ წარმოებული სიმძლავრის რაოდენობა განსხვავდება ენერჯის ფაქტობრივი მოთხოვნილებისგან, სიხშირე შეიძლება გადააჭარბოს ან დაეცეს მის ნომინალურ მნიშვნელობას. ასეთმა შეუსაბამობამ შეიძლება გამოიწვიოს დროებითი გათიშვა, ელექტროენერჯის გათიშვა ან გამორთვა.
6. განახლებადი ენერჯის ინტეგრაცია: ბატარეის ენერჯის შესანახი სისტემების ცვლადი განახლებადი ენერჯის კომბინაციით, ქსელში, ქსელის გარეთ და ჰიბრიდულ ელექტრომობილებს შეუძლიათ მუდმივად მიიღონ იაფი ენერჯია. ბოლო დროს მწვანე ენერჯია გახდა ეკონომიკურად მიზანშეწონილი და ეკოლოგიურად მომგებიანი ნამარხების ალტერნატივა.

ნაშრომებში [36,37] განხილულია მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში დამაგროვებელი სადგურების არსებული ვითარება, მისი განვითარების საპროგნოზო შესაძლებლობები. ამ კვლევებში არ არის ნაჩვენები დამაგროვებელი სადგურების მოდელის პრაქტიკული დანერგვის გზები. არ არის განხილული ეკონომეტრიკული მოდელები, რომლის გათვალისწინებით დაანგარიშებული იქნება დამაგროვებლის დანერტგვით გამოწვეული შედეგები.

ნაშრომებში [3,4,47,48] განხილულია მზის ელექტროსადგურების განვითარება მსოფლის თითქმის ყველა ქვეყანაში. მზის PV გამომუშავება გაიზარდა რეკორდულად 270 ტვტ სთ-ით (26%) 2022 წელს და მიაღწია თითქმის 1300 ტვ სთ-ს. აჩვენა 2022 წელს ყველა განახლებადი ტექნოლოგიების ყველაზე მზარდია, ისტორიაში პირველად გადააჭარბა ქარს. ზრდის ეს ტემპი ემთხვევა 2023 წლიდან 2030 წლამდე გათვალისწინებულს. წმინდა ნულოვანი ემისიების 2050 წლის სცენარისთვის. არ არის განხილული რამდენ მათგანშია განლაგებული დამაგროვებელი სადგურები, რა შედეგი მოუტანა ქსელის სტაბილურობას, როგორ გაიზარდა გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილი და როგორ მონაწილეობდა პიკურ პერიოდში მოთხოვნილი სიმძლავრის დასაბალანსებლად. PV-ის

ეკონომიკური მიმზიდველობის უწყვეტი ზრდა, მიწოდების ჯაჭვის მასიური განვითარება და მზარდი პოლიტიკის მხარდაჭერა, განსაკუთრებით ჩინეთში, შეერთებულ შტატებში, ევროკავშირსა და ინდოეთში, მოსალოდნელია, რომ კიდევ უფრო დააჩქაროს სიმძლავრის ზრდა მომდევნო წლებში. ქვეყნები და რეგიონები, რომლებიც მნიშვნელოვან პროგრესს განიცდიან მზის ელექტროსადგურების წინსვლის მიმართულებით, მოიცავს:

1. ჩინეთი აგრძელებს ლიდერობას მზის PV სიმძლავრის დამატებების თვალსაზრისით, 2022 წელს დაემატა 100 გიგავატი, რაც თითქმის 60%-ით მეტია 2021 წელთან შედარებით. განახლებადი ენერჯის მე-14 ხუთწლიანი გეგმა, რომელიც გამოქვეყნდა 2022 წელს, ითვალისწინებს ამბიციურ მიზნებს განლაგებისთვის, რაც უნდა მართოს. შემდგომი შესაძლებლობების ზრდა მომდევნო წლებში. ევროკავშირი მიზნად ისახავს და აჩქარებს მზის PV-ს განლაგებას ენერგეტიკული კრიზისის საპასუხოდ, 2022 წელს დაემატა 38 გიგავატი, რაც 50%-ით მეტია 2021 წელთან შედარებით. მოსალოდნელია, რომ მნიშვნელოვანი იქნება REPowerEU გეგმაში და მწვანე გარიგების ინდუსტრიულ გეგმაში შემოთავაზებული ახალი პოლიტიკა და მიზნები. მზის PV ინვესტიციების ძრავები უახლოეს წლებში. შეერთებულმა შტატებმა 2022 წელს შემოღებულ ინფლაციის შემცირების აქტში (IRA) შეიტანა უხვად ახალი დაფინანსება მზის PV-სთვის. ინვესტიციების და წარმოების საგადასახადო კრედიტები მნიშვნელოვან სტიმულს მისცემს PV სიმძლავრეს და მიწოდების ჯაჭვის გაფართოებას. ინდოეთმა დამატებით ექსპლუატაციაში შეიყვანა 18 გიგავატი მზის PV 2022 წელს, თითქმის 40%-ით მეტი, ვიდრე 2021 წელს. ახალი მიზანი, გაზარდოს მზის საფგურების სიმძლავრე ყოველწლიურად 40 გვტ-მდე აუქციონზე და შიდა მიწოდების ჯაჭვის დინამიური განვითარება, სავარაუდოდ, გამოიწვევს ზრდის შემდგომ დაჩქარებას. უახლოეს მომავალში. ბრაზილიამ 2022 წელს დაამატა თითქმის 11 გიგავატი მზის ელექტროსადგურების სიმძლავრე, რამაც გააორმაგა 2021 წლის ზრდა. მოსალოდნელია, რომ განლაგება ამ დონეზე დარჩება საშუალოვადიან პერსპექტივაში, განახლებად ენერჯიაზე მუდმივი მოთხოვნის წყალობით მრეწველობისა და ელექტროენერჯის საცალო ვაჭრობისგან.



ნახ.1.2. მზის სადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია წლების მიხედვით

მზის ენერჯის ათვისება დამოკიდებულია ტექნოლოგიურ განვითარებაზე და ქვეყნების ადგილმდებარეობაზე. ბუნებრივია, მზის ენერჯის მაჩვენებელი ქვეყნების გეოგრაფიული მდებარეობის მიხედვით განსხვავებულია, ყველაზე ძლიერი ნათება ეკვატორზეა, მისგან მოშორებულ განედებზე კი შედარებით მცირდება. საერთაშორისო ორგანიზაცია IRENA-ს კვლევების თანახმად მზის სადგურების მშენებლობისა და გამოიმუშავებული კილოვატსაათების თვითღირებულება ყოველწლიურად კლების ტენდენციით ხასიათდება. IRENA-ს 2020 წლის ანგარიშიდან აღებულია 11 წლიანი მონაცემები, რომლის გათვალისწინებით 1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება და გამოიმუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის თვითღირებულება 85%-ით არის შემცირებული.

ნაშრომებში [3,4,47,48] კარგად არის ჩამოყალიბებული, რომ განახლებადი ენერჯის, როგორც მომავალი ენერგეტიკული რესურსის გამოყენების შესაძლებლობები დიდ ყურადღებას იპყრობს მთელ მსოფლიოში. მზის ენერჯის (მათ შორის კონცენტრირებული მზის ენერჯის (CSP) და მზის ფოტოელექტრული ენერჯის (PV) სიმძლავრის ჩათვლით) ელექტროენერჯის გლობალურ წარმოებაში, როგორც განახლებადი ენერჯის წყაროების ერთ-ერთი ფორმა, ზოგადად ჯერ კიდევ დაბალია, 3.6%.

ნაშრომებში [46,47,48] სიღრმისეულად არის შესწავლილი მოდელები, კარგად არის მოყვანილი, რომ მზის ელექტროსადგურის აშენებას 35-40%-ით ნაკლები ინვესტიცია სჭირდება, ვიდრე კაშხალის აშენებას, ვინაიდან ეს უკანასკნელი მოითხოვს დამბების, წყლის მართვისა და ტექნიკური მხარდაჭერის ვრცელ სისტემას. გარდა ამისა, მზის პანელის მწარმოებელი ინფრასტრუქტურის მშენებლობა უფრო მოკლე ვადებში ხდება და, როგორც წესი, მას სჭირდება ერთი წელი. მზის ენერჯის სისტემა საჭიროებს მარტივ ტექნიკურ მხარდაჭერას მომხმარებლის ხარჯის თვალსაზრისით.

მზის ელექტროსადგურების განვითარების შესაძლებლობა გააჩნია საქართველოსაც. მისი გეოგრაფიული ადგილმდებარეობა იძლევა შესაძლებლობას არამხოლოდ საკუთარი მოთხოვნილება დაიკმაყოფილოს, არამედ მეზობელი ქვეყნებიც მოამარაგოს ენერჯით. საქართველოს მზის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნია, რომელიც სხვადასხვა რეგიონშია განლაგებული. დადგმული სიმძლავრე უტოლდება 520 მგვტ-ს, ხოლო წლიური გენერაცია 694 გვტ.სთ-ს. არ არის განხილული არსად ამ მაჩვენებლების დამატებითი შესწავლა, მათთან დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის შესაძლებლობა და მათი მეშვეობით სისტემისთვის საჭირო ელექტროენერჯის მიწოდება საჭირო დროს. როგორც ავღნიშნეთ, დამაგროვებელს გააჩნია ყველაზე სწრაფი რეაგირება და მას სისტემაში სრული დატვირთვის შესვლა შეუძლია 3-5 წმ-ის პერიოდში.

სამეცნიერო სტატიებში [50,51,52] ავტორები ყურადღებას ამახვილებენ ქარის ენერჯეტიკის განვითარების შესაძლებლობასა და პოტენციალზე. ქარის ენერჯეტიკა მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მზარდი დარგია. ზოგ ქვეყანაში ქარის ენერჯის წილი მთლიან გამომუშავებაში თითქმის 50% შეადგენს. მათი ქსელში ინტეგრირება კი პირდაპირ დაკავშირებულია დამაგროვებელი სადგურების განვითარებასთან, რათა სისტემა გახდეს ბევრად მდგრადი და მუდმივად იყოს სიხშირე დაბალანსებული. არ არის განხილული ყველა რეგიონისა თუ ქვეყნისთვის როგორ უნდა შეირჩეს დამაგროვებელი სადგურის ტიპი, როგორი იქნება მათი სასიცოცხლო ხანგრძლივობა, დადგმული სიმძლავრე, სამშენებლო თუ საექსპლუატაციო ხარჯი.

იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოსაც ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნია, რომლის საშუალო წლიური რაოდენობა 4 მლრდ კვტ.სთ -

მდე არის შეფასებული. ქვეყანაში გამოიყოფა 9 ზონა, სადაც შესაძლებელია ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობა, რომლის მშენებლობის შემდეგაც საპროგნოზო დადგმული სიმძლავრე შეადგენს 1450 მგვტ-ს, ხოლო წლიური შესაძლო გენერაცია 4160 გვტ.სთ-ს. არ არის განხილული და აუცილებელია მოხდეს თითოეულ პროექტზე დამაგროვებელი სადგურის მშენებლობასთან ერთად განხილვა, მისი მეშვეობით საპროგნოზო დადგმული და გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდის %-ული განსაზღვრა, მათი გათვალისწინება სარეზერვო ელექტროენერჯის წყაროდ.

ნაშრომებში [51,52] კარგად არის ასახული თუ როგორ ვითარდება ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობა მსოფლიოს მაშტავით დამაგროვებელ სადგურებთან ერთად. გასულ წელს ევროპაში ქარის რეკორდულად დიდი რაოდენობის ელექტროსადგური აშენდა

საერთაშორისო ორგანიზაცია IRENA-ს [4] კვლევების თანახმად ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობისა და გამომუშავებული კილოვატსაათების თვითღირებულება ყოველწლიურად კლების ტენდენციით ხასიათდება. ანგარიშში მოცემულ მონაცემებზე დაყრდნობით 1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება 40%-მდე არის შემცირებული 2010 წლის შემდეგ, ხოლო 1 კვტ.სთ-ის თვითღირებულება 56%-ით. სრულად არ არის გათვალისწინებული ეფექტიანობაზე მოქმედი ფაქტორები, რაც მთავარია არ არის დადგენილი ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა. აქედან გამომდინარე აუცილებელია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის ეფექტიანობის შეფასება განხორციელდეს კომპლექსური მიდგომით. შემუშავებული უნდა იყოს ეფექტიანობის შეფასების ისეთი კრიტერიუმი, რომლებშიც გათვალისწინებული იქნება მასზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორი და უზრუნველყოფილი იქნება ელექტროენერჯის ისეთი დამაგროვებლების შერჩევა, რომლთა ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები სრულად დააკმაყოფილებს ტექნიკურ მოთხოვნებსა და უზრუნველყოფს ეკონომიკურ ეფექტიანობას.

საერთაშორისო ორგანიზაცია IRENA-ს მონაცემებით [4] მთლიანი ხარჯები ფართომასშტაბიანი ჰიდროენერგეტიკული პროექტებისთვის, როგორც წესი, მერყეობს 1000 აშშ დოლარი/კვტ-დან დაახლოებით 3500 აშშ დოლარამდე/კვტ-

მდე. თუმცა, უჩვეულო არ არის ამ დიაპაზონის მიღმა არსებული ხარჯების მქონე პროექტების პოვნა. მაგალითად, ჰიდროენერგეტიკული სიმძლავრის დამონტაჟებას არსებულ კაშხალზე, რომელიც აშენდა სხვა მიზნებისთვის (წყალდიდობის კონტროლი, წყალმომარაგება და ა.შ.) შეიძლება დაჯდეს 500 აშშ დოლარი/კვტ. მეორეს მხრივ, დისტანციურ უბნებზე პროექტები, ადექვატური ადგილობრივი ინფრასტრუქტურის გარეშე და არსებული გადამცემი ქსელებისგან შორს, შეიძლება 3 500 აშშ დოლარზე მეტი ღირდეს/კვტ. შეერთებულ შტატებში 2155 პოტენციური ჰიდროენერგეტიკული პროექტის დიდი, ყოვლისმომცველი დანახარჯების ანალიზმა, საერთო სიმძლავრე 43 გიგავატი, გამოავლინა საშუალო კაპიტალური ღირებულება 1 650 აშშ დოლარი/კვტ, პროექტების 90%-ს აქვს 3 350 აშშ დოლარი/კვტ-ზე დაბალი ღირებულება (Hall, et al. , 2003). სხვა კვლევებში (Lako et al., 2003), მსოფლიოში 250 პროექტს, რომელთა საერთო სიმძლავრეა 202 GW, ჰქონდა საშუალო საინვესტიციო ღირებულება მხოლოდ 1000 აშშ დოლარი/კვტ და 90%-ს ჰქონდა 1 700 აშშ დოლარი/კვტ ან ნაკლები ხარჯები (Lako et al. , 2003). ნაშრომში ვერ ვხვდებით თუ რა შედეგი შეიძლება მოიტანოს ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებთან დამაგროვებლების დანერგვამ, როგორ შეიძლება გამოზარდოს გამომუშავების მოცულობა, როგორ გადანაწილდება მდინარეში განთავსებული წყლის ხარჯები, როგორ უნდა შეირჩეს დამაგროვებლის დადგმული სიმძლავრე.

არარეგულირებადი ჰიდროელექტროსადგურების სიახლოვეს ფართოდ გახდა გამოყენებადი შესანახი ელექტროსადგურები, როგორცაა სატუმბი ჰიდრო ან ბატარეის საწყობების განთავსება. იდეალურად უნდა განთავსდეს ჩამონადენზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურების მახლობლად აღნიშნული მოწყობილობები. ეს სიახლოვე ამცირებს გადაცემის დანაკარგებს და ხარჯებს, რომლებიც დაკავშირებულია ელექტროენერჯის დიდ დისტანციებზე ტრანსპორტირებასთან. [54]

ნაშრომებში [56,57] კომპლექსურად არის განხილული დამაგროვებელი ელექტროსადგურის დანერგვის აუცილებლობა და გაუმჯობესების ამოცანა ჩამონადენზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებთან. მაგრამ არ არის განხილული გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა, როგორ ხდება წლის მოცულობის ათვისება და რამდენი წყალი იკარგება, რომ არ არის

დამაგროვებელი სადგური და მისი დანერგვით რა %-ით გაიზრდება გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილი. როგორ მიიღებს მონაწილეობას რეზერვირებასა თუ პიკური დათვირთვების დაბალანსებაში. ნაჩვენების მისი გადაწყვეტის, შესაძლებლობების გზებისა და შედეგების ანალიზი, კერძოდ:

1. ქსელის სტაბილურობის გაძლიერება: დამაგროვებელ სადგურებს შეუძლიათ გააძლიერონ ქსელის სტაბილურობა მიწოდებისა და მოთხოვნის რყევებზე სწრაფი რეაგირების გზით. არარეგულირებადი ჰიდროელექტროსადგურების მახლობლად დამაგროვებელი ობიექტების განთავსება საშუალებას იძლევა წყვეტილი განახლებადი ენერჯის წყაროების, როგორცაა ქარი ან მზის, უკეთ ინტეგრირება ქსელში.
2. დატვირთვის ცენტრები და მოთხოვნის ნიმუშები: გასათვალისწინებელია დატვირთვის ცენტრების მდებარეობა და მოთხოვნის ნიმუშები. საცავის ელექტროსადგურების განთავსება ელექტროენერჯის მაღალი მოთხოვნილების მქონე ტერიტორიებზე უზრუნველყოფს შენახული ენერჯის ეფექტურ გამოყენებას პიკის პერიოდებში, რითაც ამცირებს დაძაბულობას ქსელზე.
3. ეკონომიკური სიცოცხლისუნარიანობა: საბოლოოდ, უნდა შეფასდეს პროექტის ეკონომიკური სიცოცხლისუნარიანობა. ფაქტორები, როგორცაა სამშენებლო ხარჯები, საოპერაციო ხარჯები, შემოსავლების გამომუშავება ენერჯო ვაჭრობის ან დამხმარე სერვისების მეშვეობით, და პოტენციური სახელმწიფო წახალისება ან სუბსიდიები, მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული საცავის ელექტროსადგურების ოპტიმალური განლაგების განსაზღვრისას.
4. მთლიანობაში, არარეგულირებულ ჰიდროელექტროსადგურებთან ერთად შესანახი ელექტროსადგურების განთავსება უნდა ხელმძღვანელობდეს ჰოლისტიკური მიდგომით, რომელიც ითვალისწინებს ტექნიკურ, ეკონომიკურ, გარემოსდაცვით და მარეგულირებელ ფაქტორებს ქსელისა და მიმდებარე თემებისთვის სარგებლის მაქსიმალურად გაზრდის მიზნით.

დამაგროვებელი სადგურების დანერგვას, მათ განვითარებასა და შესაძლებლობების გამოყენებას დიდი ყურადღება ექცევა. ამ მიმართულებით მუშაობას აქვს სისტემური ხასიათი. თეორიული და პრაქტიული მაგალითები,

არსებული პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები გაანალიზებულია მრავალ სამეცნიერო შრომასა და თანამედროვე სტატიაში [54]. განსაკუთრებით უნდა არინიშნოს ის ფაქტი, რომ დამაგროვებლების განვითარებისა და მათი დანერგვის შესაძლებლობები განახლებადი ენერჯიების წყაროებთან, როგორცაა მზე, ქარი და ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურები, მსოფლიოს მაშტაბით აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა წამყვანი პროფესორ მასწავლებლებისა თუ დარგის სპეციალისტების მიერ. მათი მონაწილეობით განხორციელებულია დიდი მოცულობით კვლევები. ამ ნაშრომში ღრმად არის შესწავლილი და მეცნიერულად გაანალიზებული ოპტიმალურობის სხვადასხვა ასპექტები. ჩატარებულია სამუშაოები საინვესტიციო პროექტების მომზადებისა და განხორციელების, ინვესტირების ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრის, მისი შეფასების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების შემუშავებისა და აპრობაციის, სწორი დამაგროვებელის სიმძლავრის შერჩევისა და მისი განთავსების შესაფასებლად. მისი ეკონომიკური მომგებიანობის გათვალისწინებით.

საქართველოში აღნიშნულთან დაკავშირებით არ მიმდინარეობს აქტიური მუშაობა. ბოლო წლებში სადისერტაციო ნაშრომის ავტორის მიერ, მის ხელმძღვანელთან ერთად შემუშავებულია აღნიშნული პრობლემები და გადაჭრილია, რომელსაც არ აქვს ერთიანი სამეცნიერო ნაშრომის სახე და არ არის სისტემაში მოყვანილი, მაგრამ პასუხობს ყველა პრობლემურ საკითხზე დასმულ კითხვას. [57,58,59,60].

ამ შრომების ავტორების დამაგროვებლების დანერგვის აქტუალურობიდან გამომდინარე გაკეთებულია მეცნიერულად დასაბუთებული დასკვნები. სადისერტაციო ნაშრომში დასმული ამოცანების თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადასაწყვეტად საჭიროა საკითხების შესწავლისადმი კომპლექსური მიდგომა და ისეთი ეკონომეტრიკული მოდელის შემუშავება, რომელშიც სრულად იქნება ასახული საქართველოში დამაგროვებელი ელექტროსადგურების დანერგვის ეფექტიანობაზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორი და ამის საფუძველზე შესაბამისი სქემით შესრულდება ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელირება. მიღებული კვლევის შედეგების პრაქტიკული მნიშვნელობის დასადგენად საქართველოში საპროგნოზო მზის, ქარისა და 20 ჩამონადენზე მომუშავე ასაშენებელი ჰიდროელექტროსადგურის მაგალითზე, შემოთავაზებული მოდელით, თითოეულის სპეციფიკიდან

გამომდინარე, პროგნოზირების თანამედროვე მათემატიკური მეთოდების განხორციელებით ეფექტიანობის შეფასების პროგნოზული აპრობაცია. აპრობაციის შედეგების გათვალისწინებით შემუშავდება დასკვნები და რეკომენდაციები.

ზემოთ მოყვანილი ანალიზებიდან მკაფიოდ ჩანს, რომ ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მშენებლობის გარეშე განახლებადი ენერჯის წყაროების მშენებლობა მრავალ პრობლემებთან არის დაკავშირებული და მათი დანერგვა მოთხოვს კომპლექსურ მიდგომას და ეფექტიანობაზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორის გათვალისწინებას. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომში გადაჭრილია შემდეგი პრობლემები:

1. ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის მსოფლიო გამოცდილების, მეცნიერული ანალიზის საფუძველზე, ჩამოყალიბებული იქნება საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ერთიანი მეთოდიკა და დადგინდება დანერგვის პერსპექტივები.
2. პრობლემის გადაწყვეტისადმი კომპლექსური მიდგომით შემუშავებული იქნება ქარის, მზისა და წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი და ანგარიშის ალგორითმი.
3. მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მუშაობის მსოფლიო პრაქტიკის ანალიზის საფუძველზე საქართველოს სპეციფიკის გათვალისწინებით მოძებულ იქნება მითითებული სადგურების მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების საწყისი ინფორმაცია და ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის ალგორითმის საფუძველზე განისაზღვრება დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა.
4. მოდელირების განსახორციელებლად წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის ფორმულის გათვალისწინებით ანალიზი თითოეული გენერაციის ობიექტისათვის და საწყისი ინფორმაციის საფუძველზე

ეფექტიანობაზე მოქმედი ფაქტორების განსაზღვრა. ეფექტიანობისა და ფინანსური შეფასების საერთო ინდექსის საშუალოვადიანი პროგნოზული ანალიზი;

5. ჩატარებული კვლევების შედეგების ანალიზის საფუძველზე დადგენილი იქნება პრობლემები და ნაკლოვანებები. მათ აღმოფხვრასთან დაკავშირებულთ ჩამოყალიბებული იქნება კონკრეტული ღონისძიებები და ეფექტიანობის ასამაღლებლად რეკომენდაციები. მთლიანობაში შემუშავდება საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის მეთოდები.

თავი 2.

ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეკონომეტრიკული მოდელი

ამ თავში კვლევებში თანამედროვე მეცნიერული მიღწევების გამოყენებით ჩამოყალიბებულია დამაგროვებლის დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელირების მეთოდოლოგია.

ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ოპტიმალური დაგეგმვის პრობლემის შესწავლისადმი მიძღვნილ სამეცნიერო შრომებში ჩატრებულ კვლევებში ხვდებით ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორიან მეთოდებს, მაგრამ გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომების ანალიზისა და არსებული პრაქტიკის შესწავლის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს ცალსახა დასკვნა იმის შესახებ, რომ შრომის ავტორების მიერ შემოთავაზებული მეთოდოლოგიით პრაქტიკულად შეუძლებელია საქართველოს ელექტროსისტემაში დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის ოპტიმალური ვარიანტის შემუშავება. აღნიშნული გადაწყვეტის მიზნით, სადისერტაციო ნაშრომში, დამაგროვებლების დანერგვიდ საუკეთესო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მქონე ვარიანტის შესარჩევად გამოყენებულია ყველაზე უნივერსალური და ყველაზე მეტად გავრცელებული წმინდა დისკონტრიები შემოსავლის მაქსიმუმის კრიტერიუმი. იგი ითვალისწინებს არა მხოლოდ ხარჯებს მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში, არამედ ეფექტს მიღებული დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის შედეგად. იგი იძლევა საშუალებას ობიექტურად შეფასდეს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის დანერგვისთვის გაწეული ხარჯები და მისგან მიღებული ეფექტი.

ზოგადად ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა შეიძლება შეფასდეს შემდეგი ფორმულით: [59]

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ} = \sum_{m=1}^t (P_{m_i} - 3m_i) \cdot A_{m_i} > 0 \rightarrow \max \quad (2.1)$$

სადაც,

P_m – შედეგები, m ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

Z_m – დანახარჯები, m ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

m – ბიჯის ნომერი, წელიწადი;

α_m – დისკონტირების კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია $= \frac{1}{(1+Emi)}$;

E_{mi} – დისკონტის ნორმა;

K_m – ინვესტიციის მოცულობა, ათასი ლარი წელიწადში;

აღნიშნული წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის განზოგადებული ფორმულა ქარის, მზისა და ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებისთვის იქნება განსახვავებული ფორმის.

ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შედარებითი ანალიზის შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ ქარის სადგურებისთვის} = \frac{\sum_{m=1}^t (Wi + \Delta W) * T + CK!mi + Zk!m + DR!m - C!m - H!m - BK!m - D!m - J!mt + F}{(1+Em)t} \quad (2.2)$$

სადაც,

C_m – საექსპლუატაციო ხარჯები, ათასი ლარი წელიწადში;

H_m – გადასახადები, სადაც შედის ქონების გადასახადი, მოგების გადასახადი, გარემოს დაცვის გადასახადი, ათასი ლარი წელიწადში;

BK_m – სესხის გადასახადები, ათასი ლარი წელიწადში;

D_m – დივიდენდების მოცულობა, ათასი ლარი წელიწადში;

t – არის დამაგროვებელი სისტემის ექსპლუატაციის ვადა, (წლებში);

W_{im} – ქარის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა m ბიჯზე (მლნ.კვტ.სთ);

T – ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$T_{რეზ}$ – სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

A_{mi} – ქარის ელექტროსადგურის ძირითადი ფონდების საამორტიზაციო ნარიცხები, მოცემულია mi ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

K_i – ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობაში განხორციელებული საინვესტიციო ხარჯები, ათასი ლარი;

CK_m – მოზიდული საკუთარი კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

ZK_m- მოზიდული ნასესხები კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

DR_m- შემოსავლები არაკომერციული საქმიანობიდან, ათასი ლარი წელიწადში;

F- გადამცემი ხაზის მშენებლობის ღირებულება, რომლითაც დაკავშირებულია დამაგროვებელი სისტემასთან, ათასი ლარი

J_{mi}- ინვესტიციების შემოსავლიანობა, რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით: [12]

$$I_{mi}=(PHK_i-BHK_i)* ND +(SHMH_i-BH+JOK_i)*HD^i \quad (2.3)$$

სადაც:

PHK_i- ინვესტირებული კაპიტალის სიდიდე რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე i წლისთვის (ლარი);

BHK_i-რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე ინვესტირებული კაპიტალის დაბრუნება დაგროვებული რეგულირების დაწყებიდან i წლამდე (ლარი);

ND- ინვესტირებულ კაპიტალზე შემოსავლიანობის ნორმა დადგენილი მარეგულირებელი ორგანოს მიერ გრძელვადიანი რეგულირების i წლისთვის ;

HDⁱ- რეგულირების პერიოდში ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმა;

SHMH_i-დანახარჯების ჯამი, გათვალისწინებული რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდისთვის მარეგულირებელი ორგანოს მიერ დამტკიცებული საინვესტიციო პროგრამაში, დაწყებული 1-0 წლიდან დამთავრებული 1-1 წლისთვის;

წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის განსაზღვრისთვის აუცილებელია ქარის ელექტროსადგურში განსათავსებლად, ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით, ყველაზე ეფექტური ელექტროენერჯის დამაგროვებელი ტიპების შერჩევა.

მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შედარებითი ანალიზის შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ მზის ელექტროსადგურებისთვის} = \frac{\sum_{m=1}^t (Wi*T+CKm+Zkm+DRm-Cm-Hm-BKm-Dm-Jmi)+F}{(1+Em)^t} \quad (2.4)$$

სადაც,

C_m -საექსპლუატაციო ხარჯები, ათასი ლარი წელიწადში;

H_m - გადასახადები, სადაც შედის ქონების გადასახადი, მოგების გადასახადი, გარემოს დაცვის გადასახადი, ათასი ლარი წელიწადში;

BK_m - სესხის გადასახადები, ათასი ლარი წელიწადში;

D_m - დივიდენდების მოცულობა, ათასი ლარი წელიწადში;

t - არის დამაგროვებელი სისტემის ექსპლუატაციის ვადა, (წლებში);

W_{im} - მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა m ბიჯზე (მლნ.კვტ.სთ);

T - ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

$T_{რეზ}$ - სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

A_{mi} - მზის ელექტროსადგურის ძირითადი ფონდების საამორტიზაციო ნარიცხები, მოცემულია m_i ბიჯზე, ათასი ლარი წელიწადში;

K_i - მზის ელექტროსადგურის მშენებლობაში განხორციელებული საინვესტიციო ხარჯები, ათასი ლარი;

F - გადამცემი ხაზის მშენებლობის დიდებულება, რომლითაც დაკავშირებულია დამაგროვებელი სისტემასთან, ათასი ლარი

CK_m - მოზიდული საკუთარი კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

ZK_m - მოზიდული ნასესხები კაპიტალი, ათასი ლარი წელიწადში;

DR_m - შემოსავლები არაკომერციული საქმიანობიდან, ათასი ლარი წელიწადში;

J_{mi} - ინვესტიციების შემოსავლიანობა, რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით: [12]

$$I_{mi}=(PHK_i-BHK_i)* ND +(SHMH_i-BH+JOK_i)*HD^i \quad (2.5)$$

სადაც:

PHK_i - ინვესტირებული კაპიტალის სიდიდე რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე i წლისთვის (ლარი);

BHK_i -რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე ინვესტირებული კაპიტალის დაბრუნება დაგროვებული რეგულირების დაწყებიდან i წლამდე (ლარი) ;

ND - ინვესტირებულ კაპიტალზე შემოსავლიანობის ნორმა დადგენილი მარეგულირებელი ორგანოს მიერ გრძელვადიანი რეგულირების i წლისთვის ;

HD_i- რეგულირების პერიოდში ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმა;

SHMH_i-დანახარჯების ჯამი, გათვალისწინებული რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდისთვის მარეგულირებელი ორგანოს მიერ დამტკიცებული საინვესტიციო პროგრამაში, დაწყებული 1-0 წლიდან დამთავრებული 1-1 წლისთვის;

ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდრო ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შედარებითი ანალიზის შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sum_{n=1}^T \text{წდშ ჰიდროსადგურებისთვის}$$

$$\frac{\sum_{n=1}^T (Ni \times Wi(T_{რეზ}-T_{შეს})+AjNj-(NjKj I_{0n}+NSt)+f)}{(1+E_n)^t} > 0 \rightarrow \max \quad (2.6)$$

სადაც:

m-არის ბიჯის ნომერი;

t- არის დამაგროვებელი სისტემის ექსპლუატაციის ვადა, (წლებში);

W_i-ელექტროენერჯის დამაგროვებლებში შენახული ელექტროენერჯის მოცულობა, (კვტ.სთ);

T_{რეზ}- სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

T_{შეს}- გენერაციის ობიექტის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ);

A_{mi}- i დამაგროვებლის საამორტიზაციო ხარჯების სიდიდე, ათასი ლარი/წელიწადში;

K_i ელექტროენერჯის დამაგროვებლის დანერგვისთვის აუცილებელი საინვესტიციო ხარჯები, ათასი ლარი;

I_{ni}- ინვესტიციების შემოსავლიანობის კოეფიციენტი;

S_i- დამაგროვებლის საექსპლუატაციო ხარჯები ლარი/წელიწადში;

E_{ni}- დისკონტირების კოეფიციენტი;

F- გადამცემი ხაზის მშენებლობის ღირებულება, რომლითაც დაკავშირებულია დამაგროვებელი სისტემასთან, ათასი ლარი

J_{mi}- ინვესტიციების შემოსავლიანობა, რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით: [12]

$$I_{mi}=(PHK_i-BHK_i)* ND +(SHMH_i-BH+JOK_i)*HD^i \quad (2.7)$$

სადაც:

PHK_i- ინვესტირებული კაპიტალის სიდიდე რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე i წლისთვის (ლარი);

BHK_i-რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე ინვესტირებული კაპიტალის დაბრუნება დაგროვებული რეგულირების დაწყებიდან i წლამდე (ლარი);

ND- ინვესტირებულ კაპიტალზე შემოსავლიანობის ნორმა დადგენილი მარეგულირებელი ორგანოს მიერ გრძელვადიანი რეგულირების i წლისთვის ;

HDⁱ- რეგულირების პერიოდში ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმა;

SHMH_i-დანახარჯების ჯამი, გათვალისწინებული რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდისთვის მარეგულირებელი ორგანოს მიერ დამტკიცებული საინვესტიციო პროგრამაში, დაწყებული 1-0 წლიდან დამთავრებული 1-1 წლისთვის;

თავი 3.

საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში დასანერგად ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტიპების შერჩევა

თანამედროვე დროში არსებობს ობიექტური წინამძღვრები იმისა, რომ ფართოდ დაინერგოს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები ელექტრულ სადგურებში. ექსპერტების შეფასებით ელექტროენერჯოენერჯის დამაგროვებლების მსოფლიო ბაზრის წლიური მატება 27%-ს შეადგენს. ამ ეტაპზე კვლევები აჩვენებს, რომ „NAVIGANT“-ის კვლევებით 2028 წლისთვის ელექტროსისტემაში ლითიუმ-იონის ტიპის ბატარიების მოცულობა 28 გიგავტ.სთ-ს გადააჭარბებს.

მოსალოდნელია, რომ 20230 წლისთვის ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ჯამური ტევადობა გაიზრდება 345 გიგავტ-მდე და დამაგროვებლების სწრაფი განვითარებისათვის საჭირო იქნება ინვესტიციები, რომელიც აღემატება 265 მილიარდს. მეცნიერთა ნაწილის შეფასებით 2025 წლისათვის ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტექნოლოგიებსა და მათ შენახვაზე შეიძლება იყოს ინვესტირებული 500-700 მილიარდი დოლარი. ექსპერტების შეფასებით ორ უმსხვილეს ბაზარზე ამერიკასა და ჩინეთში 2030 წლისათვის ექსპლუატაციაში იქნება მთელი მსოფლიოს ელექტროენერჯის შემნახველი სისტემების 50%. 2030 წლისათვის ჩინეთი გეგმავს ააშენოს ახალი ელექტროენერჯის შემნახველი სისტემები ჯამური სიმძლავრით 30 გიგავტ. დამაგროვებლების ბაზრის მსხვილ მონაწილეებში ასევე შედიან: ინდოეთი, ავსტრალია, გერმანია, იაპონია და დიდი ბრიტანეთი. მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანა აქტიურად იყენებს ელექტროენერჯის წარმოებაში დამაგროვებელ სისტემებს. მაკკინსის გლობალური ინსტიტუტის მიხედვით, ენერჯის შენახვის ტექნოლოგიები გლობალური ეკონომიკის განვითარებისთვის თორმეტ ყველაზე მნიშვნელოვანს შორისაა. Bloomberg New Energy Finance ელოდება, რომ ენერჯის შესანახი მოწყობილობების დადგმული სიმძლავრე 2040 წლისთვის მიაღწევს 1,095 გიგავატს, დაახლოებით 2,850 გიგავტ.სთ სიმძლავრით.

ანალიტიკოსები [53,54] ამტკიცებენ, რომ 2030 წლისთვის აშენებული ელექტროენერჯის დამაგროვებლების 55% უზრუნველყოფენ ელექტრომომხმარებლის გადაადგილებას (მოხმარების გადატანას მწვანე ელექტროსადგურების დროში, როდესაც მოხმარება აჭარბებს მოთხოვნას) და შესაძლებლობას კომბინირებული ელექტროენერჯის ობიექტების, რომლებშიც ალტერნატიული ენერჯეტიკის ტექნოლოგიები (განსაკუთრებით მზისა და ქარის გენერაციის) ინტეგრირებული იქნებიან შემნახველ აკუმულატორულ სადგურებში. პერსპექტივაში ეს იქნება ჩვეულებრივი მოვლენა მთელი მსოფლიოსთვის.

ელექტროენერჯის დამაგროვებელ სისტემებს გააჩნიათ უნდარი ერთდროულად მართონ აწტიური და რეაქტიული სიმძლავრეები, შეასრულონ მაღალი ჰარმონიკების ფილტრის ფუნქცია, დააკონპენსირონ ასიმეტრიული ძაბვები.

აღნიშნულიდან გამომდინარე საქართველოში განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს გენერაციის ობიექტებზე დამაგროვებელი სისტემების დამერგვა. განსაკუთრებით მომავალში ასაშენებელ მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში. ირკვევა, რომ საქართველოში ამ მიმართულებით პრაქტიკულად არ არის ჩატარებული სათანადო კვლევითი სამუშაოები და არცერთ ობიექტზე არ არის დანერგილი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები. პრობლემის აქტუალობიდან გამომდინარე გადაუდებელ ამოცანად ითვლება საქართველოში ახლად მშენებარე ობიექტებზე ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა. თანამედროვე სამყაროში ენერჯია მნიშვნელოვანი ცვლილებების ზღვარზეა. ამ ცვლილებების ერთ-ერთი მთავარი ეტაპია ენერჯის შენახვის სისტემების გამრავლება და ენერჯის შენახვის ღირებულების შემცირება. ამ ტექნოლოგიების დანერგვით, ელექტროსადგურებს შეეძლებათ ელექტრომოწყობილობისა და ქსელების, ასევე მომხმარებლების მუშაობის ოპტიმიზაცია, დატვირთვის გათანაბრება და ენერჯის შენახვა შემდგომი გამოყენებისთვის. გარღვევა ელექტროენერჯის შენახვის სისტემების სფეროში შეიძლება გახდეს განახლებადი ენერჯის წყაროების (RES) გამოყენების გაფართოების სტიმული. ეს საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსთვის, რომლებიც ტექნოლოგიურად არ არიან დაკავშირებული ქვეყნის ერთიან ენერჯოსისტემასთან.

მსოფლიოში სხვადასხვა სახის ელექტროენერგეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების სპეციფიკიდან გამომდინარე და დაბალი სიმძლავრეების გათვალისწინებით ყველაზე ეფექტური ჩვენის აზრით შეიძლება იყოს ელექტროენერჯის ელექტროქიმიური დამაგროვებელი. მათ განეკუთვნებიან: ტყვია-მჟავის, ნიკელ-კადნიუმის, ნიკელ მეტალო ჰიბრიდული, ნატრიუმ-გოგირდოვანი, ლითიუმ-იონური, გადინებადი რედოქს აკუმულიტორები.

ზემოთ მოყვანილი ანალიზიდან გამომდინარე დგება ამოცანა იმის შესახებ, რომ ელექტროქიმიური ელექტროენერჯის დამაგროვებლების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე შეირჩეს საქართველოში გამოყენებისათვის ყველაზე ოპტიმული ვარიანტი, მისაღები ტიპის.

განვითარებულ ქვეყნებში მიღწეული შედეგების, საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების სეზონურობისა და პოტენციალის გათვალისწინებით შერჩეულია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების სხვადასხვა ტიპი. იმისათვის, რომ დადგინდეს აღნიშნული ტიპებიდან საუკეთესოს შერჩევა ჩატარებულია მათი შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი. ტექნიკური მაჩვენებლები მოცემულია შეტანილია 3.1 ცხრილში. [53,54], ხოლო ეკონომიკური მაჩვენებლები ასახულია 3.2 ცხრილში [59,60,61].

როგორც ცხრილი 3.1-ის ტექნიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზიდან ჩანს ტექნიკური მაჩვენებლების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი უპირატესობა გააჩნია ლითიუმ-იონის ტიპის ელექტროენერჯის დამაგროვებელ აკუმულატორულ ბატარიებს. ამ სახის ბატარიებს ყველაზე მაღალი აქვთ ციკლორობა, ელექტორტევადობა, ხვედრითი სიმძლავრე, სისტემაში შესასვლელად დაბალი დრო, განმუხტვის დაბალი დრო, ყველაზე მაღალი მქკ , მაღალი სამსახურის ვადა. ლითიუმ იონის ტიპის ბატარია ყველა ეკონომიკური პარამეტრის მიხედვით საუკეთესო მაჩვენებლები აქვს. გააჩნია მშენებლობის დაბალი ღირებულება , ყველაზე მცირედია სასიტემო დანაკარგები, გააჩნია მაღალი ეფექტიანობა და დაბალი საოპერაციო ხარჯები.

ცხრილი 3.1. ქიმიური ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ტექნიკური მაჩვენებლები

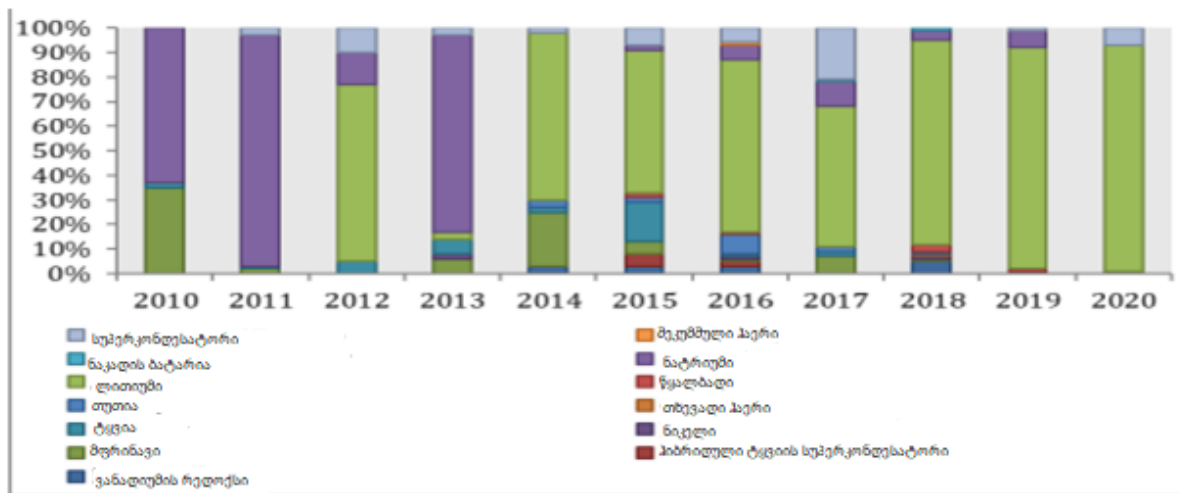
მოწყობილობების ტიპები	ხვედრითი ელექტროტევადობა, ვტ*სთ/კვ	ხვედრითი სიმძლავრე, ვტ/კვ	თვითგანმუხტვის, %	ციკლურობა	მრგ, %	ექსპლუატაციის ვადა
ტყვია-მჟავა	20-30	75-300	5	<1000	<85	15
ნიკელ-კადიუმი	35-50	150-300	20	<2000	<85	20
ნიკელი-ლითონის ჰიბრიდი	50-120	200-1200	30	<1000	<75	10
ნატრიუმ-გოგირდის	150-240	150-230	15	>1000	<75	10
ლითიუმ-იონის	150-250	500-2000	10	>10 000	<90	20

ცხრილი 3.2. ქიმიური ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ეკონომიკური მაჩვენებლები

	პარამეტრი	განზომილება	ნიკელ-ნატრიუმ-გოგირდის ბატარეა		ლითიუმ-იონის ბატარეა		ტყვია-მჟავა		ნატრიუმ-ლითონის ჰალიდი		ნიკელ-კადიუმი	
			2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
ექსპლუატაციაში შესასვლელი ხარჯები	შენახვის ბლოკი	\$/კვტ სთ	661	465	165	99	260	220	700	482	265	192
	სასისტემო ბალანსი	\$/კვტ სთ	100	95	38	27	100	95	100	95	150	91
	აღჭურვილობა	\$/კვტ	133	127	63	54	176	167	115	110	173	164
	კონტროლი და კომუნიკაცია	\$/კვტ	7	6	2	1	4	3	5	4	4	3
	სისტემასთან ინტეგრაცია	\$/კვტ სთ	100	95	44	31	62	54	59	53	55	47
	შესყიდვები, ინჟინერია და მშენებლობა	\$/კვტ სთ	64	61	53	43	54	50	53	48	51	46
	პროექტის განვითარება	\$/კვტ სთ	102	97	63	52	84	81	82	77	81	75
	ქსელში ინტეგრაცია	\$/კვტ	48	45	20	16	27	26	26	24	25	23
	მთლიანი ღირებულება (მშენებლობა და ექსპლუატაციაში შესვლა)	\$/კვტ	3626	2674	1541	1081	2194	1854	3710	2674	2202	1730

	მთლიანი ღირებულება (მშენებლობა და ექსპლუატაციაში შესვლა)	\$/კვტ სთ	907	669	385	270	549	464	928	669	551	433
საოპერაციო ხარჯები	ფიქსირებული	\$/კვტ - წელი	11.5	10.3	3.79	3.1	7.61	6.98	7.87	7.11	6.67	6.31
	ცვალებადი	\$/მგვ ტსთ	1.12		0.5125		0.99		1.1		0.87	
	სასისტემო დანაკარგი	\$/კვტ სთ	0.032	0.03	0.005	0.004	0.03	0.024	0.031	0.027	0.03	0.026
აღწერა	ეფექტიანობა	%	75%	76%	86%	88%	78%	79%	79%	81%	79%	82%
	რეაგირების დრო	წმ	11-13		1-4		9-11		10-11		8-9	

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული გათვალისწინებით ამას ემატება ის ფაქტიც, რომ [53] ლითიუმ-იონის ტიპის ბატარიების წარმოება და ექსპლუატაციაში შეყვანა ყველაზე მაღალი ტემპით მიმდინარეობს. რაც წარმოდგენილია ნახაზ 3.1-ზე.



ნახ. 3.1. ტიპების მიხედვით დანერგილი სისტემების სრუქტურა

ამრიგად საქართველოს მზის, ქარისა და წყლის მოდინება მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დასანერგად ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე ყველაზე მიზანშეწონილად ჩათვლილია ლითიუმ-იონური ტიპის ბატარიების მასიურად გამოყენება.

თავი 4.

მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებთან დამაგროვებელი სადგურების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასება

სადისერტაციო ნაშრომის ამ თავში შესწავლილია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების სისტემების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები, საქართველოს სპეციფიკის გათვალისწინებით შემუშავებულია ქვეყანაში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებით მომუშავე ელექტროსადგურების ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი. მოძიებულია ეფექტიანობის შეფასებისთვის საჭირო საწყისი სტატისტიკური ინფორმაცია. ანგარიშის შედეგების მიხედვით შეფასებულია მითითებულ ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ეფექტიანობა.

4.1. საქართველოში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების მზის ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება

საქართველოში, სადაც ელექტროენერჯის წარმოება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ამინდის ცვალებადობაზე, სეზონურობასა და საბაზისო ელექტროენერჯის წარმოების დაბალი წილის პირობებში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს განახლებად ენერჯიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში და მთლიანად ელექტროსისტემაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა. დასმული ამოცანის გადაწყვეტის განსაკუთრებულად აქტუალობას განაპირობებს ის ფაქტი, რომ მზის ენერჯეტიკა მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მზარდი დარგია. ზოგიერთ ქვეყანაში მზის ენერჯის წილი ელექტროენერჯის მთლიან გამომუშავებაში თითქმის 10-15% შეადგენს. საქართველოსაც გააჩნია მზის ენერჯის გამოყენებით ელექტროენერჯის წარმოების გარკვეული პოტენციალი. ცხრილ 4.1-ში და ნახაზ 4.1-ში მოყვანილია საქართველოში მზის

ელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის წარმოების პოტენციალი და განლაგების გეოგრაფია.

სტატიაში [59] გაკეთებულია მზის სადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასება ცალკეულ სადგურებზე. თუმცა დეტალური ანალიზი არ არის გაკეთებული ელექტროენერჯის წარმოებაზე მზის ენერჯის პონენციალის ეფექტიან შეფასების შესახებ. საქართველოში მზის პოტენციალის განვითარებაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების შეფასება საერთოდ არ არის შესწავლილი. ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოებაში მზის ენერჯის გამოყენების თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის მიზნით სიღრმისეულად იქნა შესწავლილი და მეცნიერულად გაანალიზებული მზის ენერჯეტიკის განვითარებაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები.

მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების შეფასების ალგორითმი ნაჩვენებია #2 თავში და ანგარიშის ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ} = \frac{\sum_{m=1}^t (W_i * T + CKm + Zkm + DRm - Cm - Hm - BKm - Dm - Jmi) + F}{(1 + Em)^t} \quad (4.1)$$

გამოსახულება (4.1) იძლევა საშუალებას, რომ სათანადო საწყისი ინფორმაციის მოძიების შემდგომ, საქართველოში მზის ელექტროსადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა. მოძიებული ამ მიზნით მოძიებულ იქნა [16,17,49,59] საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმის შესაბამისად დაგეგმილი მზის ელექტროსადგურების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები, საჭირო ინვესტიციების მოცულობა, საოპერაციო ხარჯები, საერთაშორისო გამოცდილების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია 1 კვტ.სთ წარმოების ღონისძიებები, საქართველოში მთავრობის მიერ დადგენილი ტარიფი და სხვა აუცილებელი სტატისტიკური მაჩვენებლები ანგარიშის ჩასატარებლად. მაჩვენებლები შეტანილია 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ცხრილებში.

ცხრილი.4.1. საქართველოში მზის სადგურების მიერ ელექტროენერჯის წარმოების პოტენციალი და განლაგების გეოგრაფია

პროექტი	რეგიონი	დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	წლიური გენერაცია (გვტ.სთ)
უდაბნო	კახეთი	5	8
ალგეთი	ქვემო ქართლი	50	67
ახალციხე-1	სამცხე-ჯავახეთი	50	65
ახალციხე-2	სამცხე-ჯავახეთი	50	65
გარდაბანი-1	ქვემო ქართლი	50	68
გარდაბანი-2	ქვემო ქართლი	50	68
გლდანი	თბილისი	50	67
კასპი	შიდა ქართლი	50	66
მარნეული	ქვემო ქართლი	50	67
სააკაძე	ქვემო ქართლი	50	67
ქსანი	შიდა ქართლი	50	66
გარეჯი	კახეთი	15	20
	ჯამი	520	694

საერთაშორისო ორგანიზაცია IRENA-ს [4] კვლევების თანახმად მზის სადგურების მშენებლობისა და გამომუშავებული კილოვატსაათების თვითღირებულება ყოველწლიურად კლების ტენდენციით ხასიათდება. IRENA-ს 2020 წლის ანგარიშიდან აღებულია 11 წლიანი მონაცემები, რომლებიც მოცემულია ცხრილ 4.2-ში.

ცხრილი 4.2. 1კვტ მზის სადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის თვითღირებულება

პერიოდი	1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება	1 კვტსთ გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება
2010	4731	0.381
2011	4007	0.289
2012	3021	0.217
2013	2647	0.168
2014	2393	0.154
2015	1823	0.117
2016	1657	0.104
2017	1432	0.083
2018	1223	0.07
2019	1009	0.062
2020	883	0.057

ასევე მსოფლიოს წამყვან სხვადასხვა ქვეყნებშიც აქტიურად ვითარდება მზის სადგურების მშენებლობები, რომლის ფასების მოცემულია ცხრილ 4.3-ში.

ცხრილი 4.3. მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნებში მზის ელექტროსადგურების ღირებულება წლების მიხედვით

ქვეყანა	მზის სადგურების მშენებლობის ღირებულებები წლების მიხედვით										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ავსტრალია					2879	2247	1979	1694	1580	1384	1282
ბრაზილია							2151	1583	1242	984	710
ჩინეთი		3230	2524	2142	1680	1419	1299	1240	947	769	691
საფრანგეთი	8632	4193	2922	2966	2913	2288	1876	2163	2022	1697	1348
გერმანია		3536	2284	1949	1710	1282	1369	1305	1274	1127	1136
ინდოეთი								1021	912	827	651
იტალია	5466	4663	2630	2076	2039	1589	1459	1326	1194	1153	1067
იაპონია			5298	4260	3158	2449	2382	2295	2100	2003	1717
მალაიზია					2680	1906	1838	1285	1065	932	881
კორეა								1663	1462	1305	1060
ესპანეთი		4354	3799	3559	3204	1453	1437	1263	1153	1092	849
ინგლისი							1906	1750	1681	1572	1545
არიზონა (აშშ)	7112	6289	5542	4391	3615	3878	3476	3143	2718	2782	2600
კალიფორნია (აშშ)	6565	6338	5027	4987	3710	3610	3739	3545	3234	3132	2970
თურქია	7389	6624	5538	4296	3829	3540	3291	2860	2709	2677	2600

ვინაიდან მოძიებული ცვალებადობის დინამიკის შესახებ არსებობს 11 წლიანი დინამიკა, ექსტრაპოლაციის საშუალებით შესაძლებელი ხდება საშუალოვადიანი პროგნოზირება ექსელის საშუალებივ, რაც გვაძლევს მათემატიკურ მოდელსა და მისი საშუალებით გამოთვლილია მომდევნო 10 წლიანი პროგნოზირება, რომელიც გამოსახულია ცხრილ 4.4-სა და ნახაზ 4.1-ზე.

2010-2020 წლის მონაცემების გათვალისწინებით შეფასდა 1 კვტ მზის სადგურის მშენებლობის ფასის კლების ტენდენცია და 1 კვტ სთ-ის თვითრიღებულება ქვემოთ მოცემული ფორმულა 4.2-ისა და 4.3-ის საშუალებით განისაზღვრა მომდევნო ხუთი წლის საპროგნოზო მაჩვენებლები, რომლებიც გამოსახულია ცხრილ 4.3-სა და ნახ.4.1.-ზე.

$$y=0.4e^{-0.19x}; R^2 = 0.9827 \tag{4.2}$$

სადაც,

x არის საპროგნოზო პერიოდი,

R² - პროგნოზის სიზუსტის საზომი.

$$y=0.4e^{-0.19x}; R^2 = 0.9827 \tag{4.3}$$

სადაც,

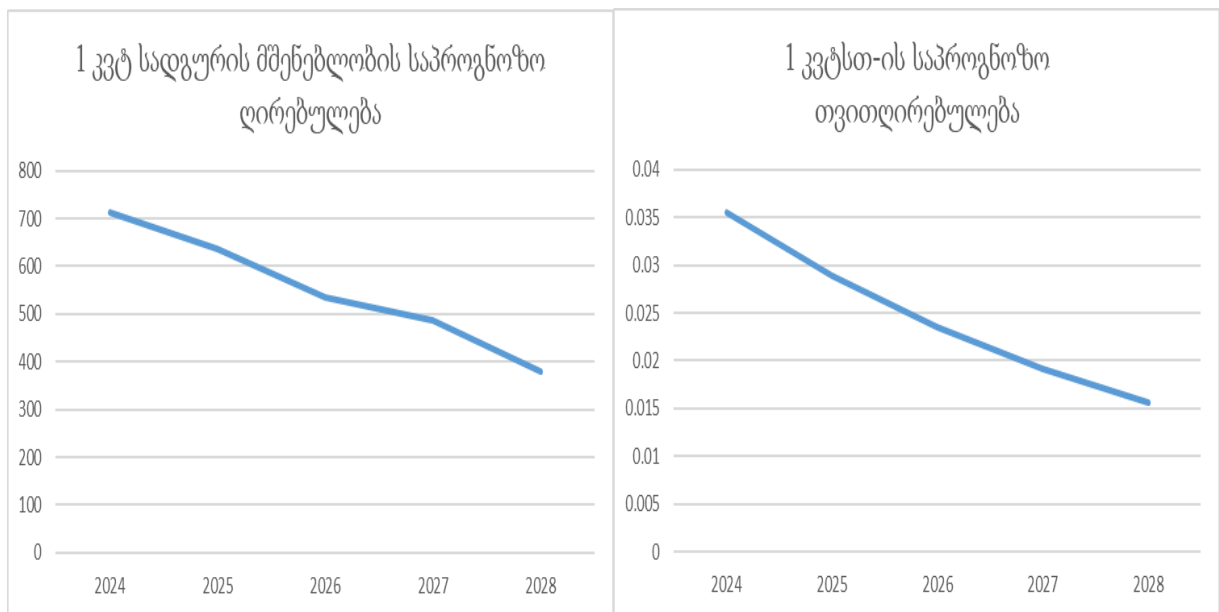
x არის საპროგნოზო პერიოდი,

R² - პროგნოზის სიზუსტის საზომი

e არის ირაციონალური რიცხვი და უდრის 2.78-ს

ცხრილი 4.4 . 1 კვტ მზის ელექტროსადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება

საპროგნოზო პერიოდი	1 კვტ სადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება	1 კვტსთ-ის საპროგნოზო თვითღირებულება
2024	711.4	0.03556
2025	637.4	0.02894
2026	533.5	0.02355
2027	488	0.01916
2028	380.1	0.01559



ნახ. 4.1. 1 კვტ მზის სადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება

საპროგნოზო მაჩვენებლები საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ მზის სადგურების მშენებლობის ეფექტიანობა საქართველოში. საქართველოში მზის პოტენციალის გათვალისწინებით რეგიონებად, მოხდა მათი საპროგნოზო მშენებლობის პერიოდის განსაზღვრა, არჩეულ იქნა მშენებლობის პერიოდისათვის საპროგნოზოდ გათვლილი 1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება. აღნიშნული ინფორმაცია შეტანილია ცხრილ 4.5-ში.

ცხრილი 4.5. მზის სადგურების საპროგნოზო პერიოდი და საპროგნოზო სამშენებლო ღირებულება

პროექტის დასახელება	დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	წლიური გენერაცია (გვტ.სთ)	საპროგნოზოდ მშენებლობის პერიოდი (წელი)	1 კვტ-ის ელექტროენერჯის მშენებლობის ღირებულება	სადგურის მშენებლობის ჯამური ღირებულება (აშშ მლნ დოლარი)
უდაბნო	5	8	2025	637.4	3.187
ალგეთი	50	67	2025	637.4	31.87
ახალციხე-1	50	65	2026	533.5	26.675
ახალციხე-2	50	65	2026	533.5	26.675
გარდაბანი-1	50	68	2025	637.4	31.87
გარდაბანი-2	50	68	2025	637.4	31.87
გლდანი	50	67	2026	533.5	26.675
კასპი	50	66	2026	533.5	26.675
მარნეული	50	67	2027	488	24.4
სააკაძე	50	67	2027	488	24.4
ქსანი	50	66	2025	637.4	31.87
გარეჯი	15	20	2026	533.5	8.0025
ჯამი	520	694			294.1695

მსოფლიო გამცდილების მაგალითზე შერჩეულ იქნა მზის სადგურის სიმძლავრის შესაბამისი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები და გამოყებულია მისი საპროგნოზო ღირებულება. აღნიშნული ინფორმაცია შეტანილია ცხრილ 4.6-ში.

ცხრილი 4.6. საქართველოს მზის პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება მზის სადგურის მშენებლობასთან ერთად

პროექტის დასახელება	დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	წლიური გენერაცია (გვტ.სთ)	საპროგნოზოდ მშენებლობის პერიოდი (წელი)	1 კვტ-ის ღირებულება	სადგურის მშენებლობის ჯამური ღირებულება (აშშ მლნ დოლარი)
უდაბნო	5	8	2025	637.4	3.187
ალგეთი	50	67	2025	637.4	31.87
ახალციხე-1	50	65	2026	533.5	26.675
ახალციხე-2	50	65	2026	533.5	26.675
გარდაბანი-1	50	68	2025	637.4	31.87
გარდაბანი-2	50	68	2025	637.4	31.87

გლდანი	50	67	2026	533.5	26.675
კასპი	50	66	2026	533.5	26.675
მარნეული	50	67	2027	488	24.4
სააკაძე	50	67	2027	488	24.4
ქსანი	50	66	2025	637.4	31.87
გარეჯი	15	20	2026	533.5	8.0025
ჯამი	520	694			294.1695

პროექტის დასახელება	მზის სადგურის დადმული სიმძლავრის გათვალისწინებით ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საჭირო სიმძლავრე	ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების საპროგნოზო ღირებულება მითითებულ წელს დოლარი (1 კვტ)	ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)	მზისა ელექტროსადგურისა და ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)
უდაბნო	1.5	324	0.486	3.673
ალგეთი	18	324	5.832	37.702
ახალციხე-1	18	312	5.616	32.291
ახალციხე-2	18	312	5.616	32.291
გარდაბანი-1	18	324	5.832	37.702
გარდაბანი-2	18	324	5.832	37.702
გლდანი	18	312	5.616	32.291
კასპი	18	312	5.616	32.291
მარნეული	18	300	5.4	29.8
სააკაძე	18	300	5.4	29.8
ქსანი	18	324	5.832	37.702
გარეჯი	5	312	1.56	9.5625
ჯამი			58.638	352.8075

საქართველოში მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის გამოყენების ეფექტიანობა შეფასებულია ფორმულა 4.1-ისა და ფორმულა 2.4-ის მიხედვით. ამ მიზნით შესწავლილია მითითებული ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის რეჟიმები, დადგენილია ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავების მოცულობა, შეფასებულია მის ოპერატიული რეზერვში გამოყენების პერსპექტივა, სეზონურობის თვისებურება, აღნიშნული მონაცემები შეტანილია ცხრილ 4.7-ში. 1 კვტ.სთ ტარიფი დადგენილია საქართველოს მთავრობის სპეციალური გადაწყვეტილების მიხედვით.

ცხრილი 4.7. მზის ელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია

მაჩვენებლები	საანგარიშო პერიოდი					
	პროექტი ალგეთი					
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	37.7					
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	34.68	31.91	29.36	27.01	24.84	22.86
სამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	3.02	2.78	2.56	2.35	2.16	1.99
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	10%	10%	10%	10%	10%	10%
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	7.8	6.6	5.5	4.6	3.9	3.3
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.46	0.42	0.39	0.36	0.33
მზის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
მზის სადგურის მიერ საშუალო წლიური	67	67	67	67	67	67
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად მზის სადგურის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ქვესადგურის მშენებლობის ღირებულება მლნ ლარი	3					
შემოსავლები არაეკონომიური	0	0	0	0	0	0

საექმანობიდან (მილიონი ლარი)						
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0

მაჩვენებლები	საანგარიშო პერიოდი				
	პროექტი ახალციხე-1				
	2026	2027	2028	2029	2030
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	32.3				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	29.72	27.34	25.15	23.14	21.29
სამორტიზაციო ანარჩებები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	2.58	2.38	2.19	2.01	1.85
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	10%	10%	10%	10%	10%
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	6.7	5.6	4.7	4.0	3.3
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.39	0.36	0.33	0.31
მზის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
მზის სადგურის მიერ საშუალო წლიური	67	67	67	67	67
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად მზის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05

ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)					
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ქვესადგურის მშენებლობის ღირებულება მლნ ლარი	3				
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0

მაჩვენებლები	საანგარიშო პერიოდი					
	პროექტი გარდაბანი-1					
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	37.7					
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	34.69	31.91	29.36	27.01	24.84	22.86
სამორტიზაციო ანარჩებები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	3.01	2.78	2.55	2.35	2.16	1.98
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	10%	10%	10%	10%	10%	10%
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	7.8	6.6	5.5	4.6	3.9	3.3
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.45	0.42	0.38	0.36	0.32
მზის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005

სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
მზის სადგურის მიერ საშუალო წლიური	67	67	67	67	67	67
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად მზის სადგურის მიერ გამოქმუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ქვესადგურის მშენებლობის ღირებულება მლნ ლარი	3					
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0

მაჩვენებლები	საანგარიშო პერიოდი					
	პროექტი სააკაძე					
	2027	2028	2029	2030	2031	2032
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	29.8					
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	27.41	25.23	23.21	21.35	19.64	18.07
სამორტიზაციო ანარჩებები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	2.39	2.19	2.02	1.86	1.71	1.57
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	10%	10%	10%	10%	10%	10%
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	6.2	5.2	4.4	3.7	3.1	2.6

საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.36	0.33	0.30	0.28	0.26
მზის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტრონერგიის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
მზის სადგურის მიერ საშუალო წლიური	67	67	67	67	67	67
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად მზის სადგურის მიერ გამოქმუშავებული ელექტრონერგიის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ქვესადგურის მშენებლობის ღირებულება მლნ ლარი	3					
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0

მაჩვენებლები	საანგარიშო პერიოდი				
	პროექტი გლდან				
	2026	2027	2028	2029	2030
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	32.29				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	29.71	27.33	25.14	23.13	21.28
სამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი)	2.58	2.38	2.19	2.01	1.85

წელიწადში)					
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	10%	10%	10%	10%	10%
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	6.7	5.6	4.7	4.0	3.3
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.39	0.36	0.33	0.31
მზის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
მზის სადგურის მიერ საშუალო წლიური	67	67	67	67	67
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად მზის სადგურის მიერ გამოქმუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ქვესადგურის მშენებლობის ღირებულება მლნ ლარი	3				
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0

მაჩვენებლები	საანგარიშო პერიოდი					
	პროექტი მარნეული					
	2027	2028	2029	2030	2031	2032
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	29.8					

ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	27.42	25.22	23.20	21.35	19.64	18.07
სამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	2.38	2.19	2.02	1.86	1.71	1.57
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	10%	10%	10%	10%	10%	10%
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	6.2	5.2	4.4	3.7	3.1	2.6
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.36	0.33	0.30	0.28	0.26
მზის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერგიის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
მზის სადგურის მიერ საშუალო წლიური	67	67	67	67	67	67
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად მზის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05
მზის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ქვესადგურის მშენებლობის დიდებულება მლნ ლარი	3					
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0	0

ცხრილებში მოცემული საწყისი სტატისტიკური ინფორმაციისა და ფორმულა 4.1-ის, კომპიუტერული პროგრამა ექსელის მეშვეობით დაანგარიშებულია და შეფასებულია დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა მზის ელექტრო სადგურებში. ანგარიშის შედეგები ასახულია ცხრილი 4.8 და ნახ. 4.2.

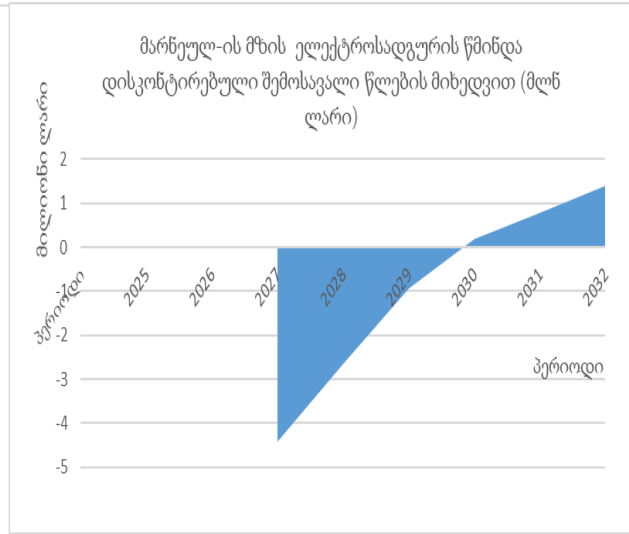
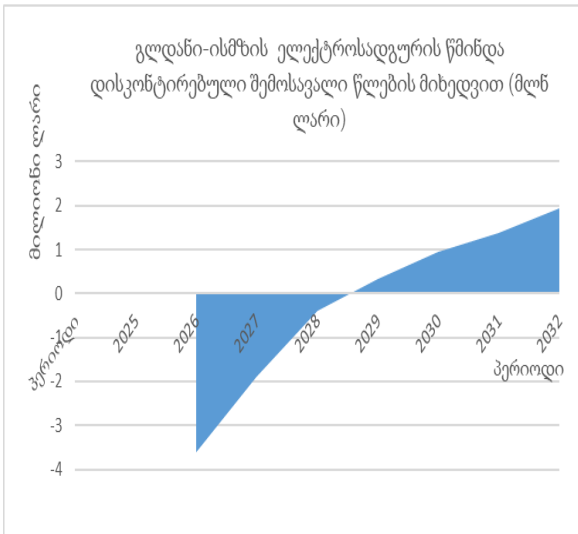
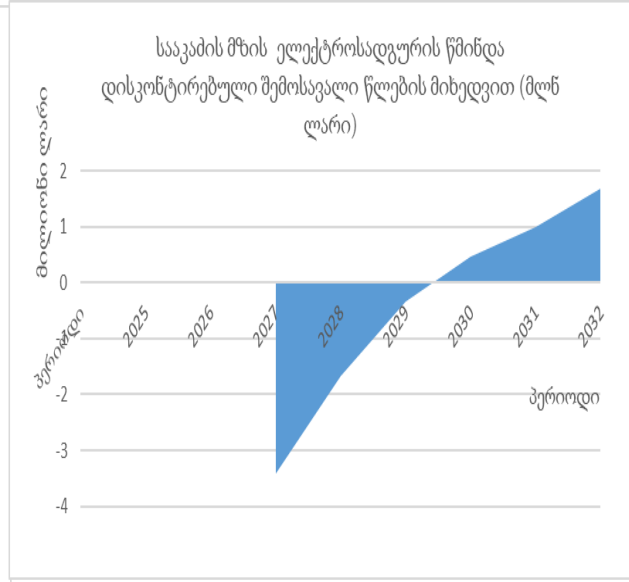
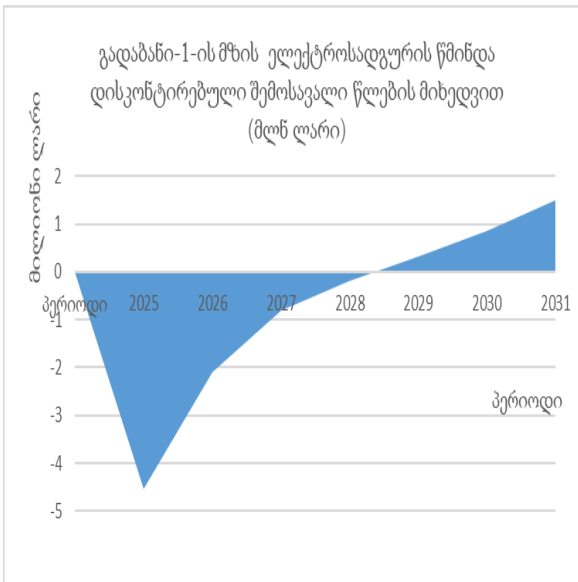
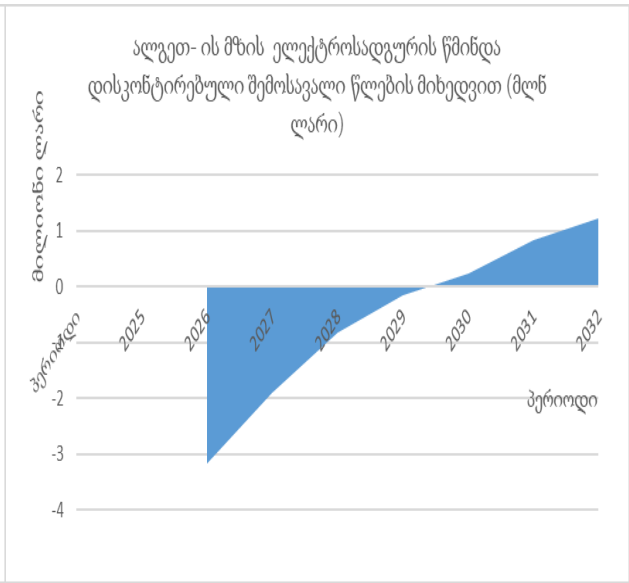
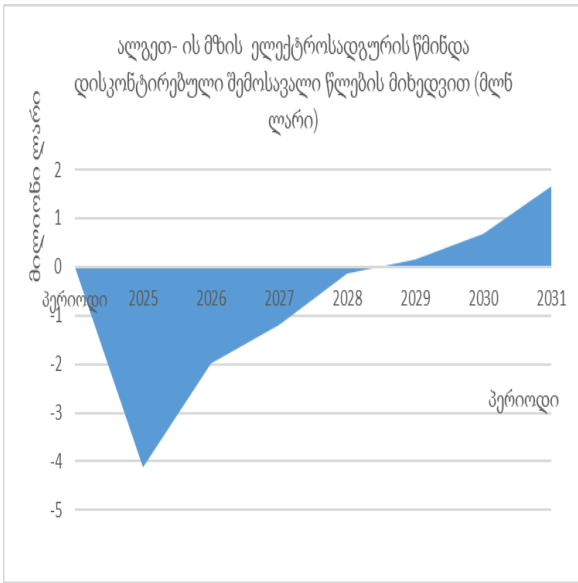
მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის გამოყენებულია ეკონომეტრიკული მოდელით, რომელიც მოცემულია თავი 2-ში ფორმულა 2.4-ით. როდესაც მზის ელექტროსადგურებში ხდება ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა, რაც განაპირობებს გამომუშავებული ელექტროენერჯის ზრდასა და მის გამოყენებას ოპერატიულ რეზერვად. ფორმულა 2.4-ის, ფორმულა 4.1-ის, ცხრილი 4.7-ის, ცხრილი 3.2-ის გათვალისწინებით მოხდა წმინდა დისკონტირებული შემოსავლიანობის დაანგარიშება მზის ელექტროსადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვისთვის, რომლის შედეგები ასახულია ნახ.4.2-სა და ცხრილი 4.8.

ცხრილი 4.8. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მზის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა

პერიოდი	ალგეთ- ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ახალციხე-1- ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	გადაბანი-1-ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-4.11848261		-4.521917608
2026	-1.99448261	-3.171827537	-2.103541332
2027	-1.193265246	-1.906076668	-0.799246809
2028	-0.142808688	-0.821123686	-0.191338588
2029	0.149907327	-0.146630937	0.322795838
2030	0.689424215	0.234572707	0.841706672
2031	1.668591505	0.82467226	1.486864835
2032		1.221864948	

პერიოდი	საკაპის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	გლდანი-ისმზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	მარნეულ-ის მზის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025			
2026		-3.603541332	
2027	-3.415386117	-1.899246809	-4.415386117
2028	-1.661686451	-0.391338588	-2.661686451
2029	-0.333417182	0.322795838	-0.933417182
2030	0.475162884	0.941706672	0.175162884
2031	0.990955621	1.386864835	0.790955621
2032	1.690955621	1.946864835	1.390955621

ზემოთ მოყვანილი კვლევის შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მაღალი ეფექტიანობით ხასიათდება, რაც გამორიცხავს სიხშირულ არასტაბილურობას, საშუალება იქნება სარეზერვო ელექტროენერჯის წყაროების შექმნისა და პიკურ დატვირთვების დროს იმპორტირებული ელექტროენერჯის შემცირების, ყველაზე სწრაფი და საიმედო ელექტროენერჯის გამომუშავების. რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია შესაძლებელი ხდება მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა დაახლოებით 15-20%-ის ფარგლებში.



ნახ. 4.2. წდმ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მზის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა

4.2. საქართველოში ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება

ქარის ენერჯეტიკა მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მზარდი დარგია. ზოგ ქვეყანაში ქარის ენერჯის წილი ელექტროენერჯის მთლიან გამომუშავებაში თითქმის 50% შეადგენს. საქართველოსაც ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნია. საქართველოს ელექტროენერჯეტიკის განვითარების გეგმის მიხედვით ქარის ელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავების მოცულობა შეფასებულია 4 მილიარდი კვტ. სთ-ით. საქართველოს ქარის ენერჯის ელექტროენერჯის წარმოებაში წილების შესახებ სრული ინფორმაცია მოცემულია ცხრილ #4.9-ში.

სტატიაში [60] გაკეთებულია ქარის სადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასება ცალკეულ სადგურებზე. დეტალური ანალიზი არ არის გაკეთებული ელექტროენერჯის წარმოებაზე ქარის ენერჯის პონენციალის ეფექტიან შეფასების შესახებ. საქართველოში ქარის პოტენციალის განვითარებაში დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების შეფასება საერთოდ არ არის შესწავლილი. საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოებაში ქარის ენერჯის გამოყენების თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის მიზნით სიღრმისეულად იქნა შესწავლილი და მეცნიერულად გაანალიზებული ქარის ენერჯეტიკის განვითარებაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები. ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების შეფასების ალგორითმი ნაჩვენებია #2 თავში და ანგარიშის ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$\sum_{m=1}^t \text{წდშ} = \frac{\sum_{m=1}^t (Wi + \Delta W) * T + CK!mi + Zk!m + DR!m - C!m - H!m - BK!m - D!m - J!mt) + F}{(1 + Em)t}$$

(4.4)

გამოსახულება (4.4) იძლევა საშუალებას, შეფასდეს სათანადო საწყისი ინფორმაციის მოძიების შემდგომ, საქართველოში ქარის ელექტროსადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა. ამ მიზნით მოძიებული იქნა [16,17,49,60] საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმის შესაბამისად დაგეგმილი ქარის ელექტროსადგურების ტექნიკურ-

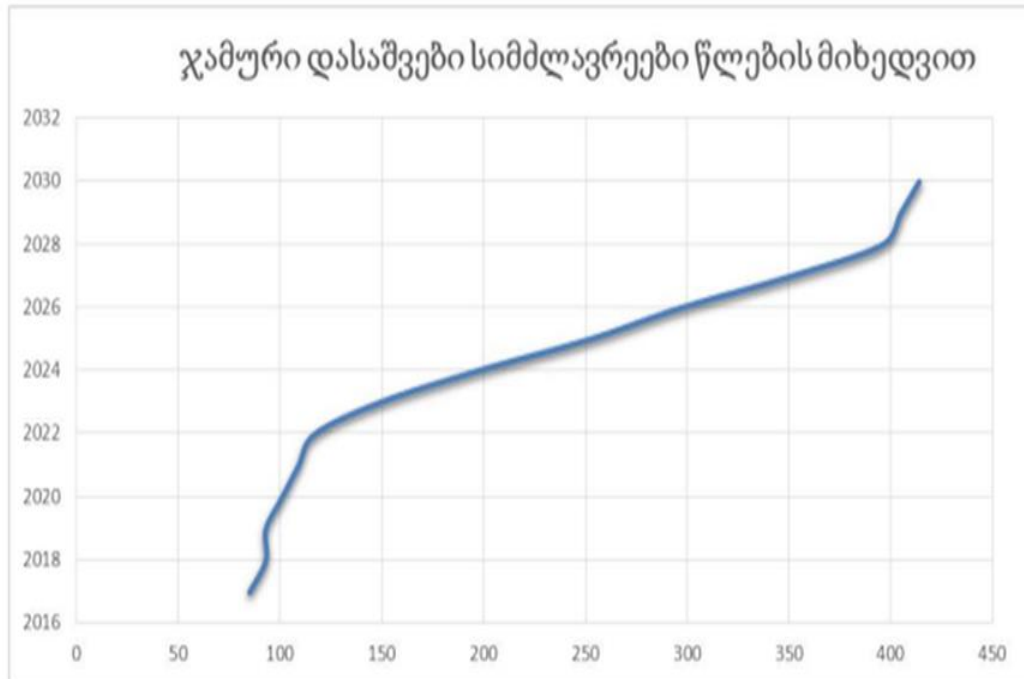
ეკონომიკური მაჩვენებლების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები, თვითღირებულება, ინვესტიციების მოცულობა, საოპერაციო ხარჯები, დაანგარიშებულ იქნა შემოსავლიანობის კოეფიციენტი, სახელმწიფოს მიერ დადგენილი ტარიფი გენერაციის ობიექტებისთვის, რომელიც დადგენილია საქართველოს მთავრობის მიერ და სხვა აუცილებელი სტატისტიკური მაჩვენებლები ანგარიშის ჩასატარებლად. მაჩვენებლები შეტანილია ცხრილ #4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14-ში

ცხრილი 4.9. საქართველოში ქარის ელექტროსადგურის მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავების პოტენციალი

#	ადგილმდებარეობა	სიმძლავრე(მგვტ)	წლიური საპროგნოზო გამომუშავება (მლნ.კვტ.სთ)
1	ფოთი	50	110
2	ჭოროხი	50	120
3	ქუთაისი	100	200
4	მთა საბუეთი I	150	450
5	მთა საბუეთი II	600	2000
6	გორი-კასპი	200	500
7	ფარავანი	200	500
8	სამგორი	50	130
9	რუსთავი	50	150
	ჯამი	1450	4160

უნდა აღინიშნოს, რომ 2021 წლიდან 2030 წლამდე სისტემაში სულ ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გარეშე შესაძლებელია 400 მგვტ ქარის ელ.სადგურების დადგმული სიმლზავრის არსებობა, ისიც, მხოლოდ შემდეგი პირობების შესრულების შემთხვევაში:

- 1) ეგხ. იმერეთის პარალელური 500 კვ მაგისტრალის „ჯვარიწყალტუბო-ახალციხე“ ექსპლუატაციაში შესვლა
- 2) რუსეთთან დამაკავშირებელი მეოე 500 კვ ელექტროგადამცემი ხაზის ექსპლუატაციაში შესვლა
- 3) მძლავრი მარეგულირებელი ჰესების (ხუდონი, ნამახვანი, ნენსკრა და ცხენისწყალი) ექსპლუატაციაში შესვლა:
- 4) არსებულ ქარის ზონებზე ჯამური 400 მგვტ ქარის სიმძლავრის იმგვარად განაწილება, რომ თითოეულ ზონაში არ იყოს 45 მგვტ-ზე მეტი:



საქართველოს ელექტროსისტემის 10 წლიანი განვითარების გეგმის მიხედვით ქარის ელ.სადგურების მაქსიმალური დასაშვები დასაინტეგრირებელი სიდიდეები

ნახ. 4.3. საქართველოს ელექტროსისტემის 10 წლიანი განვითარების გეგმის მიხედვით საქართველოს ქარის ელექტროსადგურების მაქსიმალური დასაშვები დასაინტეგრირებელი სიდიდეები

საერთაშორისო ორგანიზაცია IRENA-ს [4] კვლევების თანახმად ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობისა და გამომუშავებული კილოვატსაათების თვითღირებულება ყოველწლიურად კლების ტენდენციით ხასიათდება. IRENA-ს 2020 წლის ანგარიშიდან აღებულია 11-წლიანი მონაცემები, რომელიც მოცემულია ცხრილი #4.10.

ვინაიდან მოძიებული ცვალეზადობის დინამიკის შესახებ არსებობს 11-წლიანი დინამიკა, ექსტრაპოლაციისა და გამოთვლითი პროგრამა ექსელის საშუალებით შესაძლებელია საშუალოვადიანი პროგნოზირება, მათემატიკური მოდელისა და მისი გამოყენებით გამოთვლილია მომდევნო 10 წლიანი პროგნოზი.

ცხრილი 4.10. წლების მიხედვით 1 კვტ ქარის სადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება

პერიოდი	1 კვტ-იანი ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობის ღირებულება	1 კვტ.სთ გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება
2010	1971	0.089
2011	1939	0.083
2012	1995	0.082
2013	1851	0.079
2014	1797	0.071
2015	1659	0.063
2016	1652	0.06
2017	1647	0.057
2018	1566	0.051
2019	1491	0.045
2020	1355	0.039

2010-2020 წლის მონაცემების გათვალისწინებით შეფასდა 1 კვტ-იანი ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობის ფასის კლების ტენდენცია და 1 კვტ სთ-ის თვითღირებულება ქვემოთ მოცემული ფორმულა 4.5-სა და 4.6-ის საშუალებით განისაზღვრა მომდევნო ხუთი წლის საპროგნოზო მაჩვენებლები, რომლებიც გამოსახულია ცხრილი #4.11-სა და ნახ. 4.4-ზე.

$$y = -248.5\ln(x) + 2115.7; R^2 = 0.7923 \quad (4.5)$$

სადაც,

x არის საპროგნოზო პერიოდი,

R² - პროგნოზის სიზუსტის საზომი.

$$y = 0.1024e^{-0.08x}; R^2 = 0.9683 \quad (4.6)$$

სადაც,

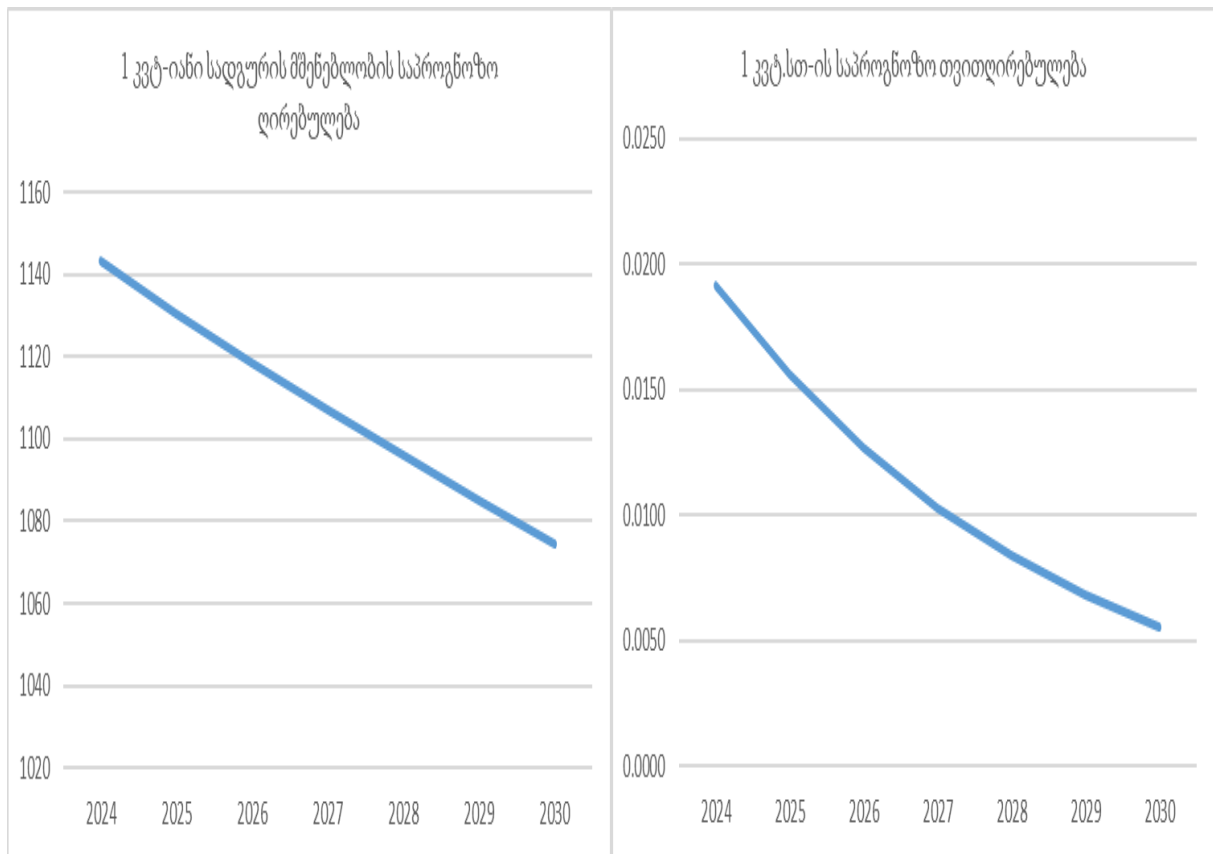
x არის საპროგნოზო პერიოდი,

R² - პროგნოზის სიზუსტის საზომი

e არის ირაციონალური რიცხვი და უდრის 2.78-ს.

ცხრილი 4.11. 1 კვტ-იანი ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება

საპროგნოზო პერიოდი	1 კვტ-იანი სადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება	1 კვტ.სთ-ის საპროგნოზო თვითღირებულება
2024	1143.1	0.01916
2025	1130.4	0.01559
2026	1118.4	0.01269
2027	1107.2	0.01032
2028	1096.1	0.00839
2029	1085.1	0.00682
2030	1074.3	0.00555



ნახ. 4.4. 1 კვტ-იანი ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება

საპროგნოზო მაჩვენებლები საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ ქარის სადგურების მშენებლობის ეფექტიანობა საქართველოში. საქართველოში ქარის

პოტენციალის გათვალისწინებით რეგიონებად, მოხდა მათი საპროგნოზო მშენებლობის პერიოდის განსაზღვრა, არჩეულ იქნა მშენებლობის პერიოდისათვის საპროგნოზოდ გათვლილი 1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება. აღნიშნული ინფორმაცია შეტანილია ცხრილ #4.12-ში.

ცხრილი 4.12. ქარის სადგურების საპროგნოზო პერიოდი და საპროგნოზო სამშენებლო ღირებულება

პროექტის დასახელება	დადგ-მული სიმძლავრე (მგვტ)	წლიური გენერაცია (გვტ.სთ)	საპროგნოზოდ მშენებლობის პერიოდი (წელი)	1 კვტ-ის მშენებლობის ღირებულება	სადგურის მშენებლობის ჯამური ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)
ფოთი	50	110	2025	1130.4	56.52
ჭოროხი	50	120	2025	1130.4	56.52
ქუთაისი	100	200	2026	1118.4	111.84
მთა-საბუეთი I	150	450	2026	1118.4	167.76
მთა-საბუეთი II	600	2000	2025	1130.4	678.24
გორი-კასპი	200	500	2025	1130.4	226.08
ფარავანი	200	500	2025	1130.4	226.08
სამგორი	50	130	2026	1118.4	55.92
რუსთავი	50	150	2026	1118.4	55.92
ჯამი	1450	4160			1634.88

საქართველოში ქარის პოტენციალის გათვალისწინებით რეგიონებად, მსოფლიო გამცდილების მაგალითზე შერჩეულ იქნა ქარის სადგურის სიმძლავრის შესაბამისი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები და გამოთვლილია მისი საპროგნოზო ღირებულება. აღნიშნული ინფორმაცია შეტანილია ცხრილ #4.13-ში.

ცხრილი 4.13. საქართველოს ქარის პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება ქარის სადგურის მშენებლობასთან ერთად

პროექტის დასახელება	დადგ-მული სიმძლავრე (მგვტ)	წლიური გენერაცია (გვტ.სთ)	საპროგნოზოდ მშენებლობის პერიოდი (წელი)	1 კვტ-ის მშენებლობის ღირებულება	სადგურის მშენებლობის ჯამური ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)
ფოთი	50	110	2025	1130.4	56.52
ჭოროხი	50	120	2025	1130.4	56.52
ქუთაისი	100	200	2026	1118.4	111.84
მთა-საბუეთი I	150	450	2026	1118.4	167.76
მთა-საბუეთი II	600	2000	2025	1130.4	678.24
გორი-კასპი	200	500	2025	1130.4	226.08
ფარავანი	200	500	2025	1130.4	226.08
სამგორი	50	130	2026	1118.4	55.92
რუსთავი	50	150	2026	1118.4	55.92
ჯამი	1450	4160			1634.88
პროექტის დასახელება	გენერაციის ობიექტთან განთავსებული ელექტროენერგიის დამაგროვებელი სისტემის დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	ელექტროენერგიის დამაგროვებელი სისტემის საპროგნოზო ღირებულება მითითებულ წელს დოლარი (1 კვტ)	დამაგროვებელი ელექტრო სისტემის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)	ქარის ელექტროსადგურისა და ელექტროენერგიის დამაგროვებელი სისტემის მშენებლობის ღირებულება ერთად (მლნ აშშ დოლარი)	
ფოთი	17	324	5.508	62.028	
ჭოროხი	17	324	5.508	62.028	
ქუთაისი	33	312	10.296	122.136	
მთა-საბუეთი I	50	312	15.6	183.36	
მთა-საბუეთი II	200	324	64.8	743.04	
გორი-კასპი	67	324	21.708	247.788	
ფარავანი	67	324	21.708	247.788	
სამგორი	17	312	5.304	61.224	
რუსთავი	17	312	5.304	61.224	
ჯამი				1790.616	

ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემის გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება შესრულებულია ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელით, ფორმულა 4.4-ითა და 2.2-ით. ამ მიზნით შესწავლილია მითითებული ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის რეჟიმები, დადგენილია ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავების მოცულობა, შეფასებულია მის ოპერატიული რეჟერვში გამოყენების პერსპექტივა, სეზონურობის თვისებურება, დაანგარიშებისთვის აუცილებელი ინფორმაცია შეტანილია ცხრილ 4.14-ში.

ცხრილი 4.14. ქარის ელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია

მაჩვენებლები	საანგარიშო პერიოდი				
	2025	2026	2027	2028	2029
პროექტი ფოთი					
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	156.5604				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	144.035557	132.51274	121.91168	112.15875	103.18607
სამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	12.5248293	11.5228446	10.601016	9.752936	8.9727016
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	110	110	110	110	110
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული	22	22	22	22	22

ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)					
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	31.31208	26.3021496	22.093806	18.558794	15.589385
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	31.31208	26.3021496	22.093806	18.558794	15.589385
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
გადასახადები (მილიონი ლარი)		1.9876911	1.8286752	1.6823813	1.5477907
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	171.81756				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	158.072143	145.426402	133.79225	123.08887	113.24178
სამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	13.7454023	12.6457754	11.634109	10.703382	9.8471121
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	35.597651	29.9020359	25.117711	21.098878	17.723062
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.51756346	0.51756359	0.5175634	0.5175635	0.5175636
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.26310391	0.2420555	0.2226911	0.2048758

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ჭოროხი				
	2025	2026	2027	2028	2029
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	156.5604				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	144.035557	132.51274	121.91168	112.15875	103.18607
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	12.5248293	11.5228446	10.601016	9.752936	8.9727016
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	120	120	120	120	120
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	24	24	24	24	24
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	31.31208	26.3021496	22.093806	18.558794	15.589385
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	31.31208	26.3021496	22.093806	18.558794	15.589385
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
გადასახადები (მილიონი ლარი)		1.9876911	1.8286752	1.6823813	1.5477907
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	171.81756				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	158.072143	145.426402	133.79225	123.08887	113.24178
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	13.7454023	12.6457754	11.634109	10.703382	9.8471121
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	35.597651	29.9020359	25.117711	21.098878	17.723062
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.51756346	0.51756359	0.5175634	0.5175635	0.5175636
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.26310391	0.2420555	0.2226911	0.2048758

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ქუთაისი				
	2026	2027	2028	2029	2030
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	309.7968				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	285.013035	262.212045	241.23501	221.93622	204.18136
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	24.7837386	22.8010428	20.976958	19.298803	17.7549
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	200	200	200	200	200
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	40	40	40	40	40
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	61.95936	52.0458672	43.718528	36.723557	30.847785
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	61.95936	52.0458672	43.718528	36.723557	30.847785
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
გადასახადები (მილიონი ლარი)		3.93318068	3.6185251	3.3290433	3.0627197
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	338.31672				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	311.251359	286.351309	263.44312	242.36768	222.97831
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	27.0653328	24.9001164	22.908098	21.075454	19.389419
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	70.0934208	58.8784912	49.457935	41.544666	34.897528
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	1.01910638	1.01910665	1.0191063	1.0191064	1.0191066
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.51806376	0.4766185	0.438489	0.40341

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ფარავანი				
	2025	2026	2027	2027	2029
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	626.2416				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	576.142229	530.050959	487.64673	448.63501	412.74429
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	50.0993172	46.0913783	42.404066	39.011744	35.890807
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	500	500	500	500	500
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	100	100	100	100	100
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	125.24832	105.208599	88.375223	74.235174	62.35754
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	125.24832	105.208599	88.375223	74.235174	62.35754
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
გადასახადები (მილიონი ლარი)		7.95076438	7.314701	6.7295252	6.191163
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	686.37276				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	631.462892	580.945979	534.47013	491.71255	452.37563
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	54.909811	50.5170469	46.475665	42.757619	39.337012
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	142.204662	119.451952	100.33964	84.285302	70.799671
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	2.06755036	2.06755091	2.0675502	2.0675504	2.0675508
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		1.05104132	0.9669576	0.889601	0.8184331

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი სამგორი				
	2026	2027	2028	2029	2030
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	154.8984				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	142.506517	131.106023	120.6175	110.96811	102.09068
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	12.3918693	11.4005214	10.488479	9.6494016	8.87745
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	130	130	130	130	130
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	26	26	26	26	26
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	30.97968	26.0229336	21.859264	18.361779	15.423893
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	30.97968	26.0229336	21.859264	18.361779	15.423893
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
გადასახადები (მილიონი ლარი)		1.96659034	1.8092626	1.6645216	1.5313598
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	169.59048				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	156.02323	143.541401	132.05805	121.49341	111.77396
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	13.567236	12.4818622	11.483309	10.564646	9.7194749
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	35.1362382	29.514449	24.792138	20.825396	17.493337
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.51085486	0.51085499	0.5108548	0.5108549	0.510855
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.25969358	0.238918	0.2198046	0.2022202

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი რუსთავი				
	2026	2027	2028	2029	2030
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	154.8984				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	142.506517	131.106023	120.6175	110.96811	102.09068
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	12.3918693	11.4005214	10.488479	9.6494016	8.87745
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	18.005	18.005	18.005	18.005	18.005
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	20.005	20.005	20.005	20.005	20.005
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	150	150	150	150	150
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	30	30	30	30	30
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	30.97968	26.0229336	21.859264	18.361779	15.423893
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	30.97968	26.0229336	21.859264	18.361779	15.423893
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0	0	0	0	0
გადასახადები (მილიონი ლარი)		1.96659034	1.8092626	1.6645216	1.5313598
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	169.59048				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	156.02323	143.541401	132.05805	121.49341	111.77396
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	13.567236	12.4818622	11.483309	10.564646	9.7194749
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	35.1362382	29.514449	24.792138	20.825396	17.493337
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.51085486	0.51085499	0.5108548	0.5108549	0.510855
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.25969358	0.238918	0.2198046	0.2022202

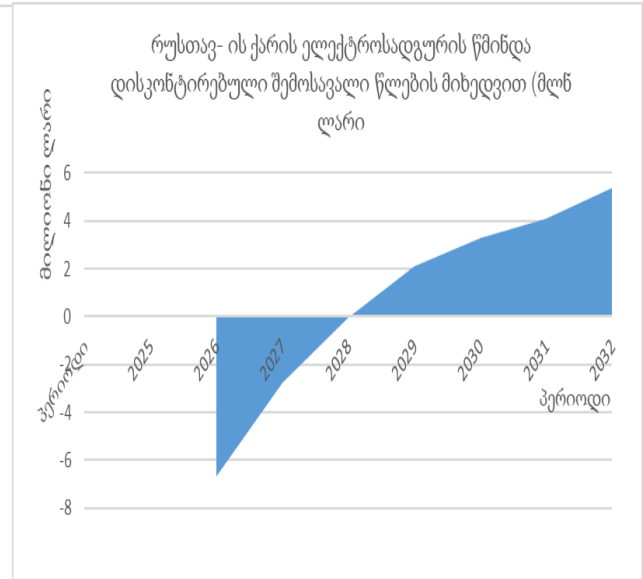
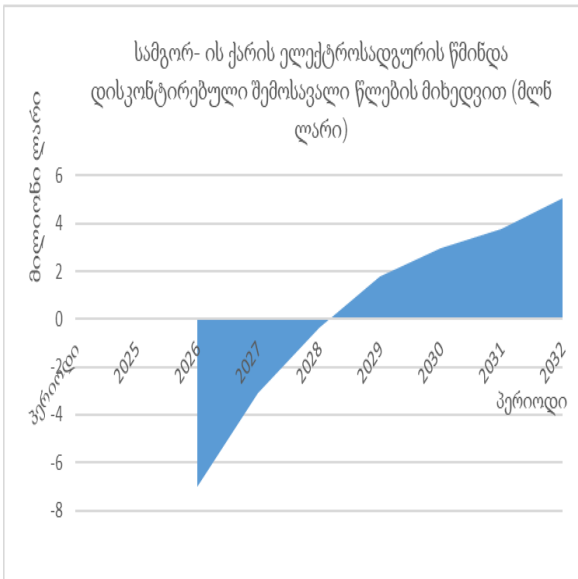
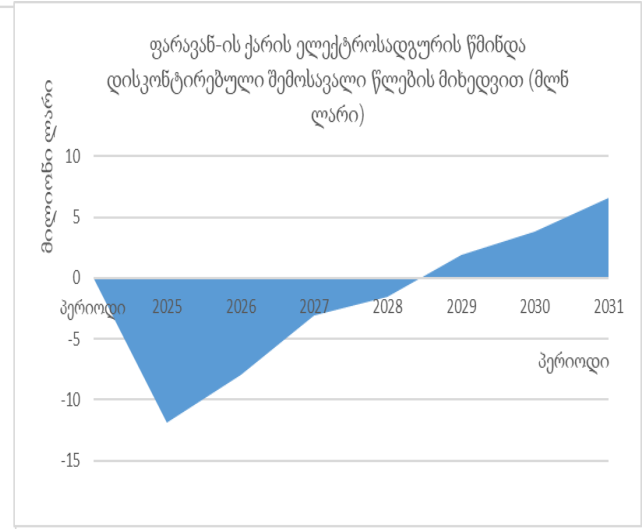
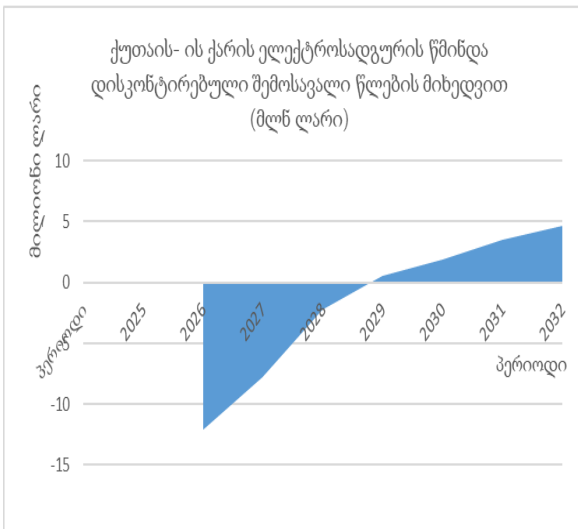
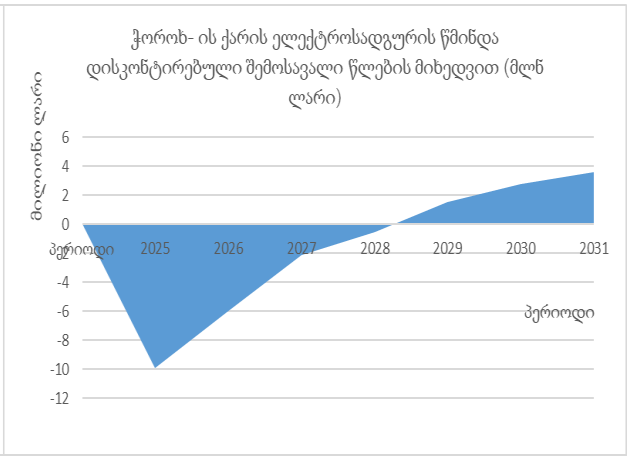
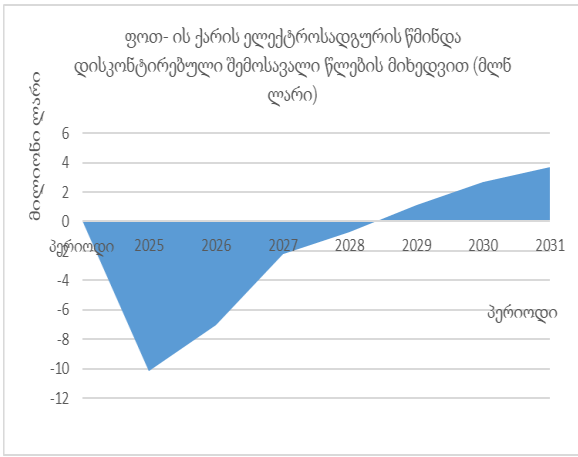
ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ეფექტიანობის შეფასებით დადგენილია, რომ ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვა განაპირობებს გამომუშავებული

ელექტროენერჯის ზრდასა და საშუალებას იძლევა, რომ ეს ელექტროენერჯია გამოყენებულ იქნეს ოპერატიული რეზერვებისათვის.

ფორმულა 2.2-ის, ფორმულა 4.4-ის, ცხრილი 4.14-ის, ცხრილი 3.2-ისა და კომპიუტერული პროგრამა ექსელის მეშვეობით ჩატარებულია ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანეგვის ეფექტიანობის ანგარიში და შედეგები ასახულია ნახაზ 4.5-სა და ცხრილი 4.15-ში

ცხრილი 4.15. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, ქარის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა

პერიოდი	ფოთ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ჭორობ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ქუთაის- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-10.12	-9.92	
2026	-6.99	-5.99	-12.10
2027	-2.19	-2.09	-7.80
2028	-0.74	-0.54	-2.19
2029	1.15	1.50	0.52
2030	2.69	2.79	1.84
2031	3.67	3.57	3.49
2032			4.69
პერიოდი	ფარავან-ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	სამგორ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	რუსთავ- ის ქარის ელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-11.92		
2026	-7.99	-6.99	-6.69
2027	-3.09	-3.09	-2.79
2028	-1.54	-0.34	-0.04
2029	1.90	1.80	2.10
2030	3.79	2.99	3.29
2031	6.57	3.77	4.07
2032		5.07	5.37



ნახ. 4.5. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, ქარის ელექტროენერჯის სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა

შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ქარის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მაღალი ეფექტიანობით ხასიათდება და

მათი საშუალებით სისტემაში შესვლა თავის მხრივ გამორიცხავს სიხშირის არასტაბილურობას, საშუალებას იძლევა სარეზერვო ელექტროენერჯის წყაროების შექმნისა და პიკურ დატვირთვების დროს იმპორტირებული ელექტროენერჯის შემცირების, ყველაზე სწრაფი და საიმედო ელექტროენერჯის გამომუშავების. რაც ყველაზე მნიშვნელობანია შესაძლებელი ხდება ქარის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა დაახლოებით 15-20%-ის ფარგლებში.

4.3. საქართველოს წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა

წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ფართოდ გახდა გამოყენებადი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების განთავსება, რაც ამცირებს ელექტროენერჯის გადაცემის დანაკარგებს და ხარჯებს. დასმული ამოცანის გადაწყვეტის განსაკუთრებულად აქტუალობას განაპირობებს ის ფაქტი, რომ ჰიდროენერჯეტიკა მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე მზარდი დარგია. ზოგიერთ ქვეყანაში ჰიდროენერჯის წილი ელექტროენერჯის მთლიან გამომუშავებაში თითქმის 90-95% შეადგენს. საქართველოშიც ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა 80%-ია და სამომავლოდ გათვალისწინებულია ჰიდროენერჯეტიკის განვითარება. ამჟამად წყლის ჩამოდინებაზე მომუშაველი ელექტროსადგურების რაოდენობა 60-ს აღემატება. მომავალ ხუთწელიწადში გათვალისწინებულია 30-ზე მეტი ელექტროსადგურის მშენებლობა. უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში ჰიდრო პოტენციალის განვითარებაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების შეფასება საერთოდ არ არის შესწავლილი. ეს მაშინ როდესაც მსოფლიოს წამყვან ქვეყანაში მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებთან დამაგროვებელი სისტემების დანერგვას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოებაში წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდრო ენერჯის გამოყენების თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაწყვეტის მიზნით სიღრმისეულად იქნა შესწავლილი და მეცნიერულად გაანალიზებული წყლის მოდინებაზე მომუშავე

ჰიდროენერგეტიკის განვითარებაში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასების მეთოდები. ამის საფუძველზე შემუშავებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასების ეკონომეტრიკული მოდელი.

წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების შეფასების ალგორითმი ნაჩვენებია ამ ნაშრომის #2 თავში:

$$\theta \sum_{n=1}^T \text{წდშ} = \frac{\sum_{n=1}^T (N_x W_i (T_{რეზ} - T_{შეს}) + A_j N_j - (N_j K_j I_{ონ} + N S t) + f)}{(1 + E_n) t} > 0 \rightarrow \max \quad (4.7)$$

გამოსახულება (4.7) იძლევა საშუალებას, რომ სათანადო საწყისი ინფორმაციის მოძიების შემდგომ, საქართველოში წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა. მოძიებული ამ მიზნით მოძიებულ იქნა [16,17,49,57] საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმის შესაბამისად დაგეგმილი ჰიდროელექტროსადგურების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები, საჭირო ინვესტიციების მოცულობა, საოპერაციო ხარჯები, საერთაშორისო გამოცდილების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია 1 კვტ.სთ წარმოების ღირებულებები, ანგარიში ჩატარებულია საქართველოში მთავრობის მიერ დადგენილი ტარიფის მიხედვით და სხვა აუცილებელი სტატისტიკური მაჩვენებლები, რომლებიც შეტანილია ცხრილი #4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23-ში

საქართველოს ელექტროენერჯის წარმოების მიხედვით შერჩეულ იქნა წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე 20 ჰიდროელექტროსადგური რომელთა ექსპლუატაციაში შესვლა დაგეგმილია 2024-2027 წლებში. ცხრილი 4.16-ში წარმოდგენილია აღნიშნული ჰიდროელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე, პროგნოზულად გამომუშავებული ელექტროენერჯია და ექსპლუატაციაში შესვლის სავარაუდო თარიღი.

ცხრილი 4.16. წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდრო ელექტროსადგურები, ექსპლუატაციაში შესვლა დაგეგმილია 2024-2027 წლებში

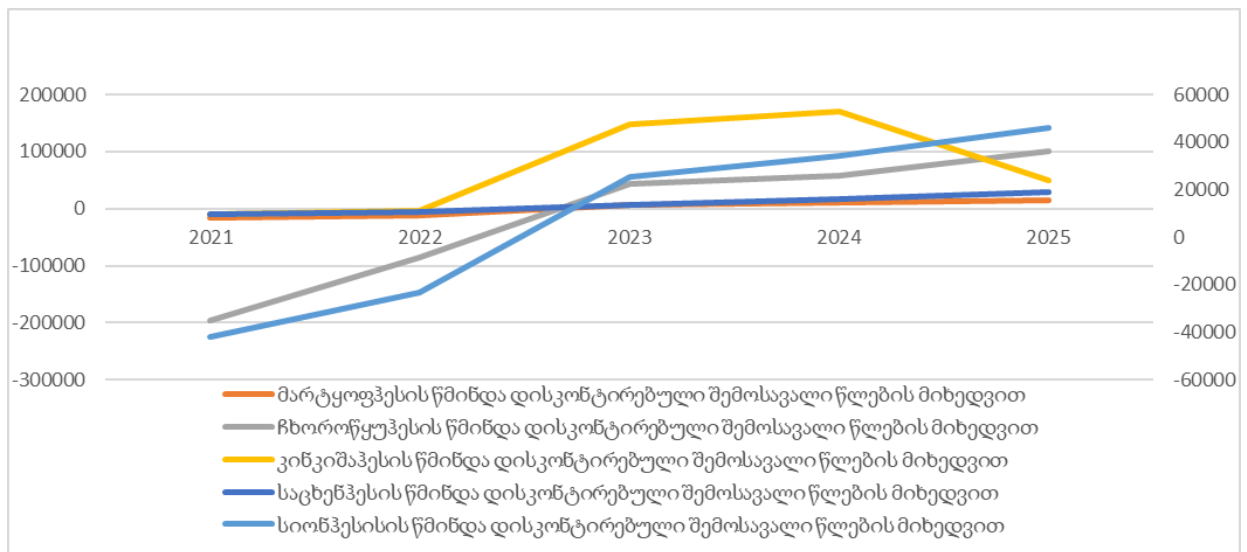
#	დასახელება	დადგმული სიმძლავრე	გამომუშავებული საპროგნოზო (მლნ.კვტ.სთ)	ტიპი	ექსპლუატაციაში გაშვების სავარაუდო თარიღი
1	ჯონოულა 2	32	129	მოდინებაზე	30-06-24
2	გუბაზეული ჰესი	6	27	მოდინებაზე	31-10-24
3	ბახვი ჰესი 2	36	123	მოდინებაზე	31-10-24
4	სორგიეთი 1	15	68	მოდინებაზე	31-10-24
5	სორგიეთი 2	16	73	მოდინებაზე	31-10-24
6	ონი 1	122	441	მოდინებაზე	31-12-25
7	ონი 2	84	339	მოდინებაზე	31-12-25
8	ნატანები 3	9	64	მოდინებაზე	30-06-25
9	ბაისუბანი	5	31	მოდინებაზე	31-10-25
10	ახალსოფელი ჰესი	5	27	მოდინებაზე	31-10-25
11	ძეგვი ჰესი	16	82	მოდინებაზე	31-10-25
12	კამარა ჰესი	13	64	მოდინებაზე	31-12-25
13	ბახვი ჰესი 1	12	50	მოდინებაზე	31-12-25
14	ალპანა ჰესი	55	253	მოდინებაზე	31-12-25
15	ხანი ჰესი	6	29	მოდინებაზე	31-12-25
16	ხრამი ჰესი 7	3	19	მოდინებაზე	31-12-25
17	ტეხურის კასკადი	112	650	მოდინებაზე	31-12-25
18	ნატანები 2	10	70	მოდინებაზე	30-06-26
19	მტკვარი კასკადი 4	78	615	მოდინებაზე	31-10-26
20	ნატანები 1	6	40	მოდინებაზე	31-10-27
	ჯამი	641	3194		

ჰიდროლოგიური შეფასებით ნაშრომი[61] ში მოცემულია წყლის ხარჯის ატვისება ჰიდროელექტროსადგურებში, მასზე დაყრდნობით დადგინდა თუ კონკრეტული სადგურები როგორ იყენებენ წყლის ხარჯს. რამდენიმე სადგურის მაგალითზე დადგინდა, რომ უხვ წყლიანობის პერიოდში სხვადასხვა მიზეზების გათვალისწინებით ვერ ხდება საპროგნოზო ელექტროენერჯის გამომუშავება და სხვაობა დაახლოებით 8-10%-მდე მერყეობს. აღნიშნული შეიძლება გავრცელდეს არაუხვწყლიანობის პერიოდში სხვადასხვა ფაქტორების გათვალისწინებით. რამდენიმე მდინარის მაგალითზე ჩატარებული ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილი 4.17-ში.

ცხრილი 4.17. წყლის ხარჯის ანალიზის გათვალისწინებით %-ული სხვაობა გამომუშავებულ ელექტროენერგიასა და პროგნოზით გათვალისწინებულ ელექტროენერგიას შორის

წელი	საშუალო წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	გუმათაჰეს-1	გამომუშავების დანაკარგები, %	გუმათაჰეს-2	გამომუშავების დანაკარგები, %	რიონჰესი	გამომუშავების დანაკარგები, %
უხვ წელიანი	200.2	2830325.1	12.9	1381153	9.7	2915309.6	5.8
საშუალო წელიანი	161.7	2045245	16.5	998115.3	13.4	2513278	9.6
მცირე წელიანი	128.4	1590208	23.6	77697.9	20.7	2170249	12.8
საპროგნოზო		245026.43		115337.25		278014.33	
%-ული სხვაობა		9%		8%		10%	

სტატიაში [57] მოცემულია 5 ჰიდროელექტროსადგურში ელექტროენერგიის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა. შერჩეულია საქართველოში წყლის მოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით ყველაზე ეფექტური ელექტროენერგიის დამაგროვებლების ტიპები. მითითებულ ნაშრომში გამოთვლილია ეკონომეტრიკული მედელით შემოსავლიანობის ეფექტურობა და ნაჩვენებია ნახაზ 4.6-ზე



ნახ. 4.6. 5 ჰესის წდშ-ს ცვალებადობის დინამიკა

საერთაშორისო ორგანიზაცია IRENA-ს [4] კვლევების თანახმად ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობისა და გამომუშავებული კილოვატსაათების თვითღირებულება ყოველწლიურად კლების ტენდენციით ხასიათდება. IRENA-ს 2020 წლის ანგარიშიდან აღებულია 11-წლიანი მონაცემები, რომელიც მოცემულია ცხრილი #4.18

ცხრილი 4.18. წლების მიხედვით 1 კვტ ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობისა და გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება

დასახელება	მშენებლობის ხარჯები (დოლარი /კვტ)	ოპერაციებისა და მოვლის ღირებულება (%/წელი დაყენებული ხარჯი)	სიმძლავრის ფაქტორი
დიდი ჰიდროელექტროსადგურები	1050-7650	2-2.5	25-90
მცირე ჰიდროელექტროსადგურები	1300-8000	1-4	20-95
რემონტი/განახლება	500-1000	1-6	

პერიოდი	1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება	1 კვტ.სთ გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება
2010	1790.6	0.093
2011	1761.7	0.087
2012	1814.1	0.086
2013	1692.1	0.083
2014	1644.0	0.075
2015	1526.7	0.068
2016	1520.6	0.065
2017	1515.9	0.062
2018	1444.8	0.056
2019	1378.7	0.05
2020	1263.5	0.044

ვინაიდან მოძიებული ცვალებადობის დინამიკის შესახებ არსებობს 11 წლიანი დინამიკა, ექსტრაპოლაციის საშუალებით შესაძლებელი ხდება საშუალოვადიანი

პროგნოზირება ექსელის საშუალებით, რაც გვამძლევს მათემატიკურ მოდელსა და მისი საშუალებით გამოთვლილია მომდევნო 5 წლიანი მშენებლობისა და თვითღირებულების პროგნოზული სიდიდეები, რომელიც გამოსახულია ცხრილ 4.19-სა და ნახაზ 4.7-ზე.

2010-2020 წლის მონაცემების გათვალისწინებით შეფასდა 1 კვტ ჰიდრო სადგურის მშენებლობის ფასის კლების ტენდენცია და 1 კვტ სთ-ის თვითღირებულება ქვემოთ მოცემული ფორმულა #4.8-ისა და #4.9-ის საშუალებით განისაზღვრა მომდევნო ხუთი წლის საპროგნოზო მაჩვენებლები, რომლებიც გამოსახულია ცხრილ 4.19-სა და ნახაზ 4.7-ზე

$$y = -144.82x + 5238.8 ; R^2 = 0.9449 \quad (4.8)$$

სადაც,

x არის საპროგნოზო პერიოდი,

R² - პროგნოზის სიზუსტის საზომი.

$$y = -0.0049x + 0.0992 ; R^2 = 0.9885 \quad (4.9)$$

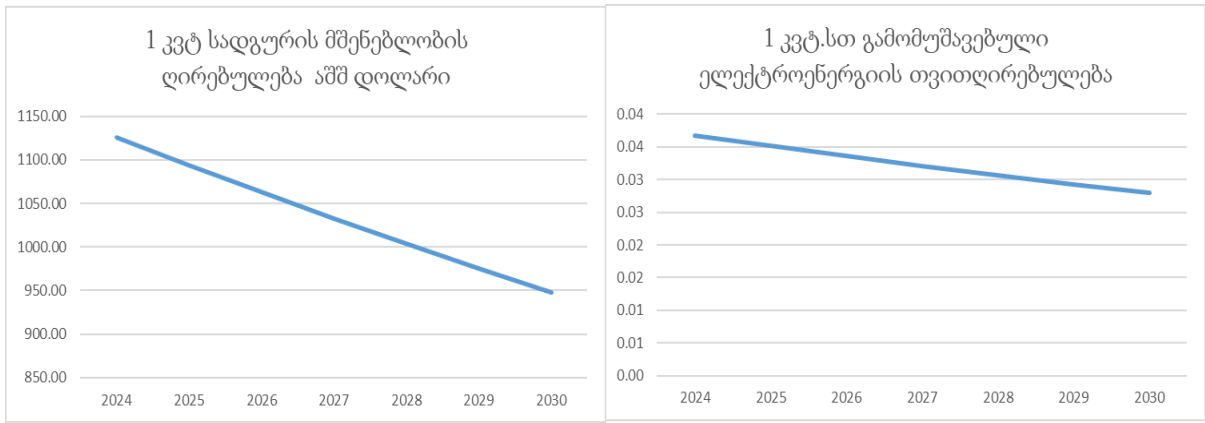
სადაც,

x არის საპროგნოზო პერიოდი,

R² - პროგნოზის სიზუსტის საზომი.

ცხრილი 4.19. 1 კვტ-იანი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება

პერიოდი	1 კვტ სადგურის მშენებლობის აშშ დოლარი	1 კვტ.სთ გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება
2024	1126.11	0.04
2025	1094.15	0.04
2026	1063.11	0.03
2027	1032.94	0.03
2028	1003.63	0.03
2029	975.15	0.03
2030	947.48	0.03



ნახ. 4.7. 1 კვტ-იანი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება და გამომუშავებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერჯის საპროგნოზო თვითღირებულება

საპროგნოზო მაჩვენებლები საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობის ეფექტიანობა საქართველოში. საქართველოში დაგეგმილი 20 მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურისთვის საპროგნოზო მშენებლობის პერიოდის გათვალისწინებით საპროგნოზოდ გათვლილ იქნა 1 კვტ სადგურის მშენებლობის ღირებულება. აღნიშნული ინფორმაცია შეტანილია ცხრილ 4.20-ში.

ცხრილი 4.20. მოდინებაზე მომუშავე 20 ჰიდროელექტროსადგურის საპროგნოზო პერიოდი და საპროგნოზო სამშენებლო ღირებულება

დასახელება	დადგმული სიმძლავრე	გამომუშავებული საპროგნოზო (მლნ.კვტ.სთ)	ექსპლუატაციაში გაშვების სავარაუდო თარიღი	1 კვტ სადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება	ჰიდროელექტროსადგურის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ)
ჯონოულა 2	32	129	2024	1126.1	36.04
გუბაზეული ჰესი	6	27	2024	1126.1	6.76
ბახვი ჰესი 2	36	123	2024	1126.1	40.54
სორგიეთი 1	15	68	2024	1126.1	16.89
სორგიეთი 2	16	73	2024	1126.1	18.02
ონი 1	122	441	2025	1094.2	133.49
ონი 2	84	339	2025	1094.2	91.91
ნატანები 3	9	64	2025	1094.2	9.85
ბაისუბანი	5	31	2025	1094.2	5.47
ახალსოფელი ჰესი	5	27	2025	1094.2	5.47
ძეგვი ჰესი	16	82	2025	1094.2	17.51
კამარა ჰესი	13	64	2025	1094.2	14.22
ბახვი ჰესი 1	12	50	2025	1094.2	13.13
ალპანა ჰესი	55	253	2025	1094.2	60.18
ხანი ჰესი	6	29	2025	1094.2	6.56

ხრამი ჰესი 7	3	19	2025	1094.2	3.28
ტეხურის კასკადი	112	650	2025	1094.2	122.55
ნატანები 2	10	70	2026	1063.1	10.63
მტკვარი კასკადი 4	78	615	2026	1063.1	82.92
ნატანები 1	6	40	2027	1032.9	6.20
ჯამი	641	3194			701.61

მსოფლიო გამცდილების მაგალითზე შერჩეულ იქნა ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის შესაბამისი დამაგროვებელი ელექტროსადგური და გამოყებულია მისი საპროგნოზო ღირებულება. აღნიშნული ინფორმაცია შეტანილია ცხრილ 4.21-ში.

ცხრილი 4.21. საქართველოს ჰიდრო პოტენციალის გათვალისწინებით საჭირო დამაგროვებელი სადგურის სიმძლავრე, მისი ღირებულება და საერთო ჯამური ღირებულება ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობასთან ერთად

დასახელება	დადგმული სიმძლავრე	გამომუშავებული საპროგნოზო (მლნ.კვტ.სთ)	ექსპლუატაციაში გაშვების სავარაუდო თარიღი	1 კვტ სადგურის მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება	ჰიდროელექტროსადგურის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ)
ჯონოლა 2	32	129	2024	1126.1	36.04
გუბაზეული ჰესი	6	27	2024	1126.1	6.76
ბახვი ჰესი 2	36	123	2024	1126.1	40.54
სორგიეთი 1	15	68	2024	1126.1	16.89
სორგიეთი 2	16	73	2024	1126.1	18.02
ონი 1	122	441	2025	1094.2	133.49
ონი 2	84	339	2025	1094.2	91.91
ნატანები 3	9	64	2025	1094.2	9.85
ბაისუბანი	5	31	2025	1094.2	5.47
ახალსოფელი ჰესი	5	27	2025	1094.2	5.47
ძეგვი ჰესი	16	82	2025	1094.2	17.51
კამარა ჰესი	13	64	2025	1094.2	14.22
ბახვი ჰესი 1	12	50	2025	1094.2	13.13
ალპანა ჰესი	55	253	2025	1094.2	60.18
ხანი ჰესი	6	29	2025	1094.2	6.56
ხრამი ჰესი 7	3	19	2025	1094.2	3.28
ტეხურის კასკადი	112	650	2025	1094.2	122.55
ნატანები 2	10	70	2026	1063.1	10.63
მტკვარი კასკადი 4	78	615	2026	1063.1	82.92
ნატანები 1	6	40	2027	1032.9	6.20
ჯამი	641	3194			701.61

დასახელება	გენერაციის ობიექტთან განთავსებულ ლი დამაგროვ ებელი სადგურის დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	ელექტროენერგი ის დამაგროვებელი სისტემების საპროგნოზო ღირებულება მითითებულ წელს დოლარი (1 კვტ)	ელექტროენერგი ის დამაგროვებელი სისტემების მშენებლობის საპროგნოზო ღირებულება (მლნ აშშ დოლარი)	წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსა დგურისა და დამაგროვებელი ელექტროსადგურე ბის მშენებლობის ღირებულება ერთად (მლნ აშშ დოლარი)
ჯონოულა 2	43	335	14.4	50.44
გუბაზეული ჰესი	9	335	3.0	9.77
ბახვი ჰესი 2	41	335	13.7	54.27
სორგიეთი 1	23	335	7.7	24.60
სორგიეთი 2	24	335	8.0	26.06
ონი 1	147	324	47.6	181.11
ონი 2	113	324	36.6	128.52
ნატანები 3	21	324	6.8	16.65
ბაისუბანი	10	324	3.2	8.71
ახალსოფელი ჰესი	9	324	2.9	8.39
ძეგვი ჰესი	27	324	8.7	26.25
კამარა ჰესი	21	324	6.8	21.03
ბახვი ჰესი 1	17	324	5.5	18.64
ალპანა ჰესი	84	324	27.2	87.39
ხანი ჰესი	10	324	3.2	9.80
ხრამი ჰესი 7	6	324	1.9	5.23
ტეხურის კასკადი	217	324	70.3	192.85
ნატანები 2	23	312	7.2	17.81
მტკვარი კასკადი 4	205	312	64.0	146.88
ნატანები 1	13	300	3.9	10.10
ჯამი				1044.51

ელექტროენერგის დამაგროვებელი სისტემის გამოყენების ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი აპრობირებულია საქართველოში მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურების პოტენციალის მაგალითზე. ამ მიზნით შესწავლილია მითითებული ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის რეჟიმები, დადგენილია ელექტროენერგის წლიური გამომუშავების მოცულობა, შეფასებულია მის ოპერატიული რეზერვში

გამოყენების პერსპექტივა, სეზონურობის თვისებურება, აღნიშნული მონაცემები შეტანილია ცხრილ #4.22-ში.

ცხრილი 4.22. მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ნატანები 3				
	2025	2026	2027	2028	2029
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	27.277				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	25.095	23.087	21.240	19.541	17.978
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	2.182	2.008	1.847	1.699	1.563
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	15.235	15.235	15.235	15.235	15.235
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	17.235	17.235	17.235	17.235	17.235
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	64.000	64.000	64.000	64.000	64.000
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	5.455	4.583	3.849	3.233	2.716
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	5.455	4.583	3.849	3.233	2.716
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
გადასახადები (მილიონი ლარი)		0.346	0.319	0.293	0.270
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	46.124				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	42.434	39.040	35.916	33.043	30.400
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	3.690	3.395	3.123	2.873	2.643
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	9.556	8.027	6.743	5.664	4.758
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.071	0.065	0.060	0.055

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ბაისუბანი				
	2025	2026	2027	2028	2029

ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	15.154				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	13.942	12.826	11.800	10.856	9.988
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	1.212	1.115	1.026	0.944	0.868
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	15.235	15.235	15.235	15.235	15.235
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	17.235	17.235	17.235	17.235	17.235
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	31.000	31.000	31.000	31.000	31.000
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	3.031	2.546	2.139	1.796	1.509
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	3.031	2.546	2.139	1.796	1.509
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
გადასახადები (მილიონი ლარი)		0.192	0.177	0.163	0.150
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	24.129				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	22.199	20.423	18.789	17.286	15.903
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	1.930	1.776	1.634	1.503	1.383
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	4.999	4.199	3.527	2.963	2.489
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.037	0.034	0.031	0.029

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ახალსოფელი ჰესი				
	2025	2026	2027	2028	2029
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	15.15				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	13.94	12.83	11.80	10.86	9.99
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	1.21	1.12	1.03	0.94	0.87
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	15.24	15.24	15.24	15.24	15.24
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	17.24	17.24	17.24	17.24	17.24
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00

(მილიონი კვტ.სთ)					
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	3.03	2.55	2.14	1.80	1.51
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	3.03	2.55	2.14	1.80	1.51
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
გადასახადები (მილიონი ლარი)		0.19	0.18	0.16	0.15
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	23.23				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	21.37	19.66	18.09	16.64	15.31
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	1.86	1.71	1.57	1.45	1.33
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	4.81	4.04	3.40	2.85	2.40
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.04	0.03	0.03	0.03

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ძეგვი ჰესი				
	2025	2026	2027	2028	2029
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	48.493				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	44.613	41.044	37.761	34.740	31.961
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	3.879	3.569	3.284	3.021	2.779
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	15.235	15.235	15.235	15.235	15.235
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	17.235	17.235	17.235	17.235	17.235
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	82.000	82.000	82.000	82.000	82.000
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	9.699	8.147	6.843	5.748	4.829
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	9.699	8.147	6.843	5.748	4.829
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
გადასახადები (მილიონი ლარი)		0.616	0.566	0.521	0.479

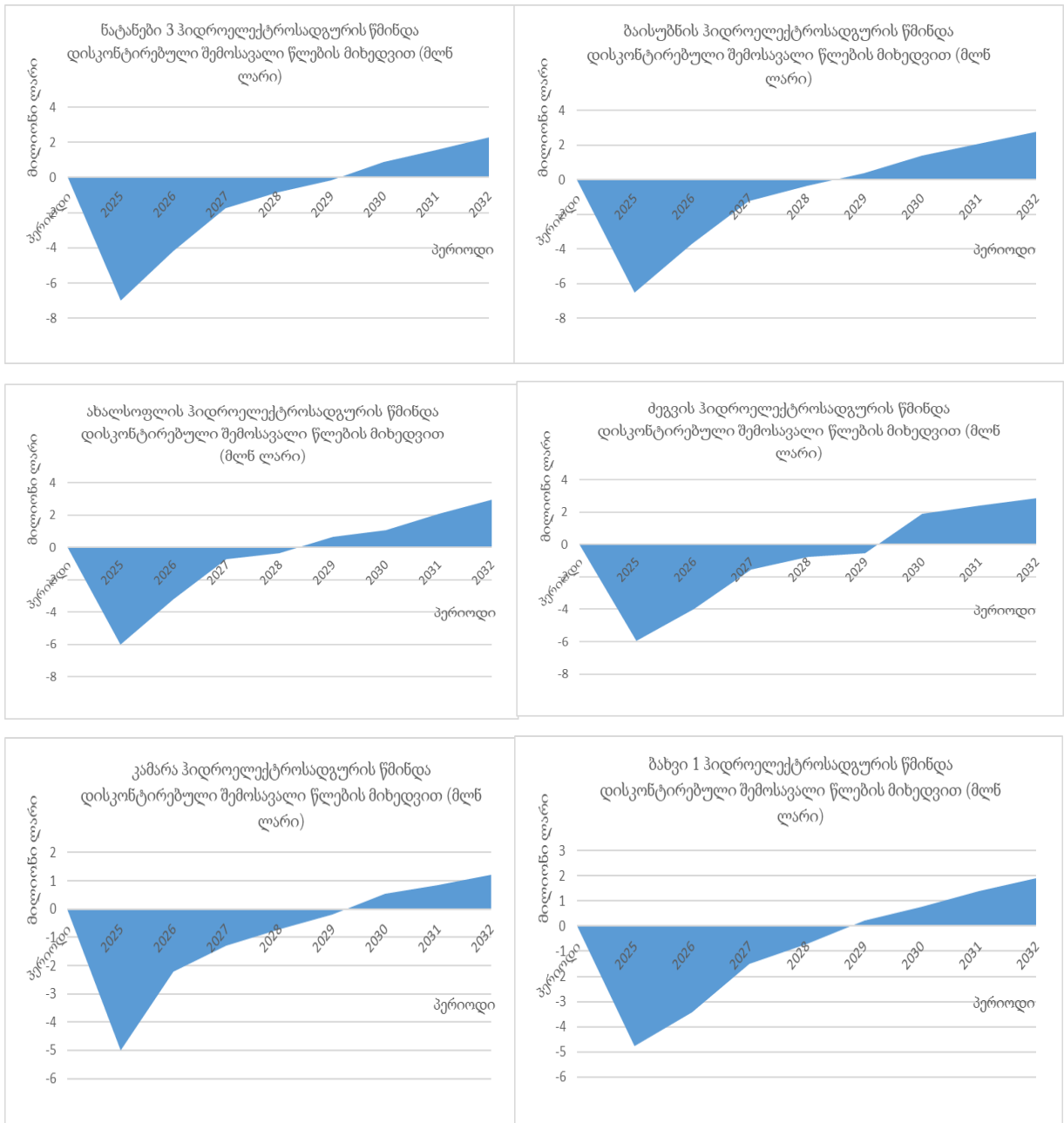
ძირითათი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	72.725				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	66.907	61.554	56.630	52.100	47.932
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	5.818	5.353	4.924	4.530	4.168
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	15.067	12.657	10.632	8.930	7.502
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.111	0.102	0.094	0.087

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი კამარა ჰესი				
	2025	2026	2027	2028	2029
ძირითათი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	39.401				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	36.248	33.349	30.681	28.226	25.968
საამორტიზაციო ანარიცხები (მილიონი ლარი წელიწადში)	3.152	2.900	2.668	2.454	2.258
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	15.235	15.235	15.235	15.235	15.235
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	17.235	17.235	17.235	17.235	17.235
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	64.000	64.000	64.000	64.000	64.000
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	7.880	6.619	5.560	4.671	3.923
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	7.880	6.619	5.560	4.671	3.923
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
გადასახადები (მილიონი ლარი)		0.500	0.460	0.423	0.390
ძირითათი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	58.248				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	53.588	49.301	45.357	41.728	38.390
საამორტიზაციო ანარიცხები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	4.660	4.287	3.944	3.629	3.338
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	12.068	10.137	8.515	7.153	6.008
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.089	0.082	0.075	0.069

	საანგარიშო პერიოდი				
მაჩვენებლები	პროექტი ბაზვი ჰესი 1				
	2025	2026	2027	2028	2029
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება (მილიონი ლარი)	36.370				
ძირითადი ფონდების ნარჩენი ღირებულება (მილიონი ლარი)	33.460	30.783	28.321	26.055	23.971
სამორტიზაციო ანარჩებები (მილიონი ლარი წელიწადში)	2.910	2.677	2.463	2.266	2.084
შემოსავლები არაეკონომიური საქმიანობიდან (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
სესხის გადასახადი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ქარის ელექტროსადგურის დადგენილი ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ)	15.235	15.235	15.235	15.235	15.235
სარეზერვო ელექტროენერჯის ტარიფი (თეთრი. კვტ/სთ)	17.235	17.235	17.235	17.235	17.235
ქარის სადგურის მიერ საშუალო წლიური გამომუშავება (მილიონი კვტ.სთ)	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
დამაგროვებლის დანარგვის შედეგად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველწლიური ზრდა(მილიონი კვტ.სთ)	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
ინვესტიციების შემოსავლიანობა (მილიონი ლარი წელიწადში)	7.274	6.110	5.132	4.311	3.621
ქარის სადგურის ინვესტიციის შემოსავლიანობის %-ულობა	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
საოპერაციო ხარჯები (მილიონი ლარი)	7.274	6.110	5.132	4.311	3.621
საკუთარი კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ნასესხები კაპიტალი (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
დივიდენდები (მილიონი ლარი)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
გადასახადები (მილიონი ლარი)		0.462	0.425	0.391	0.360
ძირითადი ფონდების საწყისი ღირებულება დამაგროვებლის ჩათვლით(მილიონი ლარი)	51.627				
ძირითადი ფონდის ნარჩენი ღირებულება დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი)	47.497	43.697	40.201	36.985	34.026
სამორტიზაციო ანარჩებები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	4.130	3.800	3.496	3.216	2.959
ინვესტიციების შემოსავლიანობა დამაგროვებლების ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	10.696	8.985	7.547	6.340	5.325
საოპერაციო ხარჯები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156
გადასახადები დამაგროვებლის ჩათვლით (მილიონი ლარი წელიწადში)		0.079	0.073	0.067	0.062

წყლის მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის გამოყენებულია ეკონომეტრიკული მოდელი. როდესაც ჰიდრო ელექტროსადგურებში ხდება დამაგროვებლის დანერგვა, რაც განაპირობებს გამომუშავებული ელექტროენერჯის ზრდასა და გამომუშავებულ ელექტროენერჯის საჭიროებისამებრ გამოიყენებას ოპერატიულ რეზერვად. საშალება ეძლევა ჰესს ათვისოს წყლის სრული რაოდენობა, რა რაოდენობის ათვისებასაც შეძლებს

გენერატორი. ფორმულა 2.6-ის, ფორმულა 4.7-ის, ცხრილი #4.22-ის, ცხრილი #3.2-ისა და კომპიუტერული პროგრამა ექსელის მეშვეობით ჩატარებულია წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის ანგარიში და შედეგები ასახულია ნახაზ 4.8-სა და ცხრილი #4.23



ნახ. 4.8. წდმ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა

ცხრილი 4.23. წდშ-ის ცვალებადობის დინამიკა, მოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობა

პერიოდი	ნატანები 3 ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ბაისუბნის ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ახალსოფლის ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-6.9945	-6.4945	-5.9945
2026	-4.1933	-3.6933	-3.1933
2027	-1.7428	-1.2428	-0.7428
2028	-0.8428	-0.3428	-0.3572
2029	-0.1428	0.3572	0.6572
2030	0.8686	1.3686	1.0686
2031	1.5686	2.0686	2.0686
2032	2.2686	2.7686	2.9686
პერიოდი	ძეგვის ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	კამარა ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)	ბახვი 1 ჰიდროელექტროსადგურის წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი წლების მიხედვით (მლნ ლარი)
2025	-5.9592	-4.9961	-4.7818
2026	-3.9972	-2.2095	-3.4238
2027	-1.5466	-1.2851	-1.4993
2028	-0.7714	-0.7136	-0.7136
2029	-0.5495	-0.2067	0.2067
2030	1.8947	0.5490	0.7633
2031	2.3843	0.8347	1.4061
2032	2.8843	1.2219	1.9061

შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვა მაღალი ეფექტიანობით ხასიათდება და მათი საშუალებით სისტემაში შესვლა თავის მხრივ გამოიწვევს სიხშირის არასტაბილურობას, საშუალებას იძლევა სარეზერვო ელექტროენერჯის წყაროების შექმნისა და პიკურ დატვირთვების დროს იმპორტირებული ელექტროენერჯის შემცირების, ყველაზე სწრაფი და

საიმედო ელექტროენერჯის გამომუშავების. რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია შესაძლებელი ხდება წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილის ზრდა დაახლოებით 8-10%-ის ფარგლებში.

4.4. საქართველოს მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობა

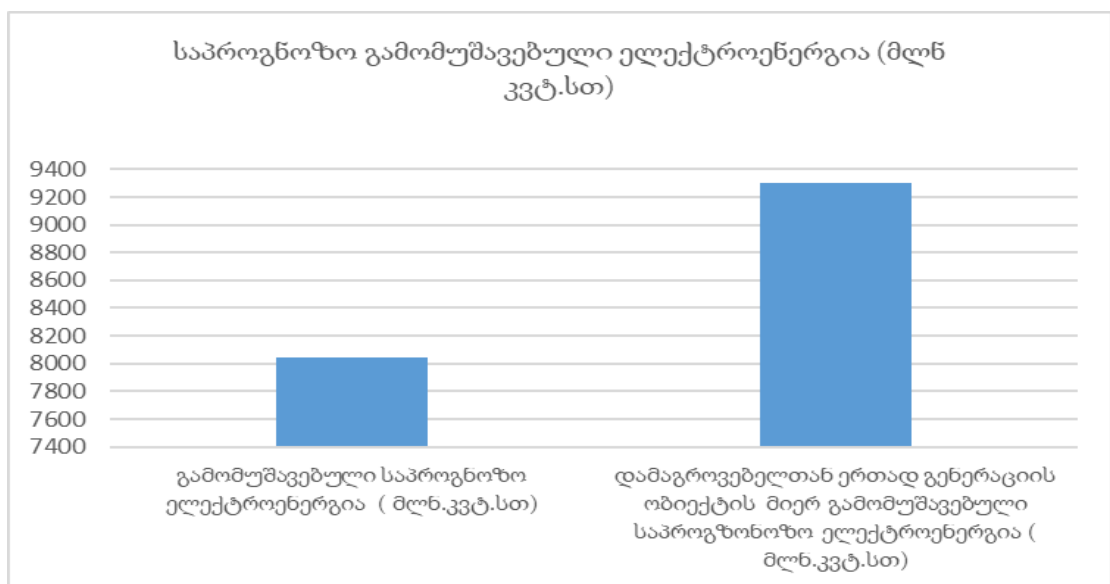
საქართველოში მზის, ქარისა და ჩამოდინებაზე მომუშავე 20 ჰიდროელექტროსადგურისთვის ეფექტიანობის ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელირების პროგნოზული აპრობაციის მეცნიერული კვლევის შედეგები, მათთან დამაგროვებელი სადგურების დანერგვით ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორებითა და 4.1, 4.2, 4.3 ქვეთავებში მიღებული შედეგების გათვალისწინებით საქართველოში შესაძლებელი ხდება დამატებით შეიქნას 1 მილიარდზე მეტი გამომუშავებული ელექტროენერჯის რესურსი. შედეგები ასახულია ცხრილი 4.24-ში, ხოლო ნახაზ 4.9-ზე მოცემულია როგორც დამაგროვებლის გარეშე ასევე დამაგროვებელი სადგურის დანერგვით საპროგნოზო გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა .

ცხრილი 4.24. დამაგროვებელი ელექტროსადგურების დანერგვით გაზრდილი გამომუშავებული ელექტროენერჯის წილი

პროექტის დასახელება	დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	წლიური საპროგნოზო გენერაცია (მლნ.კვტ.სთ)	დამაგროვებლის დანერგვით გაზრდილი ელექტროენერჯის საპროგნოზო გამომუშავება (მლნ.კვტ.სთ)	დამაგროვებელთან ერთად მზის სადგურის მიერ გამომუშავებული საპროგნოზო ელექტროენერჯია (მლნ.კვტ.სთ)
უდაბნო	5	8	1.2	9.2
ალგეთი	50	67	10.05	77.05
ახალციხე-1	50	65	9.75	74.75
ახალციხე-2	50	65	9.75	74.75
გარდაბანი-1	50	68	10.2	78.2
გარდაბანი-2	50	68	10.2	78.2

გლდანი	50	67	10.05	77.05
კასპი	50	66	9.9	75.9
მარნეული	50	67	10.05	77.05
სააკაძე	50	67	10.05	77.05
ქსანი	50	66	9.9	75.9
გარეჯი	15	20	3	23
ჯამი	520	694	104.1	798.1
პროექტის დასახელება	დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	წლიური საპროგნოზო გენერაცია (მლნ.კვტ.სთ)	დამაგროვებლის დანერგვით გაზრდილი ელექტროენერჯის საპროგნოზო გამომუშავება (მლნ.კვტ.სთ)	დამაგროვებელთან ერთად ქარის სადგურის მიერ გამომუშავებული საპროგნოზო ელექტროენერჯია (მლნ.კვტ.სთ)
ფოთი	50	110	22	132
ჭოროხი	50	120	24	144
ქუთაისი	100	200	40	240
მთა-საბუეთი I	150	450	90	540
მთა-საბუეთი II	600	2000	400	2400
გორი-კასპი	200	500	100	600
ფარავანი	200	500	100	600
სამგორი	50	130	26	156
რუსთავი	50	150	30	180
ჯამი	1450	4160	832	4992
დასახელება	დადგმული სიმძლავრე	გამომუშავებული საპროგნოზო (მლნ.კვტ.სთ)	დამაგროვებლის დანერგვით გაზრდილი ელექტროენერჯის საპროგნოზო გამომუშავება (მლნ.კვტ.სთ)	დამაგროვებელთან ერთად ჰესის მიერ გამომუშავებული საპროგნოზო ელექტროენერჯია (მლნ.კვტ.სთ)
ჯონოულა 2	32	129	12.9	141.9
გუბაზეული ჰესი	6	27	2.7	29.7
ბახვი ჰესი 2	36	123	12.3	135.3
სორგიეთი 1	15	68	6.8	74.8
სორგიეთი 2	16	73	7.3	80.3
ონი 1	122	441	44.1	485.1
ონი 2	84	339	33.9	372.9
ნატანები 3	9	64	6.4	70.4
ბაისუბანი	5	31	3.1	34.1
ახალსოფელი ჰესი	5	27	2.7	29.7
მეგვი ჰესი	16	82	8.2	90.2

კამარა ჰესი	13	64	6.4	70.4
ბახვი ჰესი 1	12	50	5	55
ალპანა ჰესი	55	253	25.3	278.3
ხანი ჰესი	6	29	2.9	31.9
ხრამი ჰესი 7	3	19	1.9	20.9
ტეხურის კასკადი	112	650	65	715
ნატანები 2	10	70	7	77
მტკვარი კასკადი 4	78	615	61.5	676.5
ნატანები 1	6	40	4	44
<i>ჯამი</i>	<i>641</i>	<i>3194</i>	<i>319.4</i>	<i>3513.4</i>
<i>სამივე ტიპის სადგურების ჯამი</i>	<i>2611</i>	<i>8048</i>	<i>1255.5</i>	<i>9303.5</i>



ნახ. 4.9. სადისერტაციო ნაშრომში მითითებული გენერაციის ობიექტების ჯამური გამომუშავებული საპროგნოზო ელექტროენერგია დამაგროვებლის დანერგვითა და დამაგროვებლის დანერგვის გარეშე

ამ ნაშრომის 4.1, 4.2 და 4.3 ქვეთავებში განხილულია საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერგიის დამაგროვებელი სისტემების ეფექტიანობის შეფასება. გამოთვლილია წმინდა დისკონტირებული შემოსავლები. ქვეყნის სტატეგიული გეგმით გათვალისწინებული სადგურების წმინდა დისკონტირებული შემოსავლები

ელექტროენერჯის დამაგრივებელი სისტემების დანერგვასთან ერთად
მოცემულია ცხრილი #4.25-ში

ცხრილი 4.25. საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების ეფექტიანობის შეფასება და წდშ-ები წლების მიხედვით

		წმინდა დისკონტირებული შემოსავლები წლების მიხედვით(მლნ)							
დასახელება	ექსპლუატაციაში გაშვების სავარაუდო თარიღი	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2032	20232
უდაბნო	2025	-4.118	-1.994	-1.193	-0.143	0.150	0.689	1.669	
ალგეთი	2025	-3.995	-1.935	-1.157	-0.139	0.145	0.669	1.619	
ახალციხე-1	2026		-3.172	-1.906	-0.821	-0.147	0.235	0.825	1.222
ახალციხე-2	2026		-3.013	-1.811	-0.780	-0.139	0.223	0.783	1.161
გარდაბანი-1	2025	-4.522	-2.104	-0.799	-0.191	0.323	0.842	1.487	
გარდაბანი-2	2025	-4.409	-2.051	-0.779	-0.187	0.315	0.821	1.450	
გლდანი	2026		-3.604	-1.899	-0.391	0.323	0.942	1.387	1.947
კასპი	2026		-3.557	-1.875	-0.386	0.319	0.929	1.369	1.922
მარნეული	2027			-4.415	-2.662	-0.933	0.175	0.791	1.391
საკაძე	2027			-3.415	-1.662	-0.333	0.475	0.991	1.691
ქსანი	2025	-4.354	-2.026	-0.770	-0.184	0.311	0.810	1.432	1.923
გარეჯი	2026		-2.112	-0.982	-0.373	0.151	0.393	0.694	0.933
პროექტის დასახელება	ექსპლუატაციაში გაშვების სავარაუდო თარიღი	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2032	20232
ფოთი	2025	-10.118	-6.994	-2.193	-0.743	1.150	2.689	3.669	
ჭოროხი	2025	-9.918	-5.994	-2.093	-0.543	1.499	2.789	3.569	
ქუთაისი	2026		-12.104	-7.799	-2.191	0.523	1.842	3.487	4.687
მთა-საბუეთი I	2026		-18.155	-11.699	-3.287	0.784	2.763	5.230	7.030
მთა-საბუეთი II	2025	-42.498	-29.377	-9.212	-3.120	4.830	11.296	15.408	
გორი-კასპი	2025	-13.982	-9.665	-3.031	-1.026	1.589	3.716	5.069	
ფარავანი	2025	-11.918	-7.994	-3.093	-1.543	1.899	3.789	6.569	
სამგორი	2026		-6.994	-3.093	-0.343	1.799	2.989	3.769	5.069
რუსთავი	2026		-6.694	-2.793	-0.043	2.099	3.289	4.069	5.369
დასახელება	ექსპლუატაციაში გაშვების სავარაუდო თარიღი	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2032	20232
ჯონოულა 2	2024	-	-14.5516	-6.0479	-2.9247	-0.4956	3.0142	5.4434	7.8725
გუბაზეული ჰესი	2024	-4.5567	-2.7318	-1.1354	-0.5491	-0.0930	0.5659	1.0219	1.4779
ბაზვი ჰესი 2	2024	-	-16.4112	-6.8208	-3.2985	-0.5589	3.3994	6.1390	8.8786
სორგიეთი 1	2024	-	-6.8465	-2.8455	-1.3761	-0.2332	1.4182	2.5611	3.7040

სორგეთი 2	2024	- 12.1966	-7.3120	-3.0390	-1.4696	-0.2490	1.5146	2.7352	3.9558
ონი 1	2025	- 93.1138	-55.8227	-23.2011	-11.2199	-1.9011	11.5631	20.8818	30.2005
ონი 2	2025	- 64.1904	-38.4828	-15.9942	-7.7347	-1.3106	7.9713	14.3954	20.8195
ნატანები 3	2025	-6.9945	-4.1933	-1.7428	-0.8428	-0.1428	0.8686	1.5686	2.2686
ბაისუბანი	2025	-6.4945	-3.6933	-1.2428	-0.3428	0.3572	1.3686	2.0686	2.7686
ახალსოფელი ჰესი	2025	-5.9945	-3.1933	-0.7428	-0.3572	0.6572	1.0686	2.0686	2.9686
ძეგვი ჰესი	2025	-5.9592	-3.9972	-1.5466	-0.7714	-0.5495	1.8947	2.3843	2.8843
კამარა ჰესი	2025	-4.9961	-2.2095	-1.2851	-0.7136	-0.2067	0.5490	0.8347	1.2219
ბახვი ჰესი 1	2025	-4.7818	-3.4238	-1.4993	-0.7136	0.2067	0.7633	1.4061	1.9061
ალპანა ჰესი	2025	- 42.3925	-25.4147	-10.5629	-5.1081	-0.8655	5.2644	9.5070	13.7496
ხანი ჰესი	2025	-4.6303	-2.7759	-1.1537	-0.5579	-0.0945	0.5750	1.0384	1.5018
ხრამი ჰესი 7	2025	-2.3180	-1.3896	-0.5776	-0.2793	-0.0473	0.2879	0.5198	0.7518
ტეხურის კასკადი	2025	- 86.6433	-51.9436	-21.5888	-10.4402	-1.7690	10.7596	19.4307	28.1019
ნატანები 2	2026		-7.7454	-4.6435	-1.9299	-0.9333	-0.1581	0.9618	1.7370
მტკვარი კასკადი 4	2026		-60.4880	-36.2632	-15.0717	-7.2886	-1.2350	7.5115	13.5651
ნატანები 1	2027			-4.6586	-2.7929	-1.1608	-0.5613	-0.0951	0.5785

დასკვნები და რეკომენდაციები

1. მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილების, მეცნიერული ანალიზისა და საქართველოში ამ მიმართულებით არსებული პოტენციალის სიღრმისეული შესწავლის საფუძველზე განისაზღვრა დასმული პრობლემის აქტუალობა და დაისახა მისი გადაწყვეტის გზები;
2. მზის, ქარისა და წყლის მოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების გამოყენების ეფექტიანობის მეცნიერული კვლევების შედეგების, მსოფლიოში აპრობირებული მეთოდების, საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების სპეციფიკის გათვალისწინებით, შემუშავებულია მითითებულ ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელი და ამ მოდელის მიხედვით ეფექტიანობის შეფასების ანგარიშის ალგორითმი, რომლის მიხედვითაც დაანგარიშებულია მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის მაჩვენებლები. ანგარიშით მიღებული შედეგების ანალიზით დადგენილია ეფექტიანობის რეალური მაჩვენებლები;
3. საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის მოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დასანერგად ოპტიმალური ტიპების შერჩევის მიზნით სიღრმისეულად არის შესწავლილი ამ დამაგროვებლების წარმოების უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში და მათი გამოყენების საერთაშორისო გამოცდილება. დადგენილია თითოეული დამაგროვებლის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, პროგნოზულად გაანალიზებულია ამ მაჩვენებლების ცვალებადობის დინამიკა. ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე შერჩეულია ქვეყანაში მზის, ქარისა და

წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე სტრატეგიული გეგმით განსაზღვრული ასაშენებელ ელექტროსადგურებზე ტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით საქართველოში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემები;

4. მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურების უკანასკნელი 10 წლის ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ანალიზისა და ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელით გათვალისწინებულ ფაქტორების შედარებითი ანალიზით დადგენილია ანგარიშისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაციის ნუსხა. ამ ინფორმაციის მოსაძიებლად ჩატარდა დიდი მოცულობის კვლევითი სამუშაო. შედეგად დაზუსტდა საინფორმაციო პარამეტრების სიდიდეები;
5. შეფასდა საქართველოში ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმით გათვალისწინებული მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის მოსალოდნელი წარმოების პოტენციალი, თითოეული ასაშენებელი სადგურისათვის შეირჩა დასაანერგი ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების ტიპები, მათი დანერგვისთვის აუცილებელი ინვესტიციების მოცულობები. შეფასებულია მშენებლობის დიდებულებები დამაგროვებლებით და დამაგროვებლების გარეშე;
6. ქვეყანაში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასებისთვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაციისა და ამ სადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვისთვის ინვესტიციების მოცულობების გათვალისწინება. ეფექტიანობის ანგარიშის ალგორითმითა და კომპიუტერული პროგრამა ექსელის მეშვეობით დაანგარიშებულია თითოეულ ელექტროსადგურში ელექტროენერჯის დამაგროვებლის გამოყენების ეფექტიანობა. შესრულებულია დამაგროვებლებისა და მათ გარეშე ეფექტიანობის შედარებით იანალიზი და ნაჩვენებია დამაგროვებლების დანერგვით მაღალი ეფექტიანობა;

7. ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ საქართველოში ენერგეტიკის განვითარების სტრატეგიული გეგმის მიხედვით გათვალისწინებული მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შედეგად რეგულირებადი ელექტროენერჯის წარმოება გაიზრდება მილიარდ კვტ.სთ-ზე მეტად წელიწადში. მთლიანად აღნიშნული სადგურები ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ გამოიმუშავენ 9 მილიარდ 300 მილიონ კვტ.სთ-ს. ელექტროსისტემას მიეცემა საშუალება ოპერატიული რეზერვი გაზარდოს 3 მილიარდი კვტ.სთ-ით;
8. კვლევის შედეგების ეკონომიკურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველოში მზის, ქარისა და წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის შედეგად მზის ელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯის წარმოება მომგებიანია 4 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ, ანალოგიური შედეგია ქარის ელექტროსადგურებში, წყლის ჩამოდინებაზე მომუშავე ელექტროსადგურებში კი ელექტროენერჯის წარმოება მომგებიანია 5 წლის შემდეგ პერიოდში;
9. ჩატარებული კვლევების ანალიზიდან გამომდინარე მიგვაჩნია, რომ საქართველოში ყველა ახალ მშენებარე ელექტროსადგურში გარდა მარეგულირებელი ელექტროსადგურებისა უნდა დაინერგოს ელექტროენერჯის დამაგროვებლების თანამედროვე სისტემები;
10. კომპლექსური კვლევითი სამუშაოები უნდა ჩატარდეს საქართველოს ელექტროსისტემაში ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების შესაძლებლობების გამოსავლენად. კვლევების შედეგების მიხედვით შემუშავებული უნდა იქნეს ელექტროენერჯის დამაგროვებელი სისტემების დანერგვის პროგრამა. ამ პროგრამის განხორციელების უზრუნველყოფა პირველი რიგის ამოცანად უნდა ჩაითვალოს ენერგეტიკის დარგის ხელმძღვანელებისთვის;

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Electricity explained Energy storage for electricity generation, Energy storage for electricity generation - U.S. Energy Information Administration (EIA). უკანასკნლად გადამოწმებულია 30.04.2024.
2. Battery Energy Storage Systems (BESS). <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product/battery-energy-storage.html>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.
3. Energy storage, <https://energy.hse.ru/accenergy>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.05.2024.
4. RENEWABLE POWER GENERATION COSTS. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf?rev=77ebbae10ca34ef98909a59e39470906. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.05.2024.
5. Johanna Gustavsson, Energy Storage Technology Comparison, A knowledge guide to simplify selection of energy storage technology. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:953046/FULLTEXT01.pdf>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.
6. Electricity and Energy Storage. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/electricity-and-energy-storage>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.04.2024.
7. Добрынин Е.В.¹ , Крылов А.Н.² , Батищев А.М.². Оценка эффективности использования накопителей энергии. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-ispolzovaniya-nakopiteley-energii/viewer>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.03.2024.
8. Energy storage costs, Informing the viable application of electricity storage technologies, including batteries and pumped hydro storage, with the latest data and analysis on costs and performance. <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Energy-storage-costs>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.04.2024.
9. IRENA ENVISIONS 160 GW OF ENERGY STORAGE BY 2030. <https://energystorageforum.com/news/irena-envisions-160-gw-energy-storage-2030>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 20.03.2024.

10. Andy Colthorpe, Batteries for energy storage could reach 250GW by 2030. <https://www.energy-storage.news/irena-batteries-for-energy-storage-could-reach-250gw-by-2030/> უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.03.2024.
11. Conor Ryan, Schneider Electric and Saft partner on two 1MW PV-plus-storage projects. <https://www.energy-storage.news/schneider-electric-and-saft-partner-on-two-1mw-pv-plus-storage-projects-in-france/> უკანასკნლად გადამოწმებულია 05.03.2024.
12. Adnan Z. Amin, ELECTRICITY STORAGE AND RENEWABLES: COSTS AND MARKETS TO 2030. https://www.climateaction.org/images/uploads/documents/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.05.2024.
13. BATTERY STORAGE TO DRIVE THE POWER SYSTEM TRANSITION. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2019-06/report_-_battery_storage_to_drive_the_power_system_transition_0.pdf. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.05.2024.
14. Luke James, What are battery energy storage systems? https://www.power-andbeyond.com/what-are-battery-energy-storage-systems-a4813a03a3a95c92fdc6562ce4d2d1b92/?cmp=go-ta-art-trf-PuB_DSA20230124&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw_-GxBhC1ARIsADGgDjt8lKx7ryj6xJzIGA5I1qnTFV3Rf_4qavwqeMF4Mknqp6_-ciS6gaAmiLEALw_wcB. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.05.2024.
15. What is battery storage? Why is battery storage important and what are its benefits? <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-battery-storage>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.
16. Battery energy storage: How it works, and Why its important. <https://www.power-sonic.com/blog/what-is-battery-energy-storage/> უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.04.2024
17. Klaus Brandt, Jürgen Garche, Battery Energy Storage. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/battery-energy-storage>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 20.04.2024.
18. Battery storage power station. https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_storage_power_station. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.04.2024.
19. Шлейников В. Б. Эффективность применения накопителей электроэнергии как резервного источника электроэнергии. <http://endf.ru/wp-content/uploads/2020/12/2020-5-shleynikov.pdf>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 13.04.2024.

20. Добрынин Е.В.1, Крылов А.Н.2 , Батищев А.М.2. Оценка эффективности использования накопителей энергии.
<https://runeft.ru/upload/iblock/bc0/bc0d1eb884b07bc27073203dffb85322.pdf>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.02.2024.
21. ДЗЕДИК В.А.1, УСАЧЕВА И.В.1, МОТКОВА А.А.1. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50155171>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.02.2024.
22. Оптимизационные задачи для снижения стоимости накопителей энергии в электрических сетях. <https://habr.com/ru/articles/562186/>
უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.03.2024.
23. Накопители энергии: технологии и тренды.
<https://marketelectro.ru/node/nakopiteli-energii-tekhnologii-i-trendy>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 30.03.2024.
24. Savina N.V. Lisogurskaya L.N. Lisogursky I.A. STORAGE OF ELECTRIC ENERGY AS A MEANS F INCREASING RELIABILITY AND ECONOMY OF ELECTRIC NETWORK OPERATION. <https://research-journal.org/en/archive/2-92-2020-february/nakopiteli-elektricheskoy-energii-kak-sredstvo-povysheniya-nadyozhnosti-i-ekonomichnosti-funkcionirovaniya-elektricheskoy-seti>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 31.03.2024.
25. Умышев Диас, Осипов Эдуард, Петухов Юрий, Кибарин Андрей, Коробков Максим. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИОГЕННЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ В СХЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ.
<https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/article/view/1400>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 31.03.2024.
26. Обзор типов накопителей энергии. <https://khd2.narod.ru/gratis/accumul.htm>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.03.2024.
27. Путилов А.А., Обзор существующих технологий накопления электроэнергии.
<https://panor.ru/articles/obzor-sushchestvuyushchikh-tekhnologiy-nakopleniya-elektroenergii/76279.html#>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.04.2024.
28. Накопители энергии. <https://energy.hse.ru/accenergy>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.04.2024.
29. Карасевич В.А. Использование систем накопления энергии для хранения энергии в автономных энергосистемах.

- <https://www.c-o-k.ru/articles/ispolzovanie-sistem-nakopleniya-energii-dlya-hraneniya-energii-v-avtonomnyh-energосistemah>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.02.2024.
30. Накопители энергии. <https://ru.beston-energy.com/blogs-detail/exploring-the-benefits-of-beston-energy-storage-power>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.02.2024.
31. 25 сценариев применения накопителей энергии.
<https://www.lithiumbatterytech.com/ru/25-energy-storage-application-scenarios/>
უკანასკნლად გადამოწმებულია 25.02.2024.
32. ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR WIND TURBINES.
<https://ampowr.com/energy-storage-systems-wind-turbines/>
უკანასკნლად გადამოწმებულია 20.05.2024.
33. Wind turbine battery storage system.
<https://calderelectricalservices.co.uk/wind-turbine-battery-storage-system/>
უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.05.2024.
34. Z. Zhang, Timo Lehtola, Solar energy and wind power supply supported by battery storage and Vehicle to Grid operations.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378779623009239>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.05.2024.
35. Lithium-ion battery for wind energy storage. <https://www.aokly-battery.com/article/lithium-ion-battery-for-wind-energy-storage.html>.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 05.05.2024.
36. THE LARGEST SINGLE LIQUID-COOLED ENERGY STORAGE STATION IN CHINA WAS CONNECTED TO THE GRID. <https://en.cnesa.org/new-blog/2023/2/27/the-largest-single-liquid-cooled-energy-storage-station-in-china-was-connected-to-the-grid>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.04.2024.
37. HASNAIN ALI, Benefits of Battery Storage for Wind Power Plant.
<https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/72befa3f-4af5-43fd-a707-04bc9ea600db/content>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 20.04.2024.
38. Martin J. Leahy, David Connolly & Denis N. Buckley. Wind energy storage technologies.
<https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/9781845642051/9781845642051021FU1.pdf>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 20.04.2024.
39. List of energy storage power plants.
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_energy_storage_power_plants.
უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.

40. Battery Energy Storage: How It Works, And Why Its Important.
<https://www.power-sonic.com/blog/what-is-battery-energy-storage/>
 უკანასკნლად გადამოწმებულია 20.04.2024.
41. Electricity and Energy Storage. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/electricity-and-energy-storage>.
 უკანასკნლად გადამოწმებულია 20.04.2024.
42. What is renewable energy storage (and why is it important for reaching net zero)?
<https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-renewable-energy-storage>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.04.2024.
43. Grid-Scale Battery Storage. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/74426.pdf>.
 უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.
44. WIND ENERGY TECHNOLOGIES OFFICE.
<https://www.energy.gov/eere/wind/wind-energy-basics>.
 უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.
45. ქარის ენერჯია და საერთაშორისო სტანდარტები.
<https://www.isoconsulting.ge/single-post/%E1%83%A5%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%94%E1%83%9C%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%92%E1%83%98%E1%83%90-%E1%83%93%E1%83%90-%E1%83%A1%E1%83%90%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%97%E1%83%90%E1%83%A8%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%A1%E1%83%9D-%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%90%E1%83%9C%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%A0%E1%83%A2%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98>,
 უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.02.2024.
46. შოვნაძე გ. ელექტრულ სისტემაში ელექტრული ენერჯიის დამაგროვებლების გამოყენების პერსპექტივა. დისერტაცია, თბილისი, სტუ, 2019,
47. Johanna Gustavsson, Energy Storage Technology Comparison, KTH School of Industrial Engineering and Management Energy Technology.
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:953046/FULLTEXT01.pdf>,
 უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.03.2024.
48. Renewable Power Generation Costs.
https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019?fbclid=IwAR1LhdmcJfDdHMDg4W_5XSJ30kblJpNvpYQVQFi01ftYbY5ho8-4DuB5us8, უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.03.2024.

49. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა, ქსელის განვითარების 10 წლიანი გეგმა. <https://www.gse.com.ge/proektebi/sakartvelos-gadamcemi-qselis-ganvitarebis-antsliani-gegma>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.03.2024.
50. Electricity and Energy Storage. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/electricity-and-energy-storage>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.
51. Grid energy storage. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Grid_energy_storage. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.03.2024.
52. Grid energy storage. https://meruspower.com/products/ess/?ppc_keyword=energy%20storage%20companies&gclid=Cj0KCQjwl9GCBhDvARIsAFunhsksfQijrXHnENus1UNiGPyNGgb_jfAh5V4zFCvPp7M. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.01.2024.
53. Россихин Д. А., Менделеев Д. И., Галимзянов Л. А. Вопросы применения и развития систем накопления электроэнергии. <https://eaf.etu.ru/assets/files/eaf21/papers/24-29.pdf>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.04.2024.
54. Путилов А.А. Обзор существующих технологий накопления электроэнергии. <https://panor.ru/articles/obzor-sushchestvuyushchikh-tekhnologiy-nakopleniya-elektroenergii/76279.html#>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 15.02.2024.
55. Накопители энергии: технологии и тренды. <https://marketelectro.ru/node/nakopiteli-energii-tekhnologii-i-trendy>. უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.03.2024.
56. 25 сценариев применения накопителей энергии. <https://www.lithiumbatterytech.com/ru/25-energy-storage-application-scenarios/> უკანასკნლად გადამოწმებულია 10.03.2024.
57. ჯაფარიძე დ., ღუდუმიძე გ. საქართველოს მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურებისთვის დამაგროვებლების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვა ელექტროსისტემაში. III საერთაშორისო კონფერენციის - „ენერჯეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“ - შრომები, „ენერჯია“, 2021, №2(98), გვ. 189-195.
58. ღუდუმიძე გ., ჯაფარიძე დ. ქარის ენერჯეტიკაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასების ოპტიმალური ეკონომეტრიკული მოდელის შემუშავება და აპრობაცია საქართველოში. სტუ-ის შრომები, 2022, №2(524), გვ. 66-80.
59. Ghudumidze G., Japaridze D. Assessing the Efficiency of Solar Energy Development in Georgia and Ways to Increase It. Proceedings of International

Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to The 100th Anniversary of „Georgian Technical University“, Tbilisi, July 2022, pp. 291-300.

60. ლუდუმიძე გ. ქარის ელექტროენერჯის გამოყენების შეფასება და მისი ამაღლების გზები. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, 2023, №1(741), გვ. 34-46.
61. ჩოხელი ხ. ჰესის გამომუშავების დაგეგმვა მდინარის ჩამონადენის მრავალფაქტორიანი ფორმირების კვლევის საფუძველზე. დისერტაცია, თბილისი, სტუ, 2022, 147გვ.