



საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტი  
1922 წლიდან

გიორგი მეტრეველი

თელავის მუნიციპალიტეტის ელექტრომომარაგების ქსელში  
მიმდინარე პროცესების გამოკვლევა და ეკოლოგიურად სუფთა  
ენერგოდამოუკიდებელი ელექტროსისტემის დამუშავება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 0160, საქართველო

2022 წ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი: ენერგეტიკის

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გიორგი მეტრეველის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „თელავის მუნიციპალიტეტის ელექტრომომარაგების ქსელში მიმდინარე პროცესების გამოკვლევა და ეკოლოგიურად სუფთა ენერგოდამოუკიდებელი ელექტროსისტემის დამუშავება“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2022 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები: პროფესორი მ. ქობალია

რეცენზენტი: \_\_\_\_\_

რეცენზენტი: \_\_\_\_\_

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2022 წ.

**ავტორი:** გიორგი მეტრეველი

**დასახელება:** „თელავის მუნიციპალიტეტის ელექტრომომარაგების ქსელში მიმდინარე პროცესების გამოკვლევა და ეკოლოგიურად სუფთა ენერგოდამოუკიდებელი ელექტროსისტემის დამუშავება“

**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

ბოლო ხუთი ათეული წლის განმავლობაში დედამიწაზე კლიმატის ცვლილების მყარი ტენდენცია შეინიშნება, რაც განახლებადი ენერჯის წყაროებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს. 1986 წლის შემდეგ, საქართველოში, მათ შორის კახეთის რეგიონში, მცირე და საშუალო ჰიდროენერგეტიკული რესურსების მქონე მდინარეების უმეტესობაზე ჰიდროლოგიური დაკვირვებები აღარ განხორციელებულა, რის გამოც კახეთის რეგიონში არსებულ ბევრ მდინარეზე წყლის ნაკადის რესურსის შესახებ განახლებული ოფიციალური ინფორმაციები არ არსებობს. ამასთანავე, საქართველოში ჰელიოენერგეტიკულ რესურსებზე არსებული კვლევების უმეტესობაც ძალიან მოძველებულია, რადგან უმეტეს შემთხვევებში ენერგეტიკის სამინისტრო ძირითადად 1980-იანი წლების კვლევების შედეგებს ეყრდნობა. კლიმატური პირობების ცვლილებების გათვალისწინებით, ეს ძველი კვლევების შედეგები დღევანდელ მდგომარეობას ობიექტურად ვეღარ ასახავენ, შესაბამისად, ინვესტირების მხრიდან დაინტერესება ნაკლებია და ეს რესურსები აუთვისებელი რჩება. ამიტომ, ჩატარდა ექსპედიციური კვლევები თელავის და ახმეტის რაიონების მცირე და საშუალო სიმძლავრის მქონდე მდინარეებზე, რის დროსაც წლიურ ჭრილში მდ. ილტოს წყლის ნაკადის რაოდენობა განისაზღვრა. აგრეთვე, თელავის რაიონში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით, კონკრეტულ ადგილმდებარეობაზე, წლიურ ჭრილში მზის რადიაციის რაოდენობა დადგინდა.

თელავის რაიონის ჰიდროენერგეტიკული და ჰელიოენერგეტიკული რესურსების მოკვლევის შემდეგ, კახეთის რეგიონის და თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის მდგომარეობა შემოწმდა, რის დროსაც ელექტროენერჯის გამომუშავება-მოხმარების ბალანსი და სიმძლავრის წლიური დანაკარგების მნიშვნელობები დადგინდა - თელავის რაიონი კახეთის რეგიონში ყველაზე მეტ ელექტროენერჯას მოიხმარს. ამასთანავე, ამჟამად, თელავის რაიონში მხოლოდ ორი მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგური ფუნქციონირებს, რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ თელავის რაიონში ელექტროენერჯის მოხმარების ძირითადი ნაწილი მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელიდან შემოდის, რაც სიმძლავრის დანაკარგებთან არის დაკავშირებული. 2021 წელს საქართველოს მასშტაბით სიმძლავრის დანაკარგების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი კახეთში დაფიქსირდა (5.4%), საიდანაც თელავის რაიონის რაოდენობრივმა წილმა, სხვა რაიონებთან შედარებით, ყველაზე მეტი 25% შეადგინა.

მაღალი ძაბვის გარე ელექტრომომარაგების ქსელზე დამოკიდებულება, თელავის რაიონს ელექტრომომარაგების საიმედოობისა და ენერგოუსაფრთხოების პრობლემებსაც უქმნის, რადგან უამინდობის და სისტემური ავარიების დროს მაღალი ძაბვის ქსელი ითიშება და თელავის რაიონი ელექტროენერჯის გარეშე რჩება. ამიტომ, სიმძლავრის დანაკარგების შემცირების და ზემოთ ნახსენები პრობლემების აღმოფხვრის მიზნით, წინამდებარე კვლევის ფარგლებში, თელავის რაიონში ჰიდრო და

მზის ელექტროსადგურები დაპროექტდა. ჰიდროელექტროსადგური წყლით ზემო ალაზნის საირიგაციო მაგისტრალური არხით მომარაგდება. ამჟამად, ამ არხის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი სრულად ათვისებულია. ამიტომ, სოფ. ჩაჩხრიალასთან ახლოს შესაბამისი ინფრასტრუქტურა უნდა მოეწყოს, რათა მდ. ილტოს წყლის ნაკადის გარკვეული რაოდენობა ამ არხში შემოვიდეს და ქ. თელავში საპროექტო ჰიდროელექტროსადგურამდე ჩამოდინდეს. ამ ჰიდროელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრე 15 მგვტ, ხოლო მზის ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრე 11 მგვტ იქნება.

ჰიდროელექტროსადგურის საგენერატორო შენობაში 35კვ ძაბვის ქვესადგური დაპროექტდა, სადაც ამ ორი ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია შეიკრიბება და საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის ბალანსზე არსებულ 35კვ ძაბვის ქვესადგურ „კურდღელაური-35-ს“ 35 კვ ძაბვის მიწიქვეშა საკაბელო არხით დაუკავშირდება. ამ ქვესადგურიდან ქვესადგურ „თელავი-110-მდე“ გამავალი 35კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზი „გულგულა-35“ უფრო მაღალი კვეთის ხაზით უნდა შეიცვალოს, რათა საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია მაღალი ძაბვის ქსელში საჭიროებისამებრ გადანიჭილდეს.

ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია თელავის რაიონის მიერ ელექტროენერჯის მოხმარებას წელიწადის ექვსი თვის განმავლობაში (აპრილი-სექტემბერი) სრულად უზრუნველყოფს, ხოლო დანარჩენი ექვსი თვის განმავლობაში (ოქტომბერი-მარტი) დღე-ღამის განმავლობაში 18 საათი (00:00-18:00) სრულად დააკმაყოფილებს, ხოლო დანარჩენი 6 საათი (18:00-00:00) მოხმარება გამომუშავებაზე მეტი იქნება და ელექტროენერჯის გარკვეული რაოდენობის მაღალი ძაბვის ქსელიდან შემოტანა გახდება საჭირო. ამ ორი ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის წლიური რაოდენობა 119,301,960 კვტ/სთ იქნება, რომელიც თელავის რაიონის ელექტროენერჯის წლიურ მოხმარებაზე 28,130,076 კვტ/სთ-ით მეტი იქნება. თელავის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის საიმედოობის გაზრდის მიზნით, საპროექტო ჰიდროელექტროსადგურს იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის ფუნქცია ექნება, რაც საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მაღალი ძაბვის ქსელში ავარიული გამორთვების დროს, თელავის რაიონს უწყვეტ რეჟიმში ელექტროენერჯით მომარაგების საშუალებას მისცემს.

კვლევამ აჩვენა, რომ საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების ქსელთან მიერთების შემდეგ, თელავის რაიონი ენერგოდამოუკიდებელი გახდება და კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის სიმძლავრის დანაკარგები დაახლოებით 4.05%-მდე შემცირდება.

## Abstract

The World has been facing a strong tendency of climate change during the last five decades, which deeply affects renewable energy resources. Since 1986, in Georgia, including the Kakheti region, hydrology observations have not been conducted on most rivers having small and medium hydrology resources. Therefore, nowadays, renovated information on those rivers is not available. Herewith, existing researches on solar energy resources are also outdated, because the Ministry of Energy of Georgia mostly refers to outcomes of a research made in the 1980s. Given changes in climate conditions, these old researches can not reflect the present situation properly, therefore, there is a lack of interest from investors and these renewable energy resources have remained inapplicable. That is why, expedition research has been conducted on rivers having small and medium hydrology resources in Telavi and Akhmeta municipalities, whereby the yearly amount of watercourse of a river Ilto has been determined. Also, in a specific area of Telavi municipality, the yearly amount of solar radiation has been estimated.

After research of hydro energy and solar energy resources in Telavi municipality, the condition of the high voltage electrical supply grid has been inspected, whereupon balance of electricity production-consumption and yearly power transmission losses have been determined – Telavi municipality consumes the highest amount of electricity in Kakheti region. Besides, in Telavi municipality, only two small hydropower plants have been functioning at the moment, which means, that in Telavi municipality the vast majority of electricity is transmitted from the external high voltage electrical grid, which is related to power transmission losses. In Georgia, in 2021, the highest amount of power transmission losses was stated in the Kakheti region (5.4%), wherefrom Telavi had the highest quantitative share of 25% out of all municipalities.

The dependency on external high voltage electrical supply grid raises difficulties of reliability of electricity supply and energy security to Telavi municipality because in the course of bad weather shortcuts and power grid systemic breakdowns, Telavi municipality remains without electricity. Therefore, due to the above-mentioned problems and to lower power transmission losses, solar and hydropower plants have been designed in Telavi municipality. The hydropower plant will be fed by the water flowing in the main channel of the Zemo Alazani irrigation system. At the moment, the hydrology of this system is fully utilized. For that reason, specific infrastructure should be organized near to village Chachkhriala, for some amount of water from river Ilto to be passed to this irrigation system and flown down to the designed hydropower plant in Telavi. Installed capacity of the hydropower plant will be 15 MW, whereas solar power plant – 11 MW.

35 kV substation has been designed in a powerhouse of the hydropower plant, where produced electricity of these two power plants will be collected. This

substation will be connected to a 35kv substation “Kurdgelaury-35” with a 35 kV underground cable. The existing overhead line between substations “Kurdgelaury-35” and “Telavi-110” should be replaced with a new one having a bigger conductor section, so for the produced electricity of the designed solar and hydropower plants to be transmitted to the high voltage power grid safely.

Produced electricity from the solar and hydropower plants will fully cover the electricity demand of Telavi municipality for six months (April-September), whereas during 24 hours of each day of remained six months, 18 hours will be fully covered (00:00-18:00), but another 6 hours (18:00-00:00) electricity consumption will be higher than production, thus, missing amount of electricity will be substituted by external high voltage power grid. The yearly amount of produced electricity from these two power plants will be 119,301,960 kWh, which will be more than the yearly electricity demand of Telavi municipality by 28,130,076 kWh.

The designed hydropower plant will be equipped with a function of black start to increase the reliability of the high voltage electrical supply grid of Telavi municipality, which allows the power plant of working in an isolation regime, so Telavi municipality will be supplied by electricity in the events of high voltage power grid systemic breakdowns and bad weather shortcuts.

Research showed, that after the grid connection of solar and hydropower plants, Telavi municipality will become energy independent and power transmission losses in the Kakheti region will be reduced to 4.05%.

## სარჩევი

შესავალი .....	15
თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა .....	21
თავი 2. მეთოდოლოგია.....	27
2.1 საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით.....	27
2.2 მზის ელექტროსადგურის სიმძლავრის განსაზღვრა მათემატიკური მოდელის გამოყენებით.....	31
2.3 ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის განსაზღვრა .....	34
2.4 მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის შერჩევა .....	37
თავი 3. შედეგები და მათი განხილვა.....	39
3.1 კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის მოკვლევა .....	39
3.2 კახეთის რეგიონის ელექტროენერჯის მოხმარების მოკვლევა.....	41
3.3 თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის მოკვლევა .....	42
3.4 თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარების მოკვლევა .....	43
3.5 თელავის რაიონში ჰიდრო რესურსების მოკვლევა .....	47
3.6 საპროექტო ჰიდროელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის განსაზღვრა .....	52
3.7 ქ. თელავში მზის რადიაციის რესურსის მოკვლევა .....	60
3.8 საპროექტო მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის განსაზღვრა .....	75
3.9 საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების ქსელთან მიერთება .....	87
3.10 საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული და თელავის რაიონის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის ანალიზი.....	93
დასკვნა .....	100
გამოყენებული ლიტერატურა .....	103
დანართები.....	106
დანართი-1: სსე-სთვის მიწერილი წერილი .....	106
დანართი-2: სსე-დან გამოგზავნილი წერილი და დანართები .....	107



დანართი-3: VOITH-ის ტურბინა-გენერატორების საპასპორტე მონაცემები .....	115
დანართი-4: ELTAS წარმოებული ძალოვანი ტრანსფორმატორის ტექნიკური მონაცემები .....	118
დანართი-5: JA solar-ის წარმოებული მზის პანელის მონაცემები .....	120
დანართი-6: HUAWEI-ის წარმოებული ინვერტორის მონაცემები.....	122
დანართი-7: ELTAS-ს წარმოებული 0.8/10 და 10/35კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორების მონაცემები.....	123
დანართი-8: 35კვ ძაბვის კაბელის ტექნიკური მონაცემები .....	126
დანართი-9: თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქვესადგურების ცალხაზოვანი სქემები .....	129

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. კახეთის მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზები..	40
ცხრილი 2. კახეთის რეგიონში ექსპლუატაციაში გაშვებული ჰესები.....	40
ცხრილი 3. ხოლო ხუთი წლის კახეთის რაიონების ელექტროენერჯის მოხმარება.....	41
ცხრილი 4. თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქვესადგურების კოორდინატები.....	42
ცხრილი 5. თელავის რაიონის 2017-2021 წლების ელექტროენერჯის ყოველთვიური მოხმარებები .....	45
ცხრილი 6. თელავის რაიონის ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ყოველი თვის ბოლო დღის დღე-ღამური საათობრივი დატვირთვის საპროგნოზო მონაცემები.....	46
ცხრილი 7. ექსპედიციური კვლევის შედეგები .....	51
ცხრილი 8. მდ. ილტოს წყლის ნაკადის რესურსები.....	52
ცხრილი 9. ქ. თელავში საპროექტო ჰესის ინფრასტრუქტურის კოორდინატები.....	53
ცხრილი 10. ტურბინა-გენერატორების მწარმოებლების შემოთავაზებები ..	55
ცხრილი 11. საპროექტო ჰესის აგრეგატების დატვირთვის მაჩვენებლების და გამომუშავები ელექტრო ენერჯის რაოდენობა.....	58
ცხრილი 12. თელავის რაიონში არსებული ორი ჰესის და საპროექტო ჰესის მიერ საპროგნოზო გამომუშავებული და თელავის რაიონის მიერ საპროგნოზო ელექტროენერჯის მოხმარების ბალანსი.....	59
ცხრილი 13. საპროექტო მზის ელექტროსადგურის ტერიტორიაზე მზის რადიაციის რაოდენობა.....	61
ცხრილი 14. იანვრის თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	62

ცხრილი 15. თებერვლის თვის მზის რადიაციის შედეგები .....	63
ცხრილი 16. მარტის თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	64
ცხრილი 17. აპრილის თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	65
ცხრილი 18. მაისის თვის მზის რადიაციის შედეგები .....	66
ცხრილი 19. ივნისის თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	67
ცხრილი 20. ივლისის თვის მზის რადიაციის შედეგები .....	68
ცხრილი 21. აგვისტოს თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	69
ცხრილი 22. სექტემბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	70
ცხრილი 23. ოქტომბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	71
ცხრილი 24. ნოემბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები.....	72
ცხრილი 25. დეკემბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები .....	73
ცხრილი 26. ნასას მონაცემების და მათემატიკური მოდელის შედარება.....	74
ცხრილი 27. საპროექტო მზის ელექტროსადგურის საშუალო გარემო ტემპერატურა (მზეზე).....	76
ცხრილი 28. მზის პანელის ტემპერატურის ცვლილება .....	81
ცხრილი 29. მზის პანელი ეფექტიანობის ცვლილება .....	82
ცხრილი 30. ერთი მზის პანელის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია .....	83
ცხრილი 31. საპროექტო მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია.....	86

<b>ცხრილი 32.</b> თელავის რაიონში არსებული ორი ჰესის და საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერჯია .....	95
<b>ცხრილი 33.</b> თელავის რაიონის ელექტროენერჯის გაცემა-მიღების ბალანსი .....	96
<b>ცხრილი 34.</b> თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხამრების და საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის შედარება .....	98

## ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1. კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელი.....	39
ნახაზი 2. თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქვესადგურების განლაგება ....	43
ნახაზი 3. ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალური არხი .....	48
ნახაზი 4. მდ. ილტოსთან საპროექტო წყალმიმღების და საირიგაციო არხის განლაგება.....	50
ნახაზი 5. თელავში საპროექტო ჰესის ინფრასტრუქტურის განლაგება .....	54
ნახაზი 6. VOITH-ს წარმოებული ტურბინა-გენერატორი .....	56
ნახაზი 7. JA solar-ის მიერ წარმოებული მზის კრისტალური პანელი.....	78
ნახაზი 8. საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურების ცალხაზოვანი სქემა .....	87
ნახაზი 9. საპროექტო ჰესის, მზის ელექტროსადგურის, კაბელის და თელავის მაღალი ძაბვის ხაზების განლაგება.....	88
ნახაზი 10. 35კვ ძაბვის ქ/ს "კურდღელაური-35" .....	90
ნახაზი 11. ქ/ს "კურდღელაური-35"-ის სატრანსფორმატორო უკრედი და 35კვ ძაბვის სალტე .....	90
ნახაზი 12. თელავის რაიონის ქ/ს "თელავი-110" .....	91
ნახაზი 13. ქ/ს "თელავი"-ში 35კვ ძაბვის ეგზ "გულგულა-35"-ის სახაზო უჯრედი .....	92
ნახაზი 14. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხამრების და საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამოძუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის შედარება .....	98

## მადლიერების გვერდი

პირველ რიგში, მინდა მადლობა გადავუხადო ჩემი სადოქტორო თემის ხელმძღვანელ პროფესორ მამუკა ქობალიას და ელექტრომობილარების ტექნოლოგიების დეპარტამენტის უფროს პროფესორ ბადურ ჭუნაშვილს, რომლებმაც რჩევებითა და კონსულტაციებით ჩემი სადოქტორო ნაშრომის შესრულებაში დიდი წვლილი შეიტანეს. ამასთანავე, მინდა მადლიერება გამოვხატო „საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის“, „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“, „თელავის კომპლექსური ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგურის“ და „კახეთის მელიორაციის სამსახურის“ თანამშრომლების მიმართ, რომლებიც კახეთის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის და მდინარეების წყლის რესურსების მოკვლევაში დამეხმარნენ.

# შესავალი

## თემის აქტუალობა

მსოფლიოში, მათ შორის საქართველოშიც, ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდის პარალელურად მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის მიმართ წაყენებული მოთხოვნებიც შესაბამისად იზრდება. პირველ რიგში, ეს ელექტროსისტემაში შემავალ ელექტროსადგურებს და მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ სისტემებს ეხებათ. საქართველოს შემთხვევაში საყურადღებო არის განახლებად ენერჯიებზე მომუშავე ელექტროსადგურები (ჰიდრო, მზე), რადგან ამჟამინდელი მდგომარეობით ქვეყანაში გამომუშავებული ელექტროენერჯის დიდი წილი ჰიდროელექტროსადგურებზე მოდის, ხოლო მზის ელექტროსადგურების განვითარება საწყის ეტაპზეა.

საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემა ძირითადად ცენტრალიზებულია და ის ელექტროსადგურები, რომლებზეც ელექტროენერჯის გამომუშავების მნიშვნელოვანი წილი მოდის, ელექტროენერჯის დიდი მომხმარებლებიდან (ქალაქები, ქარხნები, ა.შ.) ტერიტორიულად შორს მდებარეობენ. ამის გამო, გრძელი მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ქსელის მოწყობა ხდება საჭირო, რათა ამ ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია მომხმარებლამდე მივიდეს. ელექტრულ ქსელში შორ მანძილზე ელექტროენერჯის გადაცემას სიმძლავრის დანაკარგები ახასიათებს, რაც საერთო ჯამში საკმაოდ მაღალი მაჩვენებლით გამოირჩევა და საქართველოს შემთხვევაში 2021 წელს 1.88 % შეადგინა [1].

2021 წელს საქართველოს რეგიონებიდან ელექტროენერჯის დანაკარგების ყველაზე მაღალი პროცენტული მაჩვენებელი 5.4% კახეთში დაფიქსირდა, რადგან ამ რეგიონში ელექტროსადგურების რაოდენობა მცირეა და ელექტროენერჯის მოხმარების სრულად დასაკმაყოფილებლად სხვა რეგიონებიდან მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ქსელით

ელექტროენერჯის შემოტანა ხდება საჭირო. კახეთის რაიონებიდან ყველაზე მაღალი ელექტროენერჯის მოხმარებით თელავის რაიონი გამოირჩევა (26%). ამასთანავე, თელავის რაიონში მხოლოდ ორი მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგური ფუნქციონირებს, რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ ეს რაიონი ძირითადად მაღალი ძაბვის ქსელიდან შემოტანილ ელექტროენერჯიაზე არის დამოკიდებული. შესაბამისად, კახეთის რეგიონში არსებული სიმძლავრის დანაკარგებიდან მეტი წილი თელავის რაიონზე მოდის და საერთო მოცულობის 25%-ს შეადგენს.

კახეთის რეგიონში, მათ შორის თელავის რაიონში, განახლებადი ენერჯორესურსების აუთვისებლობის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი შესაბამისი კვლევების არარსებობაა. ეს განსაკუთრებით ეხება ჰელიოენერჯეტიკას, რადგან დღემდე, ენერჯეტიკის სამინისტრო მზის ენერჯეტიკული პოტენციალის 1980-იანი წლების კვლევებს ეყრდნობა [2]. ამ ძველი კვლევების შედეგები ამჟამინდელი მდგომარეობისგან განსხვავდება და რეალობას არ შეესაბამება. ამასთანავე, აღსანიშნავია, რომ კახეთში არსებული ჰიდრო რესურსებზეც ძირითადი ინფორმაცია საკმაოდ მოძველებულია, რადგან ამჟამად „კახეთის მელიორაციის სამსახური“ და „თელავის კომპლექსური მეტეოროლოგიური სადგური“ დაკვირვებებს მხოლოდ დიდ მდინარეებზე აწარმოებენ და საშუალო და პატარა მდინარეებს 1986 წლის შემდეგ აღარ აკვირდებიან. მსოფლიოში მიმდინარე კლიმატური პირობების ცვლილებებიდან გამომდინარე, კახეთის რეგიონში ჰიდროენერჯეტიკული რესურსების მდგომარეობაც მკვეთრად შეცვლილი იქნება. ამიტომ, 30 წლის წინანდელი კვლევების შედეგები გამოუსადეგარია და შესაბამისად, ინვესტორების მხრიდან დაინტერესებაც ნაკლებია. შედეგად, კახეთის განახლებადი ენერჯის რესურსები აუთვისებელი რჩება.

ზემოთ აღნიშნული პრობლემების აღმოსაფხვრელად, აუცილებელია, რომ თელავის რაიონში არსებული განახლებადი ენერჯის რესურსების რაოდენობა სწორედ განისაზღვროს. განახლებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯოდამოუკიდებელი და



მდგრადი ელექტრომომარაგების ქსელი უნდა დაპროექტდეს, რათა საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის დეცენტრალიზაციას ხელი შეეწყოს და თელავის რაიონის გარე ელექტრულ ქსელზე დამოკიდებულება და სიმძლავრის დანაკარგები შემცირდეს. ეს საჭიროება დისერტაციის თემის აქტუალობაზე ნათლად მიუთითებს.

### **კვლევის მიზანი და ძირითადი ამოცანები**

კვლევის მიზანს წარმოადგენს კახეთის რეგიონის და თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრულ ქსელში სიმძლავრის დანაკარგების შემცირება და თელავის რაიონის ეკოლოგიურად სუფთა ენერგოდამოუკიდებელი ელექტრომომარაგების ქსელის შემუშავება, რისთვისაც შემდეგი მიზნები დაისახა:

- კახეთის რეგიონის და თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრული ქსელების არსებული მდგომარეობის შესწავლა;
- ელექტროენერჯის მიწოდება-მოხმარების ბოლო ხუთი წლის ანალიზი და სამომავლო პროგნოზების განსაზღვრა;
- გლობალური კლიმატური ცვლილებების ტენდენციის გათვალისწინებით თელავის რაიონის მდინარეების წყლის და მზის რადიაციის რესურსების მოკვლევა;
- ქ. თელავში მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების დაპროექტება და 35კვ ძაბვის ქსელთან მიერთება.
- თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოდამოუკიდებლობის მიღწევა.
- საპროექტო ჰესის გენერატორების და მზის ელექტროსადგურის იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის ფუნქციის არსებობით, თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის საიმედოობის გაზრდა.
- თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელში სიმძლავრის დანაკარგების შემცირება.

## კვლევის მეთოდოლოგია

კვლევა ჩატარებულია კახეთის რეგიონის და თელავის რაიონის ჰიდრო და ჰელიო ენერგეტიკული რესურსების ისტორიული ინფორმაციების ძიების და ექსპედიციური გამოკვლევების მეთოდით, ხოლო კახეთის რეგიონში ელექტროენერჯის გამომუშავება-მოხმარების ბალანსის დასადგენად კვლევა შესაბამისი უწყებებისადმი ოფიციალური წერილობითი კომუნიკაციით განხორციელდა. აგრეთვე, მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების დაპროექტების და ძირითადი ელექტრო მოწყობილობების შესარჩევად, ლოგიკური მსჯელობა და მათემატიკური მოდელის პრინციპები იქნა გამოყენებული, რომლის ანგარიშები “Microsoft Excel” კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა.

## დისერტაციის მეცნიერული სიახლე

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევითი კომპონენტები, მეთოდოლოგია და შედეგები შემდეგ სამეცნიერო სიახლეებს მოიცავს:

- მზის რადიაციის სიდიდის, მდინარის ნაკადის სიდიდის, მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების სიმძლავრეების დასადგენი მათემატიკური მოდელის პრინციპები შემუშავდა და მოდელი “Microsoft Excel” კომპიუტერულ პროგრამაში შეიქმნა. ამ მოდელის ნებისმიერი სხვა კვლევებისთვის გამოყენება შესაძლებელია.
- 1986 წლის შემდეგ კახეთის რეგიონის ხუთი საშუალო მდინარის ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დეტალური გამოკვლევა პირველად მოხდა.
- თელავის რაიონში კონკრეტულ ადგილმდებარეობაზე მზის რადიაციის რესურსის მოკვლევა პირველად მოხდა.
- ქსელთან მიერთების ქვესადგურში სტატიკური კონდენსატორების ფილტრაციის ბლოკი არის გათვალისწინებული, რათა მზის ელექტროსადგურის მიერ ინვერტირებული ძაბვის მრუდის

არასინუსოიდალური ფორმის გასწორება მოხდეს და თელავის რაიონის ელექტრულ ქსელში არსებული რეაქტიული სიმძლავრე შემცირდეს.

- გამოვლინდა თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემის ხარვეზები, რის საფუძველზეც, მზის და ჰიდროელექტროსადგურების დაპროექტებით, მისი საიმედოობის ამაღლება და ენერგოდამოუკიდებლობის მიღწევა პირველად გახდება შესაძლებელი.

### **ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება**

კვლევის მეთოდოლოგია, შედეგები და დასკვნები შემდეგი პრაქტიკული მიზნებისთვის შეიძლება იქნას გამოყენებული:

- მაღალი ძაბვის ელექტრული ქსელების გამომუშავება-მოხმარების ბალანსის დადგენისთვის.
- მდინარეების წყლის რესურსების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისთვის.
- კონკრეტული ადგილმდებარეობის ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრისთვის.
- მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების სიმძლავრეების სწორედ განსაზღვრისთვის.
- მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების მაღალი ძაბვის ღია და დახურული გამანაწილებელი ელექტრული მოწყობილობების შერჩევისა და მაღალი ძაბვის ქსელთან მიერთებისთვის.
- მაღალი ძაბვის ქსელში არსებული სიმძლავრეების დანაკარგების შემცირებისთვის.

### **ნაშრომის აპრობაცია**

ნაშრომის ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების დეპარტამენტში I, II

და III კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვაზე. აგრეთვე, საერთაშორისო-ტექნიკურ კონფერენციაზე ორი მოხსენება გაკეთდა:

- 1) II საერთაშორისო-ტექნიკური კონფერენცია: „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“. მოხსენების თემა: „საქართველოში საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით“, 07-10 დეკემბერი, 2020 წელი.
- 2) III საერთაშორისო-ტექნიკური კონფერენცია: „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“. მოხსენების თემა: „მზის ელექტრო სადგურის პროექტირება მათემატიკური მოდელის გამოყენებით“, 07-10 ივნისი, 2021 წელი.

#### ნაშრომის პუბლიკაცია

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მასალები სამ სამეცნიერო ჟურნალში გამოქვეყნდა:

1. გიორგი მეტრეველი. „საქართველოში საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით“. საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ენერჯია“. №4 (96)/2020. გვ. 106-110.
2. გიორგი მეტრეველი. „მზის ელექტრო სადგურის პროექტირება მათემატიკური მოდელის გამოყენებით“ საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ენერჯია“. №2 (98)/2021. გვ. 151-156.
3. Giorgi Metreveli. “Design of a solar thermal power plan using mathematical model”. სამეცნიერო ჟურნალი „სამეცნიერო საინჟინრო სიახლენი“. №2 (93)/2021. გვ. 32-36.

## თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

სადისერტაციო ნაშრომის შესრულების დროს გამოვიყენე ქართველი და უცხოელი მეცნიერების კვლევები და „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ მიერ დამტკიცებული „საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2021-2031“.

საქართველოს განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების კვლევის დროს, ქართველი მკვლევარების მიერ შესრულებული ნაშრომები განვიხილე. უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოში ჰელიო და ჰიდრო ენერგეტიკულ რესურსებზე ჩატარებული კვლევები ძალიან მწირია. ეს განსაკუთრებით ეხება აღმოსავლეთ საქართველოს, კონკრეტულად კახეთის რეგიონს, სადაც კვლევები მზის რადიაციის და საშუალო და მცირე სიმძლავრის მდინარეების შესახებ ან საერთოდ არ არსებობს, ან იმდენად მოძველებულია, რომ კლიმატური ცვლილებებიდან გამომდინარე ისინი ამჟამინდელ მდგომარეობას ოპტიმალურად ვეღარ ასახავენ. მაგალითად:

- დოქტორანტი ბაჩანა ფიფია სადისერტაციო ნაშრომში - „საქართველოს ძირითადი მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით“, საქართველოში არსებული მდინარეების ჰიდროლოგიური რესურსების მონაცემების დამუშავების დროს, 1936-1986 წლებში ჩატარებულ ჰიდროლოგიურ კვლევებს ეყრდნობა [3]. გამომდინარე იქიდან, რომ ჩემი კვლევა მდ. ილტოსთან არის დაკავშირებული, ამ ნაშრომში ამ მდინარის ჰიდროლოგიური მდგომარეობა მოვიძიე, საიდანაც დავასკვენი, რომ მკვლევარი, თანამედროვე კვლევების არარსებობის გამო, ჰიდროლოგიურ სადგურ საბუეს მიერ ჩატარებულ ძველ ჰიდროლოგიურ კვლევებს ეყრდნობა. ეს კვლევები იმდენად ძველია, რომ მათი გამოყენება თანამედროვე კვლევებში მიზანშეწონილი არ არის. შესაბამისად, მდ. ილტოზე და კახეთის რეგიონის სხვა საშუალო და მცირე

მდინარეებზე ჰიდროენერგეტიკის დარგის განვითარებისათვის თანამედროვე კვლევების ჩატარება უმნიშვნელოვანესია.

- დოქტორანტი სიმონ ბახტურიძე სადისერტაციო ნაშრომში- „საქართველოს ენერგორესურსების ათვისების პროგრამის დამუშავება სისტემის ენერგოეფექტურობისა და საიმედოობის ამალღების პირობებში“, ზემოთ აღნიშნულ პრობლემაზე უსვამს ხაზს და მაგალითისთვის დოქტორანტი ეკატერინე უკლებას სადისერტაციო ნაშრომს იხილავს: „საქართველოს ელექტროენერგეტიკის განვითარებისადმი სისტემური მიდგომა“ [4]. საქართველოში ჰიდროლოგიური რესურსების გარკვეულ ნაწილზე თანამედროვე კვლევების არ არსებობის გამო, დოქტორანტი ეკატერინე თანამედროვე კვლევებს ვერ ეყრდნობა, შესაბამისად, საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის რეალური მდგომარეობა შეუფასებელი რჩება.
- დოქტორანტი სიმონ ბახტურიძე, თავის ნაშრომში, აღმოსავლეთ საქართველოს ჰელიოენერგეტიკულ მდგომარეობასაც იხილავს. მზის რადიაციაზე განახლებული ინფორმაციის ფიზიკურად არარსებობის გამო, ქ. თელავის შესახებ 1992 წლის მონაცემები არის მოყვანილი, რომელიც ჩემი კვლევისთვის (მზის რადიაციის რაოდენობის განსაზღვრა) არ გამოდგება, რადგან ძველია და დღევანდელ მდგომარეობას აღარ შეესაბამება.

თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქსელის განვითარებასთან დაკავშირებით განვიხილე გადამცემი სისტემის ოპერატორის „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ მიერ შედგენილი „საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2021-2031“, საიდანაც ირკვევა:

- კახეთი მაღალი ძაბვის ქსელის საიმედოობის ამალღების მიზნით, დაგეგმილია რამდენიმე ქვესადგურის და საჰაერო ელექტრო გადამცემი ხაზის მშენებლობა: „*კახეთის რეგიონის კვების*

საიმედოობის ასამაღლებლად, დაგეგმილია ახმეტა-თელავი-გურჯაანის 110 კვ მაგისტრალის მშენებლობა (220 კვ-ის გაბარიტებში), 220/110/10 კვ ქ/ს ახალი თელავის მშენებლობა, გარდა ამისა დაგეგმილია 220 კვ ეგზ-ის მშენებლობა ქ/ს ახალი თელავიდან ჟინვალამდე, რაც მნიშვნელოვნად ამაღლებს როგორც კახეთის ელ. სადგურების, ასევე ჟინვალჰესის სიმძლავრის ქსელში საიმედო გამოტანას.“[5]. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ სახელმწიფო პროექტის მშენებლობის დასრულების შემდეგ (2023-2024) თელავის რაიონის ელექტრომომარაგების საიმედოობაც ამაღლდება, რაც ჩემს მიერ დაპროექტებულ მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების ქსელთან პარალელურ რეჟიმში მუშაობასაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს.

თელავის რაიონში ჰიდროელექტროსადგურის წლიურ ჭრილში სიმძლავრის განსაზღვრის დადგენის მიზნით, ქართველი ავტორების შესაბამის სახელმძღვანელოებს გავეცანი:

- ნოდარ კოდუა - „ჰიდროელექტროსადგურები“ [6]. 2017 წელს გამოცემულ ამ წიგნში, მოცემულია წყლის ნაკადის სიმძლავრის და ენერჯის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, რომელიც ჩემს კვლევაშიც გამოვიყენე. აგრეთვე, ამ წიგნში მოცემულია წყლის ხარჯის და ზედა და ქვედა ბიეფებს შორის დონეთა სხვაობის მიხედვით ჰიდროელექტროსადგურების კლასიფიკაცია და მათი დადგმული სიმძლავრის განსაზღვრის მეთოდოლოგია. აღსანიშნავია, რომ ავტორი დეტალურად იხილავს ჰიდროელექტროსადგურის ძირითადი ტექნიკური პარამეტრების გაანგარიშებებს და საგენერატორო შენობაში არსებულ ძირითად ელექტრულ მოწყობლობებს და მათი შერჩევის გზებს, ელექტრულ შეერთებების სქემებს, მილსადენის ტიპებს და პროექტირებისა და ექსპლუატაციის სტადიებს.
- 2009 წელს გამოცემულ წიგნში - „ჰიდროენერგეტიკული დანადგარები“ [7], მოცემული არის წყლის ხარჯის მიხედვით

ჰიდროტურბინების კლასიფიკაცია და აქტიური და რეაქტიული ჰიდროტურბინების მოქმედების სქემები. აგრეთვე, მოცემული არის, ჰიდროაგრეგატების მოდელირების საფუძვლები და მათი შერჩევის ძირითადი პარამეტრები, რომლებიც ჩემს კვლევაში ტურბინა-გენერატორების ტექნიკური პარამეტრების შედარებების დროს გამოვიყენე.

მზის რადიაციის რაოდენობის განსაზღვრისათვის და მზის ელექტროსადგურის დაპროექტებისათვის უცხოელი მეცნიერების შესაბამისი კვლევები მოვიძიე, რომელთა მეთოდოლოგიის ანგარიშების გარკვეული ნაწილი ჩემი კვლევისთვის გამოვიყენე:

- “Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces” [8]. ამ კვლევაში ბრიტანელი მეცნიერი იხილავს მეთოდოლოგიას, თუ როგორ არის შესაძლებელი დახრილ ზედაპირზე მზის სხივის და მზის პანელის ერთმანეთთან დამოკიდებულები მათემატიკური მოდელის ანგარიშებით განისაზღვროს. კონკრეტულად, გამონგარიშებული არის: მზის დახრილობის კუთხე, მზის ადგილობრივი დრო, მზის საათობრივი კუთხე, მზის სხივის დაცემის კუთხე, ზენიტის კუთხე, მზის ამოსვლის და ჩასვლის კუთხეები.
- „Estimation of hourly global solar radiation in egypt using mathematical model“ [9]. კვლევაში მიგნებული არის მათემატიკური მეთოდოლოგიისთვის, რის საშუალებითაც შესაძლებელია კონკრეტულ ადგილმდებარეობაზე მზის სხივის რადიაციის საშუალო სიდიდე საათობრივ ჭრილში განისაზღვროს, რისთვისაც გამონგარიშებული არის: მზის სხივის გამოსხივების სიდიდე ატმოსფეროში შემოჭრამდე და მზის სხივის პირდაპირი და მიმოფანტული გამოსხივებები.
- „Design and Economic Analysis of a Solar Photovoltaic System for a Campus Sports Complex“ [10]. ეს კვლევა ჩატარებული არის სამხრეთ-დასავლეთ აზიაში, რის დროსაც გამოყენებული არის ის ძირითადი



პრინციპები და მათემატიკური მოდელის ანგარიშები, რომლებიც მზის ელექტროსადგურების პროექტირებისა და ოპტიმიზაციისთვის არის აუცილებელი. აღსანიშნავია, რომ მკვლევარები პირველ რიგში არჩევენ ადგილმდებარეობას, შემდეგ - მზის პანელს, ცენტრალურ ინვერტორს და ცვლადი/მუდმივი დენის შემაერთებელ კაბელებს. ამის შემდეგ, მათემატიკური მოდელის გამოყენებით ანგარიშობენ შემდეგს: მზის პანელის უჯრედის ტემპერატურა, მზის პანელის ეფექტურობის ცვლილება, პარალელურად და მიმდევრობით შეერთებული პანელების რაოდენობება, მზის პანელის მიმდევრობით შეერთებული მოდულების მაქსიმალური რაოდენობა და ინვერტორიდან გამომავალი მაქსიმალური სიმძლავრის მინიმალური ძაბვა.

- 2016 წელს ინდოეთში ჩატარებული კვლევიდან „An overview of solar photovoltaic panel modeling based on analytical and experimental viewpoint“, შესაძლებელია განისაზღვროს მზის ელექტროსადგურის ტექნიკური პარამეტრები განისაზღვროს, კონკრეტულად: მზის პანელის მიმდევრობით შეერთებული მოდულების მინიმალური რაოდენობა, მზის პანელის პარალელურად შეერთებული მოდულების მაქსიმალური რაოდენობა, მზის პანელის პარალელურად შეერთებული მოდულების მინიმალური რაოდენობა, მზის ელექტროსადგურის მინიმალური ფართობი, მზის ელექტროსადგურის პანელების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის რაოდენობა და ინვერტორიდან გამომავალი მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის რაოდენობა [11].

მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ქსელში არსებული სიმძლავრის დანაკარგების პრობლემაზე და მათი შემცირების გზების ძიებაზე, განვიხილე უცხოელი მეცნიერების მიერ გაკეთებული კვლევები, საიდანაც დგინდება შემდეგი:

- 2009 წელს ესპანეთში გაკეთდა კვლევა - „Future development of the electricity systems with distributed generation“, სადაც განხილული არის თანამედროვე ენერგეტიკული სისტემების პრობლემები [12]. ეს პრობლემები ძირითადად ეხება ცენტრალიზებულ სისტემებს, სადაც ელექტროენერჯის გამომუშავება ძირითადად მძლავრ ელექტროსადგურებში ხდება. ელექტროენერჯის მომხმარებლებამდე მიტანის მიზნით, კომპლექსური მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი სისტემების აშენება ხდება საჭირო, რომლებიც საკმაოდ დიდ მანძილებზე არის გადაჭიმული. დიდ მანძილებზე ელექტროენერჯის გადაცემა არის ძირითადი მიზეზი ენერგეტიკულ სისტემებში სიმძლავრის დანაკარგების მაღალი მაჩვენებლებისა, რისი შემცირების ერთ-ერთ ეფექტურ გზას, ავტორების აზრით, საშუალო და მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგურების მომხმარებლებთან ახლოს აშენება წარმოადგენს.
- “Distributed energy generation and sustainable development” [13]. ამ კვლევაში განხილული არის ფინეთის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების სისტემა, სადაც ავტორები, ზუსტად იმ პრობლემატურ საკითხს ეხებიან, რა საკითხიც ჩემი კვლევის ფარგლებში არსებობდა. ფინეთის ენერგოსისტემა, საქართველოს მსგავსად, ძირითადად ცენტრალიზებულია და მძლავრი ელექტროსადგურების მომხმარებლებთან დასაკავშირებლად გრძელი ელექტროგადამცემი ხაზების აშენება ხდება საჭირო, რაც სიმძლავრის დანაკარგებს საგრძნობლად ზრდის. მკვლევარების მიერ წარმოდგენილი არის რეკომენდაციები, რის მიხედვითაც ენერგოსისტემის დეცენტრალიზაცია და მომხმარებლებთან ახლოს ელექტროსადგურების აშენება არამარტო სიმძლავრის დანაკარგებს შეამცირებს, არამედ, ელექტრომომარაგების სისტემის საიმედოობისა და მდგრადობის გაზრდასაც შეუწყობს ხელს.

## თავი 2. მეთოდოლოგია

წინამდებარე თავში განხილული არის ჰიდროენერგეტიკული და ჰელიოენერგეტიკული რესურსების მოკვლევის მათემატიკური მოდელის მეთოდოლოგიები, რისი საშუალებითაც შესაძლებელია, კონკრეტულ ადგილმდებარეობებზე წლიურ და საათობრივ ჭრილებში ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების სიმძლავრეები განისაზღვროს. აგრეთვე, განხილული არის მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი კაბელის და საჰაერო ხაზის შერჩევის და შესაბამისი კვეთის დადგენის პრინციპებიც, რომელთა მათემატიკური მოდელის ანგარიშების მეთოდოლოგია ქვემოთ ქვეთავებში დეტალურად არის განხილული.

### 2.1 საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით

საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიშების დაწყებამდე, აუცილებელია, შეირჩეს ადგილმდებარეობა და მისი საკოორდინატო მონაცემების განისაზღვროს. ამის შემდეგ, მათემატიკური მოდელის ანგარიშების დაწყება არის შესაძლებელი, რომლის მეთოდოლოგია შემდგომ ძირითად მათემატიკურ პრინციპებზეა დაფუძნებული [8], [9], [14].

პირველ, რიგში, მზის სხივის და სადგურის მზის პანელების საპროექტო ზედაპირის სფერული დამოკიდებულების ზუსტი დადგენა არის საჭირო, რათა დღის განმავლობაში მზის მოძრაობის ზუსტი განსაზღვრა მოხდეს. დღის განმავლობაში მზის დახრილობის მახასიათებლის გასარკვევად შემდეგი ფორმულა გამოიყენება:

$$\delta = 23.45 \sin^2 \left( 360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (1)$$

$n$  - დღეების რაოდენობა პირველი იანვრიდან, რომელიც შემდეგნაირად გამოითვლება:

$$n = 30(M) + 0.6(M - 3) + 30.5 + N \quad (2)$$

M – თვის რიცხვი 1-დან 12-მდე. N - თვის კონკრეტული დღის რიცხვი.

მზის ადგილობრივი დროის (AST) განსაზღვრა აუცილებელია, რადგან მზის ადგილობრივი დრო და სტანდარტული ადგილობრივი დრო (LST) ერთმანეთისგან განსხვავდება. მზის ადგილობრივი დრო შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$AST = LST + \frac{EOT - \Delta}{60} \quad (3)$$

EOT არის დღის განმავლობაში არსებული დროის დღის შუქის ხანგრძლივობა, რომელიც შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$EOT = 9.87\sin(2B) - 7.53\cos(B) - 1.5\sin(B) \quad (4)$$

სადაც,

$$B = \frac{360}{364} (n - 81) \quad (5)$$

მე-3 ფორმულის ზუსტად განსაზღვრისათვის ადგილობრივი და სტანდარტული დროის მერიდიანების გასწორება არის აუცილებელი:

$$\Delta = 4(\text{გრძედი} - LSTM) \quad (6)$$

LSTM არის სტანდარტული ადგილობრივი დროის მერიდიანი, რომელიც გრინვიჩის დროის მერიდიანის (GMT) განსაზღვრისთვის გამოიყენება. საქართველოსა და გრინვიჩის დროებს შორის სხვაობა არის 4 საათი, რის მიხედვითაც LSTM შემდეგნაირად განისაზღვრება [15]:

$$LSTM = 15^\circ \Delta T_{GMT} \quad (7)$$

მზის ადგილობრივი დროის (AST) დადგენის შემდეგ, მზის საათობრივი კუთხე ( $\omega$ ) უნდა გამოითვალოს:

$$\omega = 15(12 - AST) \quad (8)$$

ყველა ზემოთ არსებული ანგარიშის ჩატარება იძლევა იმის საშუალებას, რომ ქ. თელავში მზის ელექტროსადგურის საპროექტო

ადგილზე მზის სხივის დაცემის კუთხე ( $\theta$ ) შემდეგი ფორმულით განისაზღვროს [16]:

$$\theta = \cos^{-1}(\cos\theta) \quad (9)$$

საიდანაც,

$$\begin{aligned} \cos\theta = \sin\delta\sin\phi\cos\beta - \sin\delta\cos\phi\sin\beta\cos\gamma + \cos\delta\cos\phi\cos\beta\cos\omega + \\ \cos\delta\sin\phi\sin\beta\cos\gamma\cos\omega + \sin\delta\sin\beta\sin\gamma\cos\omega \end{aligned} \quad (10)$$

ამასთანავე, აუცილებელია, გამოითვალოს ზენიტის კუთხეც ( $\theta_z$ ), რომელიც ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის სხივის ვარდნის კუთხის განმსაზღვრელია:

$$\theta_z = \cos^{-1}(\cos\theta_z) \quad (11)$$

საიდანაც,

$$\cos\theta_z = \sin\delta\sin\phi + \cos\delta\cos\phi\cos\omega \quad (12)$$

დღის სინათლის ხანგრძლივობა (DLT) წლის განმავლობაში ცვალებადია, ამიტომ მზის ამოსვლის (SR) და მზის ჩასვლის (SS) დროები უნდა დადგინდეს. ამისთვის, პირველ რიგში მზის ამოსვლის ( $\omega_{sr}$ ) და მზის ჩასვლის ( $\omega_{ss}$ ) კუთხეების სიდიდე საპროექტო მზის ელექტროსადგურის პანელების ზედაპირის მიმართ შემდეგი ფორმულით უნდა გამოითვალოს:

$$\cos\omega_{sr} = -\tan\phi\tan\delta \quad (13)$$

$$\omega_{sr} = \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) \quad (14)$$

$$\omega_{ss} = -\omega_{sr} \quad (15)$$

დღის სინათლის ხანგრძლივობა (DLT) შემდეგნაირად გამოითვლება:

$$DLT = \frac{2}{15} \times \omega_{sr} \quad (16)$$

ამის შემდეგ, მზის ამოსვლის (SR) და მზის ჩასვლის (SS) დროების გამოთვლაც შესაძლებელია:

$$SR = 12 - DLT/2 \quad (17)$$

$$SS = 12 + DLT/2 \quad (18)$$

ყველა ზემოთ არსებული გამოთვლების ჩატარების შემდეგ, უნდა დადგინეს მზის სხივის გამოსხივების სიდიდე  $n$ -დღისთვის, სანამ სხივი დედამიწის ატმოსფეროში შემოიჭრება ( $G_0$ ):

$$G_0 = G_{sr} \cdot \varepsilon \cdot \cos\theta_z = 1367 \cdot (1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360}{365} \cdot n\right)) \cdot \cos\theta_z \quad (19)$$

სადაც  $G_{sr}$  არის მზის მუდმივა და შემდეგ დიაპაზონში მერყეობს 1,321-1,413 კვტ/მ<sup>2</sup>.

ატმოსფეროში შემოჭრამდე მზის სხივის გამოსხივების სიდიდე ჯოჯოხეთშიც უნდა გამოითვალოს:

$$H_0 \frac{86400}{\pi} G_{sr} \cdot 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360}{365} \cdot n\right) (\cos\phi \cos\delta \sin\omega_s + \omega_s \sin\phi \sin\delta) \quad (20)$$

მზის გამოსხივების რაოდენების დახრილ ზედაპირზე ( $H_T$ ) გამოსათვლელად მზის სხივების პირდაპირი ( $H_b$ ) და მიმოფანტული ( $H_d$ ) გამოსხივებები სიდიდეების დადგენა არის აუცილებელი, რომლების შემდეგი ფორმულებით გამოითვლება:

$$H_b = H \cdot (1.391 - 3.56 \times K_T^2 - 2.137 \times K_T^3) \quad (21)$$

$$H_b = H - H_d \quad (22)$$

$$H = K_T \times H_0 \quad (23)$$

სადაც  $K_T$  არის სუფთა ცის ინდექსი და 0.73-ს ტოლია [17].

ყველა ზემოთ მოყვანილი ფორმულების ანგარიშების ჩატარების შემდეგ დახრილ ზედაპირზე მზის გამოსხივების საშუალო სიდიდე ( $H_T$ ) შემდეგი ფორმულით უნდა განისაზღვროს:

$$H_T = H_b \cdot R_b + H_d \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + H \cdot P_g \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right) \quad (24)$$

აღსანიშნავია, რომ ეს ანგარიშები კონკრეტული დღის ერთი საათისათვის არის განსაზღვრული. შესაბამისად, წლიურ და დღიურ

ჭრილში სრული ინფორმაციის მისაღებად, ანგარიშები ყველა საანგარიშო დღეს 24 საათიან ფორმატში უნდა შესრულდეს.

## 2.2 მზის ელექტროსადგურის სიმძლავრის განსაზღვრა მათემატიკური მოდელის გამოყენებით

იმისათვის, რომ მზის ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრე განისაზღვროს, პირველ რიგში, აუცილებელია ისეთი მზის პანელის ტიპი შეირჩეს, რომელიც ფინანსური და ტექნიკური თვალსაზრისით ყველაზე მისაღები იქნება. ამის შემდეგ, მზის ელექტროსადგურის სიმძლავრის განსაზღვრის ანგარიშების დაწყება არის შესაძლებელი, რომლის მეთოდოლოგია ძირითად მათემატიკურ პრინციპებს ეყრდნობა [10], [11], [18], [19].

პირველ რიგში, მზის პანელში არსებული უჯრედების ტემპერატურა თვის კონკრეტული რიცხვის დღის საათების განმავლობაში უნდა განისაზღვროს:

$$T_c = T_a + \frac{G}{0.8} \cdot (NOCT - 20) \quad (25)$$

სადაც,  $T_a$  არის გარემოს ტემპერატურა,  $G$  (კვტ/მ<sup>2</sup>) - მზის სხივის რადიაციის სიდიდე დღის საათის მოცემულ მონაკვეთში, NOCT - მზის პანელის უჯრედის ფუნქციონირების ნომინალური ტემპერატურა, რომელიც 42° და 48° შორის მერყეობს [20].

გამომდინარე იქიდან, რომ მზის პანელის ეფექტურობა და ტემპერატურა ერთმანეთთან პირდაპირ კავშირშია, მზის პანელის ეფექტურობის ცვლილება დღის საათების განმავლობაში შემდეგი ფორმულით უნდა დაზუსტდეს:

$$\eta_p = \eta_r \cdot (1 - \beta_c(T_c - T_r)) \quad (26)$$

$\eta_r$  არის მზის პანელის მოდულის ეფექტურობა რეფერენსულ ტემპერატურაზე (15,2°), ხოლო  $\beta_c$  - მზის პანელის მოდულის ეფექტურობის კოეფიციენტი.

მზის პანელის ტემპერატურისა და ეფექტურობის განსაზღვრის შემდეგ, ცენტრალური ინვერტორების შერჩევა არის აუცილებელი. ცენტრალური ინვერტორების ტექნიკური პარამეტრების ზუსტი შერჩევა მზის ელექტროსადგურის გამართული და ხანგრძლივი მუშაობის წინაპირობაა [21].

ცენტრალური ინვერტორების შერჩევის შემდეგ, ერთ ერთეულ ცენტრალურ ინვერტორში ჩართული მზის პანელების რაოდენობების დადგენა შემდეგი ფორმულით არის შესაძლებელი:

$$V_{oc-max} = V_{oc} + ((T_{min} - T_{STC}) \times V_{oc}T) \quad (27)$$

სადაც,  $V_{oc}$  არის გახსნილი წრედის ძაბვა,  $T_{min}$  - პანელის უჯრედის მინიმალური ტემპერატურა,  $T_{STC}$  - პანელის უჯრედის ტემპერატურა სტანდარტულ გამოსაცდელ პირობებში (25°),  $V_{oc}T$  - გახსნილი წრედის ძაბვის ტემპერატურის კოეფიციენტი.

ამის შემდეგ, მზის პანელებში მიმდევრობით შეერთებული მოდულების მაქსიმალური რაოდენობა შემდეგი ფორმულით უნდა გამოითვალოს:

$$N_{max} \leq \frac{V_{dc-max}}{V_{oc-max}} \quad (28)$$

$V_{dc-max}$  არის ცენტრალურ ინვერტორში შემავალი მაქსიმალური მუდმივი ძაბვა.

ცენტრალური ინვერტორიდან გამომავალი მაქსიმალური სიმძლავრის მინიმალური ძაბვის გამოთვლაც არის აუცილებელი:

$$V_{mp-max} = V_{mpp} + ((T_{rise} + T_{max} - T_{STC}) \times V_{mpp}T) \quad (29)$$

$V_{mpp}$  არის მაქსიმალური სიმძლავრის ძაბვა,  $T_{rise}$  - გაზრდილი ტემპერატურა,  $T_{max}$  - პანელის უჯრედის მაქსიმალური ტემპერატურა,  $V_{mpp}T$  - მაქსიმალური სიმძლავრის ძაბვის ტემპერატურის კოეფიციენტი.



მზის პანელის მიმდევრობით შეერთებული მოდულების მაქსიმალური რაოდენობის დადგენის შემდეგ, მინიმალური რაოდენობის დადგენაც არის შესაძლებელი:

$$N_{min} \geq \frac{V_{dc-min}}{V_{oc-max}} \quad (30)$$

$V_{dc-min}$  არის ცენტრალურ ინვერტორში შემავალი მინიმალური მუდმივი ძაბვა.

ზემოთ არსებული ანგარიშების ჩატარების შემდეგ, მზის პანელის პარალელურად შეერთებული მოდულების მაქსიმალური რაოდენობა შემდეგი ფორმულის გამოყენებით შეიძლება დაზუსტდეს:

$$N_{max} \leq \frac{I_{max}}{I_{max-STC}} \quad (31)$$

სადაც,  $I_{max}$  არის ცენტრალურ ინვერტორში შემავალი მაქსიმალური დენი, ხოლო  $I_{max-STC}$  - მაქსიმალური დენი სტანდარტულ გამოსაცდელ პირობებში.

მზის პანელის პარალელურად შეერთებული მოდულების მინიმალური რაოდენობა შემდეგი ფორმულის გამოყენებით იანგარიშება:

$$N_{min} \geq \frac{I_{pv}}{I_{sc}} \quad (32)$$

სადაც,  $I_{pv}$  არის მზის პანელის ნომინალური დენი სტანდარტულ გამოსაცდელ პირობებში, რომელიც შემდეგნაირად გამოითვლება:

$$I_{pv} = \frac{24I_L}{PSH} \quad (33)$$

$I_L$  არის მაქსიმალური სიმძლავრის დენი, ხოლო  $PSH$  - მზის პიკური საათები.

მიმდევრობით და პარალელურად შეერთებული მზის პანელების მოდულების მაქსიმალური და მინიმალური რაოდენობების დადგენის შემდეგ, მზის ელექტროსადგურის ერთ ცენტრალურ ინვერტორში ჩართული მზის პანელების მინიმალური ფართობი მზის პანელების

მიმდევრობით და პარალელურად შეერთებული მოდულების მინიმალური რაოდენობების მეშვეობით შეიძლება დადგინდეს:

$$A = (N_{s-min} + N_{p-min}) \cdot A_m \quad (34)$$

სადაც,  $A_m$  ერთი მოდულის ფართობია.

მზის ელექტროსადგურის ერთი ერთეული ცენტრალური ინვერტორის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ( $E_A$ ) შემდეგი ფორმულით შეიძლება გამოითვალოს:

$$E_A = \eta_A \cdot A \cdot H_T \quad (35)$$

$\eta_A$  არის მზის ელექტროსადგურის ეფექტურობის კოეფიციენტი, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში მზის პანელის ეფექტურობის ტოლი იქნება, რადგან მზის პანელის კაბელების შეერთების და დანარჩენი ელექტრომოწყობილობების სიმძლავრეების დანაკარგები უგულვებელყოფილი გვაქვს.  $H_T$  არის მზის ელექტროსადგურის ერთ ერთეულ ცენტრალურ ინვერტორში ჩართული მზის პანელების სამონტაჟო ზედაპირზე მზის გამოსხივების საშუალო სიდიდე.

ცენტრალური ინვერტორებიდან გამომავალი მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტრო ენერჯის საერთო სიდიდე შემდეგნაირად გამოითვლება:

$$E_{Inv} = E_A \cdot \eta_{Inv} \cdot N_{Inv} \quad (36)$$

სადაც,  $\eta_{ელ.მოწყობილობები}$  არის მზის ელექტროსადგურის დანარჩენი ელექტრული მოწყობილობების ეფექტურობის კოეფიციენტი, ხოლო  $N_{Inv}$  ცენტრალური ინვერტორების რაოდენობა.

### 2.3 ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის განსაზღვრა

ჰიდროელექტროსადგურებში წყლის ნაკადის კინეტიკური ენერჯია ჰიდროტურბინის მექანიკურ და შემდგომ სამფაზა გენერატორის ელექტრულ ენერჯიებად გარდაიქმნება. ჰესის სიმძლავრისა და

გამომუშავების დასადგენად საჭიროა, ვიცოდეთ ტურბინის ფრთებში წყლის შესვლის კვეთში არსებული დაწნევა და შესული წყლის ხარჯი. ამასთანავე, საჭიროა ვიცოდეთ ტურბინის და გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტები [6], [7].

ტურბინის ფრთებში ნაკადის შესვლის კვეთში არსებული სტატიკური დაწნევა ( $H_{სტ}$ ) ფრენის და პელტონის ტიპის ტურბინებისთვის სხვადასხვანაირად იანგარიშება:

1) ფრენის ტიპის ტურბინისთვის ფრთებში ნაკადის შესვლის კვეთში სტატიკური დაწნევა ზედა და ქვედა ბიეფების ნიშნულებს შორის სხვაობით იანგარიშება:

$$H_{სტ} = \nabla_{ზ.ბ.} - \nabla_{ქ.ბ.} \quad (37)$$

2) პელტონის ტიპის ტურბინისთვის ფრთებში ნაკადის შესვლის კვეთში სტატიკური დაწნევა ზედა ბიეფების და საქშენის ხვრეტის ფართის ცენტრის ნიშნულებს შორის სხვაობით იანგარიშება:

$$H_{სტ} = \nabla_{ზ.ბ.} - \nabla_{ბ.ც.} \quad (38)$$

$H_{სტ}$  დაწნევა სიმძლავრის საანგარიშო ფორმულაში უნდა შევიდეს, მას ყველა ის ჰიდრავლიკური დანაკარგი უნდა გამოაკლდეს, რომელსაც წყალმიმღებიდან ტურბინის წინა კვეთამდე აქვს ადგილი. ასეთ დაწნევას ტურბინის ფრთებში წყლის შესვლის კვეთში არსებული ნეტო დაწნევა ეწოდება, რომელიც შემდეგნაირად იანგარიშება:

$$H_{წ} = H_{სტ} - h_{ადგ} - h \quad (39)$$

$h_{ადგ}$  არის ადგილობრივი დანაკარგები ნაკადის წყალმიმღების კვეთში, მოხვეულებზე და საკეტების განლაგების კვეთში, ხოლო  $h$  - დანაკარგები სიგრძეზე.

ზემოთ აღნიშნულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, ჰესის სიმძლავრე შემდეგი ფორმულით შეიძლება დადგინდეს:

$$P_{ჰეს} = G \cdot H_{წ} \cdot Q \cdot \eta_{წ} \cdot \eta_{გენ} \quad (40)$$

სადაც, G არის დედამიწის გრავიტაციული მიზიდულობის ძალით გამოწვეული აჩქარება (თავისუფალი ვარდნა) და 9.81-ს უდრის,  $H_5$  - ტურბინის ფრთებში წყლის შესვლის კვეთში არსებული ნეტო დაწნევა,  $Q$  - წყლის ხარჯი,  $\eta_{ტ}$  ტურბინის და  $\eta_{გენ}$  გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტები, რომელთა სიდიდეები შემდეგ დიაპაზონებში მერყეობს:  $\eta_{ტ} = 0,9-0,96$ ,  $\eta_{გენ} = 0,97-0,98$ .

წყლის ნაკადის მიერ გარკვეულ დროში გამომუშავებული ენერგია  $\mathfrak{E}_{ჰეს}$  შემდეგი ნამრავლით გამოისახება:

$$\mathfrak{E}_{ჰეს} = N_{ჰეს} \cdot t \quad (41)$$

სადაც t არის დრო წამებში ან საათებში.

SI სისტემაში ელექტრული ენერგია ჯოულებში იზომება და მისგან წარმოებული ელექტროენერგია,  $1ჯ = 1 ნ/მ = 1 ვტ/წმ$

დასაშვებია ენერგიის გამოსახვა ვტ/სთ-ში და მისგან წარმოებულ ერთეულებში: კვტ/სთ; მგვტ/სთ; გვტ/სთ; ტვტ/სთ; ენერგეტიკაში ყველაზე ფართო გავრცელება მოიპოვა კვტ/სთ-მა, სადაც  $1კვტ/სთ=3600$  კილოჯოულს. შესაბამისად,

$$\mathfrak{E}_{კვტ/სთ} = \frac{\mathfrak{E}_{კილოჯოული}}{3600} \quad (42)$$

გარკვეულ დროში ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$\mathfrak{E}_{ჰეს} = \frac{H_5 \times Q}{367.2} \cdot \eta_{ენ.მოწყ} \quad (43)$$

სადაც  $\eta_{ენ.მოწყ}$  არის ჰესში არსებული ელექტრომოწყობილობების მქც-ების საშუალო არითმეტიკული სიდიდე და ენერგომოწყობილობების მარგი ქმედების კოეფიციენტად იწოდება.

## 2.4 მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის შერჩევა

კვლევის ფარგლებში საჭირო გახდა მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი კაბელი შერჩეულიყო და საჭირო ელექტროგადამცემი ხაზის კვეთი დადგენილიყო, რისთვისაც შესაბამისი ლიტერატურის მიმოხილვა გაკეთდა და წინამდებარე მეთოდოლოგია იქნა გამოყენებული [22].

### 2.4.1.1 მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის ელექტრული დატვირთვების ანგარიში

მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი კაბელის ან საჭირო ხაზის შერჩევისთვის, პირველ რიგში, აუცილებელია, რომ კაბელის დატვირთვის დენი ( $I_6$ ) დადგინდეს:

$$I_6 = \frac{P}{U_f \cdot \sqrt{3}} \quad (44)$$

სადაც,  $P$  არის მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ხაზში გამავალი ნომინალური სიმძლავრე,  $U_f$  - ფაზური ძაბვა.

მაკორექტირებელი ფაქტორების გათვალისწინებით მიწისქვეშა კაბელში გამავალი მაქსიმალური დენი ( $I_{კაბ}$ ) შემდეგნაირად იანგარიშება:

$$I_{კაბ} = I_6 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \quad (45)$$

სადაც,  $C_1$  არის გრუნტის თერმული წინაღობა,  $C_2$ -გრუნტის ტემპერატურა,  $C_3$ -საკაბელო სისტემის რაოდენობა,  $C_4$ -ტრანშეის სიღრმე. ამასთანავე, კაბელების განლაგების ფორმა და დატვირთვის კოეფიციენტიც გასათვალისწინებელია.

მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ხაზში გამავალი მაქსიმალური დენის დადგენის შემდეგ, კაბელის ნომინალური დენის სიდიდე ( $I_{ნომ}$ ) ხაზის საქარხნო პარამეტრებიდან ან IEC60502-2 სტანდარტი ბ3 ცხრილიდან უნდა დადგინდეს. საპროექტო კაბელი ან საჭირო ხაზი იმ შემთხვევაში

დააკმაყოფილებს მოთხოვნებს თუ ხაზის ნომინალური დენის სიდიდე (I<sub>ნომ</sub>) ხაზში გამავალი მაქსიმალური დენის (I<sub>გ</sub>) სიდიდეზე მეტი იქნება. ამასთანავე, კაბელის დასაშვები კვეთის ანგარიში უნდა მოხდეს მოთხოვნილი სიმძლავრის, დასაშვები დენისა და წლიური მაქსიმალური დატვირთვის საათების (3000-დან 5000-მდე) შესაბამისი დენის ეკონომიური სიმკვრივის (I<sub>გს</sub> - 2.5ა/მმ<sup>2</sup>) გათვალისწინებით:

$$S_{\text{კაბელი}} = \frac{I}{I_{\text{გს}}} \quad (46)$$

#### 2.4.1.2 მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის ძაბვის კარგვის ანგარიში

მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი კაბელის ან საჰაერო ხაზის პარამეტრების ზუსტად განსაზღვრისათვის, შერჩეული სადენზე ძაბვის კარგვის ანგარიშებიც უნდა შესრულდეს და შესაბამის სტანდარტებს შედარდეს.

ძაბვის კარგვის სიდიდე შემდეგი ფორმულით უნდა დადგინდეს:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) \quad (47)$$

სადაც, I არის დატვირთვის დენი, L - კაბელის სიგრძე, R<sub>0</sub> - კაბელის აქტიური წინაღობა, ხოლო X<sub>0</sub> - კაბელის ინდუქციური წინაღობა.

ძაბვის კარგვის ანგარიში %-ში:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} \quad (48)$$

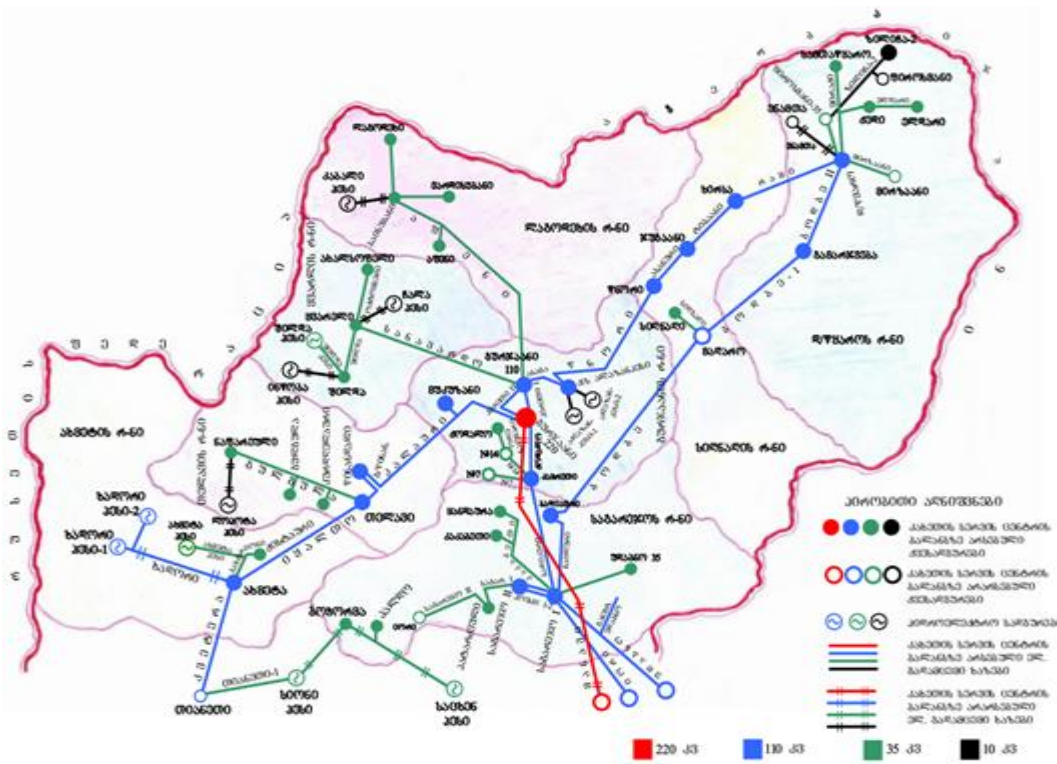
სადაც U არის კაბელის ფაზური ძაბვა ვოლტებში.

„ქსელის წესები“-ს მუხლი 80-ის #11 და #12 პუნქტების მოთხოვნების მიხედვით, საპროექტო კაბელი იმ შემთხვევაში დააკმაყოფილებს მოთხოვნებს, თუ კაბელის ძაბვის კარგვის სიდიდე პროცენტებში (ΔU%) ძაბვის კარგვის მაქსიმალურ სიდიდეზე (7%) ნაკლები იქნება [23].

### თავი 3. შედეგები და მათი განხილვა

#### 3.1 კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის მოკვლევა

საქართველოში კახეთი ერთადერთი რეგიონია, სადაც 35კვ და 110კვ ძაბვის ელექტროგადამცემი ქსელები “საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა”-ს (სსე) ეკუთვნის. ამჟამად, კახეთის რეგიონში სსე-ს ბალანსზე არის ერთი 220კვ ძაბვის ქვესადგური, 16 ცალი 110კვ ძაბვის ქვესადგური და 32 ცალი 35კვ ძაბვის ქვესადგური, იხ. ნახ. 1 [5]:



ნახაზი 1. კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელი

სსე-ს 10 წლიანი განვითარების გეგმის მიხედვით თელავის რაიონში 2023 წელს 220კვ ძაბვის ქ/ს-ს მშენებლობა უნდა დასრულდეს. ამ საპროექტო ქ/ს-ს 220კვ ძაბვის მხარე გურჯაანის და ჟინვალის 220კვ ძაბვის ქ/ს-ებს დაუკავშირდება, რის შემდეგაც კახეთის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელი უფრო სტაბილური გახდება [5].

ამჟამად, კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ელექტროენერჯის ქსელი ერთი 220კვ ძაბვის და სამი 110კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზებით (ეგხ) მარაგდება, იხ. ცხრ. 1:

#	ხაზის დასახელება	ხაზის ძაბვა	დამაკავშირებელი ქვესადგურები
1	მანავი-2	220 კვ	გურჯაანი-220 <> რუსთავი-220
2	კვეტერა	110 კვ	თიანეთი-110 <> ახმეტა-110
3	იორი	110კვ	საგარეჯო-110 <> მწვანეხევი-110
4	უდაბნო	110კვ	მარნეული-110 <> საგარეჯო-110

**ცხრილი 1. კახეთის მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზები**

2022 წლის მონაცემებით, კახეთის რეგიონში 12 ცალი ჰოდროელექტროსადგურია ექსპლუატაციაში გაშვებული, რომელთა ჯამური დადგმული სიმძლავრე 66,35 მგვტ-ს შეადგენს, იხ. ცხრ. 2:

#	დასახელება	დადგმული სიმძლავრე (მგვტ)	ექსპლუატაციაში შესვლის თარიღი
1	ხადორჰესი-1	24	20.11.2004
2	ხადორჰესი-2	5.4	31.08.2012
3	ალაზანჰესი	6	25.11.2011
4	შილდაჰესი-1	4.4	20.09.2013
5	შილდაჰესი-2	5	01.04.2018
6	ინწობაჰესი	1.2	20.06.2016
7	ჩალაჰესი	1.95	22.09.2000
8	ავანიჰესი	1.5	03.06.2019
9	კაბალჰესი	3.5	17.07.2007
10	ლოპოტაჰესი	2.4	10.09.2009
11	ახმეტაჰესი	9.12	19.03.2014
12	ფშაველჰესი	1.9	14.03.2015

**ცხრილი 2. კახეთის რეგიონში ექსპლუატაციაში გაშვებული ჰესები**



ამჟამად, კახეთის რეგიონში კასკადური ტიპის „სტორი-1“ და „სტორი-2“ ჰესების მშენებლობა მიმდინარეობს. „სტორი-1“ და „სტორი-2“ ჰესების დადგმული სიმძლავრეები 35 და 12 მგვტ იქნება და 110კვ ძაბვის ეგხ-თი თელავის საპროექტო 220კვ ძაბვის ე/ს-ს 2023 და 2025 წლებში დაუკავშირდებიან [5].

### 3.2 კახეთის რეგიონის ელექტროენერჯის მოხმარების მოკვლევა

2022 წლის 31 მარტს მკვლევარის მიერ სსე-სთვის ოფიციალური წერილი იქნა მიწერილი, რის საფუძველზეც კახეთის რეგიონის რვა რაიონში 2017-2021 წლებში ელექტროენერჯის მოხმარების ჯამური მონაცემები გამოითხოვა (იხ. დან.-1). 2022 წლის 19 აპრილს სსე-მ მკვლევარს ოფიციალურად უპასუხა (იხ. დან.-2), რის საფუძველზეც ჩანს, რომ ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში კახეთის რეგიონში ყველაზე მაღალი ელექტროენერჯის მოხმარება თელავის რაიონში ფიქსირდება. ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ელექტროენერჯის მოხმარების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი 2019 წელს დაფიქსირდა და 98,317,549 კვტ/სთ შეადგინა, იხ. ცხრ. 3:

	რაიონი	2017	2018	2019	2020	2021
		კვტ/სთ				
1	<b>თელავი</b>	<b>92,937,079</b>	<b>97,410,773</b>	<b>98,317,549</b>	<b>97,270,872</b>	<b>93,929,890</b>
2	ახმეტა	26,309,318	26,413,065	25,586,767	26,400,404	24,480,009
3	გურჯაანი	65,330,534	68,499,295	71,806,250	76,892,970	65,470,035
4	ყვარელი	32,115,448	33,673,676	38,603,869	41,045,756	37,354,333
5	ლაგოდეხი	35,090,623	34,851,595	36,231,598	38,206,517	34,177,351
6	სიღნაღი	33,988,682	34,291,969	35,263,554	37,091,260	31,085,204
7	დ/წყარო	24,849,330	25,473,762	25,991,333	26,381,620	19,066,381
8	საგარეჯო	56,515,361	60,368,955	62,511,117	62,221,063	53,470,468
9	<b>ჯამი</b>	<b>367,136,37</b>	<b>380,983,09</b>	<b>394,312,03</b>	<b>405,510,46</b>	<b>359,033,67</b>
		5	0	7	2	1

ცხრილი 3. ბოლო ხუთი წლის კახეთის რაიონების ელექტროენერჯის მოხმარება

### 3.3 თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელის მოკვლევა

თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელში არის ორი 110კვ ძაბვის ქვესადგური: „თელავი-110“ და „წინანდალი-110“. თელავის რაიონი ელექტროენერგიით 110კვ ძაბვის ორი ეგზ-თი მარაგდება: ეგზ „კალაური-110“ და ეგზ „იყალთო-110“. ეგზ „კალაური-110“ მოდის ქ/ს „გურჯაანი-220-დან“ და ქ/ს „წინანდალი-110-ში“ შედის, ხოლო ეგზ „იყალთო-110“ მოდის ქ/ს „ახმეტა-110-დან“ და ქ/ს „თელავი-110-ში“ შედის. ქ/ს „თელავი-110“ და ქ/ს „წინანდალი-110“ ერთმანეთს 110კვ ძაბვის ეგზ „წინანდალი-110-ით“ უკავშირდებიან. ამ ქვესადგურების საკოორდინატო მონაცემები იხ. ცხრ. 4-ში:

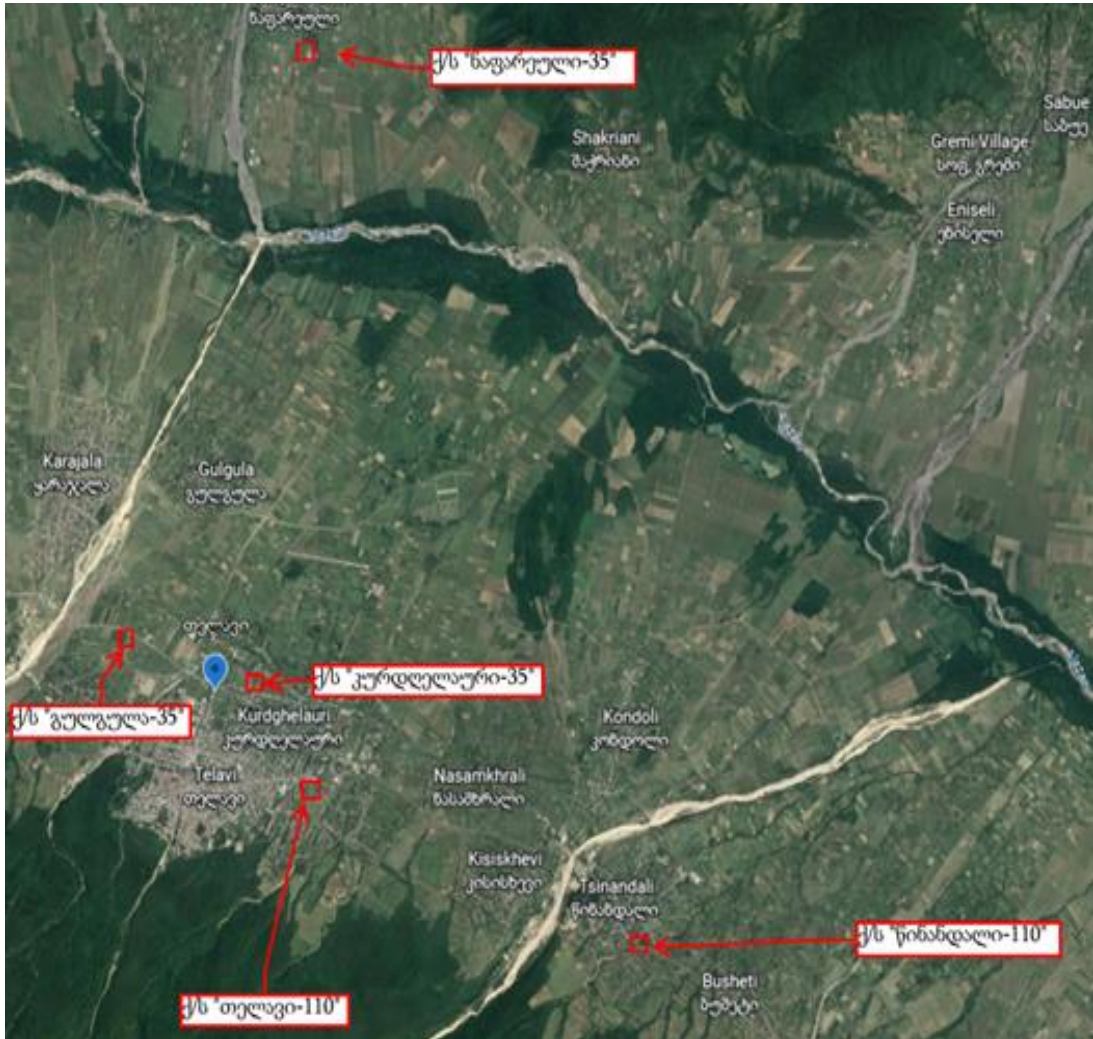
#	ქვესადგური	გრძედი	განედი
1	თელავი-110	45,5016	41,9167
2	წინანდალი-110	45,5841	41,8878
3	კურდღელაური-35	45,4866	41,9343
4	გულგულა-35	45,4604	41,9424
5	ნაფარეული-35	45,5070	42,0381

ცხრილი 4. თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქვესადგურების კოორდინატები

თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელში არის სამი ჩიხური ტიპის 35კვ ძაბვის ქ/ს: „კურდღელაური-35“, „გულგულა-35“, „ნაფარეული-35“. აღნიშნული ქ/ს-ები 35კვ ძაბვის ეგზ „გულგულა-35-თი“ მარაგდება, რომელიც ქ/ს „თელავი-110-დან“ გამოდის, რის შემდეგაც პირველ განშტოებას ქ/ს „კურდღელაური-35-თან“ აკეთებს, სადაც ერთი მხარე ქ/ს „კურდღელაური-35-ში“ შედის, ხოლო მეორე ქ/ს „გულგულა-35-სკენ“ მიდის. ქ/ს „გულგულა-35-თან“ კეთდება მეორე განშტოება, სადაც

ერთი მხარე ქს „გულგულა-35-ში“ შედის, ხოლო მეორე მხარე ქს „ნაფარეული-35-ში“ სრულდება.

თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელში არსებული ხუთი ქს-ის განლაგება იხ. ნახ. 2-ში:



ნახაზი 2. თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქვესადგურების განლაგება

### 3.4 თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარების მოკვლევა

თელავის რაიონში არსებული ხუთი მაღალი ძაბვის (35/110კვ) ქვესადგური სე-ს საკუთრებაშია, ხოლო საშუალო (6/10კვ) და დაბალი (0.4კვ) ძაბვის ელექტრული ქსელი - „ენერგო-პრო ჯორჯიას“. სე-ს ქს-ებში

„ენერგო-პრო ჯორჯიას“ საშუალო ძაბვის ფიდერები არის დამონტაჟებული, საიდანაც ელექტროენერგია თელავის რაიონის 32 სოფელს და ქ. თელავს მიეწოდება.

წინა თავში ნახსენები სსე-სთვის ოფიციალურად მიწერილ წერილში, თელავის რაიონში 2017-2021 წლებში ყოველი თვის ბოლო დღის ელექტროენერგიის მოხმარების ჯამური მონაცემებიც იქნა მოთხოვნილი (იხ. დან. 1). სსე-დან მიღებული წერილის დანართებიდან (იხ. დან. 2) ირკვევა, რომ ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში თელავის რაიონში დღე-ღამური ყველაზე მაღალი ელექტროენერგიის მოხმარება ზაფხულის და ზამთრის თვეებში ფიქსირდება, ხოლო ყველაზე ცოტა - გაზაფხულის თვეებში. ზამთრის და ზაფხულის თვეების ელექტროენერგიის მოხმარების თითქმის გათანაბრების ძირითადი მიზეზი არის მოსახლეობის მიერ ზამთრის თვეებში ელექტროენერგიის მოხმარების ზრდა სითბური ენერგიად გარდაქმნის მიზნით, ხოლო ზაფხულის თვეებში - კონდიციონერების სისტემების მუშაობის და შენობებში ტემპერატურის დარეგულირების/დაწვევის მიზნით. ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ელექტროენერგიის მოხმარების ყველაზე მაღალი დღე-ღამური ჯამური მაჩვენებელი 2021 წლის 31 აგვისტოს დაფიქსირდა და 310,114 კვტ/სთ შეადგინა, ხოლო ყველაზე დაბალი - 211,333 კვტ/სთ 2017 წლის 31 მაისს. იხ. ცხრ. 5:

მკვლევარის მიერ ზემოთ აღნიშნულ სსე-სთვის მიწერილ წერილში 2017-2021 წლების განმავლობაში ყოველი თვის ბოლო დღის დღე-ღამური საათობრივი დატვირთვაც იქნა მოთხოვნილი. სსე-სგან მიღებული ინფორმაცია იხ. დან.-2-ში, საიდანაც იკვეთება ტენდენცია, რომ თელავის რაიონი მინიმალურ ელექტროენერგიას შუაღამის საათებში (01:00<>05:00) მოიხმარს, ხოლო მაქსიმალურს - შუადღის და საღამოს საათებში (12:00<>19:00). ეს ტენდენცია გამოწვეულია იმით, რომ ღამის საათებში მოსახლეობას სძინავს და შესაბამისად ელექტროენერგიას არ მოიხმარს, ხოლო დღის საათებში ხდება საყოფაცხოვრებო, ინდუსტრიული,

საწარმოო, ბიზნეს-ადმინისტრაციული და კულტურული ობიექტების მუშაობა, რაც თავისთავად დღის საათებში ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდასთან არის დაკავშირებული.

#	თვე	2017	2018	2019	2020	2021
		კვტ/სთ				
1	იანვარი	259,299	294,063	268,162	281,195	284,662
2	თებერვალი	256,147	293,519	264,644	290,647	276,972
3	მარტი	234,692	273,175	253,525	249,334	283,659
4	აპრილი	224,273	249,880	244,783	228,091	254,882
5	მაისი	211,333	241,376	234,838	217,999	260,467
6	ივნისი	219,940	247,296	272,708	254,135	283,710
7	ივლისი	254,489	287,672	288,399	284,961	305,419
8	აგვისტო	273,547	254,659	288,251	265,079	310,114
9	სექტემბერი	272,082	253,426	263,588	276,616	291,610
10	ოქტომბერი	266,784	246,341	262,677	268,332	292,971
11	ნოემბერი	280,359	269,955	280,933	285,148	295,536
12	დეკემბერი	301,964	274,765	286,493	298,037	303,000

**ცხრილი 5. თელავის რაიონის 2017-2021 წლების ელექტროენერჯის ყოველთვიური მოხმარებები**

აღსანიშნავია, რომ სსე-სგან მიღებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, დადგინდა, თელავის რაიონში 2017-2021 წლებში ელექტროენერჯის მოხმარების დინამიკა არაწრფივია, რაც თავისთავად მომავალ წლებში ელექტროენერჯის მოხმარების რაოდენობის პროგნოზირებას ართულებს. შესაბამისად, თელავის რაიონის ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ყოველი თვის ბოლო დღის დღე-ღამური საათობრივი დატვირთვების საპროგნოზო მონაცემები საშუალო არითმეტიკული მეთოდით დაანგარიშდა. მიღებული შედეგები იხ. ცხრ. 6-ში:

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან	7.56	7.96	6.38	7.94	7.96	7.92	8.12	10.26	11.32	12.36	13.06	12.36	13.68	13.70	14.58	13.68	13.02	12.96	13.42	12.62	11.52	11.62	10.36	9.88
თებ	8.24	8.48	7.26	7.24	6.66	7.52	7.48	8.92	11.00	11.78	12.88	12.82	13.56	13.12	14.00	14.38	13.32	13.72	12.36	12.68	11.32	11.62	10.40	9.18
მარ	7.74	7.06	7.06	6.12	7.08	6.06	7.44	8.96	10.94	11.12	11.08	12.18	13.64	12.16	12.12	12.12	12.12	13.08	12.12	12.70	11.18	11.54	10.36	9.34
აპრ	6.82	6.70	6.40	6.76	6.72	7.14	7.56	8.74	10.20	10.86	11.90	11.00	11.96	12.38	10.46	10.54	10.64	12.18	11.02	11.98	11.18	10.54	9.86	8.78
მაი	6.12	6.46	6.64	6.20	5.88	5.18	7.54	8.42	10.06	11.52	12.08	11.38	10.66	11.14	11.08	11.06	11.18	11.04	12.12	12.28	11.52	10.90	9.74	8.48
ივნ	7.80	8.06	7.38	6.42	6.54	6.26	7.06	8.74	9.76	11.32	12.86	13.70	12.38	12.28	13.74	12.68	12.06	12.36	13.64	12.68	10.68	9.90	8.52	7.76
ივლ	7.92	7.82	6.14	6.14	5.14	7.50	7.32	9.64	10.72	12.02	12.98	14.46	14.92	13.76	13.32	15.16	15.48	15.52	15.36	14.10	13.66	10.70	9.92	8.92
აგვ	8.54	8.44	7.58	7.58	7.58	7.94	8.06	10.22	11.90	12.74	13.22	14.46	15.04	15.02	14.40	15.22	15.38	14.40	15.48	13.68	13.34	11.64	10.94	9.94
სექ	6.90	7.82	7.82	6.58	6.30	6.62	7.28	9.90	11.96	12.00	12.70	13.18	13.28	14.42	13.42	14.30	13.36	13.76	12.86	13.20	11.12	10.22	9.16	8.10
ოქტ	7.10	6.92	7.72	7.42	7.10	6.04	8.48	9.12	10.44	11.66	12.60	12.88	13.02	13.70	13.66	13.06	13.22	13.46	12.56	11.92	11.30	10.32	10.08	8.90
ნოე	7.64	6.36	6.36	6.36	6.40	6.40	7.30	9.00	11.50	12.52	13.00	13.24	12.02	13.10	13.06	13.50	13.66	13.26	12.98	11.04	11.20	10.20	9.52	8.30
დეკ	6.40	6.60	6.50	5.80	6.60	6.20	7.20	9.70	12.02	12.42	13.52	13.28	14.24	13.62	13.82	14.14	14.44	14.72	12.32	12.78	11.00	10.28	9.18	8.98

ცხრილი 6. თელავის რაიონის ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში ყოველი თვის ბოლო დღის დღე-ღამური საათობრივი დატვირთვების საპროგნოზო მონაცემები

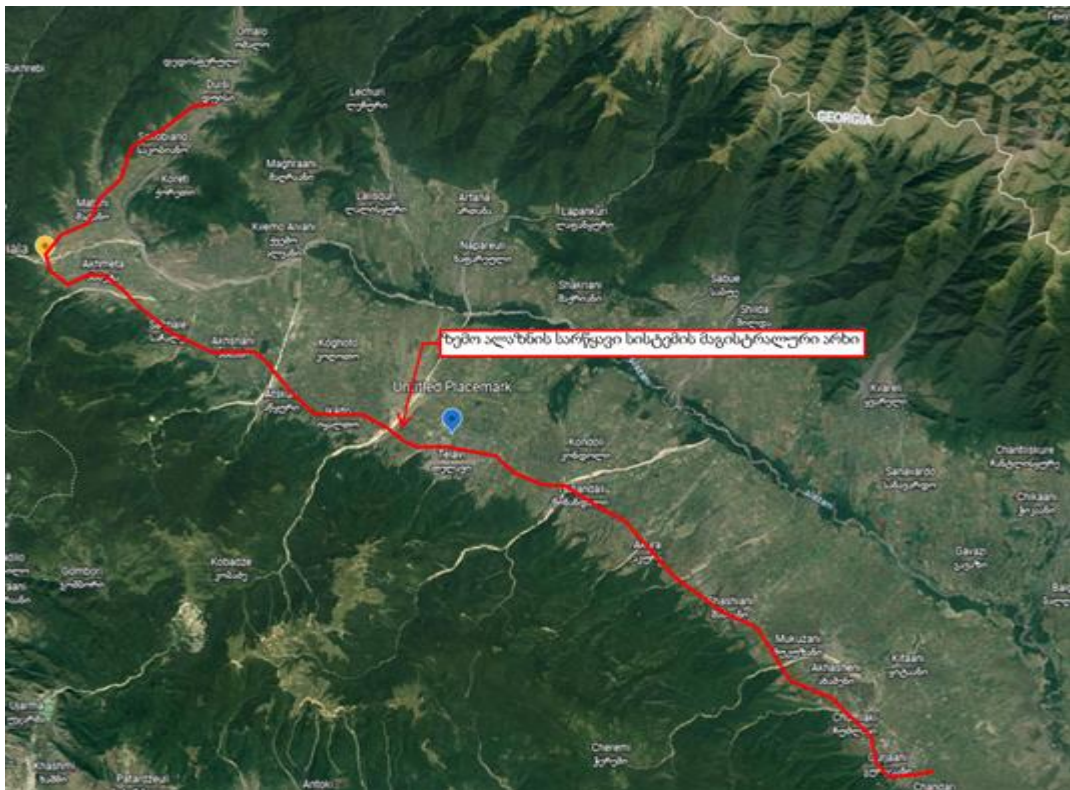
### 3.5 თელავის რაიონში ჰიდრო რესურსების მოკვლევა

თელავის რაიონი წყლის რესურსების სიმრავლით არ გამოირჩევა. თელავის რაიონში წყლის რესურსების სიმცირე არის მიზეზი იმისა, რომ დღემდე თელავის რაიონში მხოლოდ ორი მცირე სიმძლავრის ჰესია აშენებული. ეს ჰესებია: ლოპოტაჰესი და ფშაველჰესი, რომელთა ჯამური დადგმული სიმძლავრეები არის 2.4 და 1.9 მგვტ და 2021 წელს მათი მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ჯამურმა რაოდენობამ 12,412,159 კვტ/სთ შეადგინა [24].

ქ. თელავში ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალური არხი გადის, რომელიც სოფ. დუისთან (ახმეტის მუნიციპალიტეტი) იღებს სათავეს და გურჯაანის მუნიციპალიტეტში სრულდება. იგი ახმეტის, თელავის და გურჯაანის მუნიციპალიტეტების 67,300 ჰა ფართობის მოსარწყავად გამოიყენება. ამ არხის მიწის მორწყვის მიზნით გამოყენება წელიწადის გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდის რამდენიმე თვის განმავლობაში ხდება, ხოლო წელიწადის დანარჩენი პერიოდი ეს არხი უფუნქციოა. ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალური არხის საერთო სიგრძე არის 135,8 კმ, საიდანაც სათავე ნაგებობიდან ქ. თელავამდე მანძილი არის 46.84 კმ, ხოლო ქ. თელავიდან ქ. გურჯაანამდე - 31,16 კმ. იხ. ნახ. 3.

1990-იანი წლების დასაწყისში, ქ. თელავში ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალურ არხთან ახლომდებარე ტერიტორიაზე „თელავიჰესის“ აშენება იგეგმებოდა, რომელიც წელიწადის არასარწყავი პერიოდის დროს (დაახლოებით 9 თვე) წყლით ამ არხიდან უნდა მომარაგებულიყო. 1990-იანი წლებში საქართველოში შექმნილი მძიმე სოციალური-ეკონომიკური კრიზისიდან გამომდინარე, აღნიშნული პროექტი ვერ განხორციელდა. ქ. თელავსა და ამ არხის სათავე ნაგებობას შორის ახმეტის რაიონში 2014 წელს 9.12 მგვტ დადგმული სიმძლავრის ჰესი („ახმეტაჰესი“) აშენდა, რომელიც მარაგდება იმ წყლით, რომლითაც 1990-იანი წლების საპროექტო „თელავიჰესი“ უნდა მომარაგებულიყო.

შესაბამისად, ახლანდელი მდგომარეობით, წყლის რესურსის არ ქონის გამო, ქ. თელავში ამ არხზე ჰესის მშენებლობის პერსპექტივა აღარ არსებობს. ამიტომ, უნდა მოიძებნოს ყველაზე გამართლებული ტექნიკურ-ეკონომიკური გამოსავალი, რათა ამ არხში არსებული წყლის რესურსის რაოდენობა გაიზარდოს და ქ. თელავში ჰესის დაპროექტება შესაძლებელი გახდეს.



### ნახაზი 3. ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალური არხი

ამჟამად, ქ. თელავში არსებობს „თელავის კომპლექსური ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგური“, რომლის პირდაპირი დანიშნულება არის კახეთის რეგიონის მასშტაბით წყლის რესურსების გამოკვლევა. აგრეთვე, ქ. თელავში არსებობს „კახეთის მელიორაციის სამსახური“, რომელიც კახეთის რეგიონის მასშტაბით წყლის რესურსების მართვას აკონტროლებს. ამ ორ სამსახურში ვიზიტით და მათთან პირდაპირი კომუნიკაციით დადგინდა, რომ საბჭოთა კავშირის დროს არსებობდა



„კახეთის ჰიდრომეტეოროლოგიური ობსერვატორია“, რომელიც კახეთის რეგიონში 11 ცალ ჰიდროლოგიურ საგუშაგოს ფლობდა. ამჟამად, ამ საგუშაგოების რიცხვი 4-მდეა შემცირებული. კვლევამ აჩვენა, რომ სოფ. დუისის სათავე ნაგებობიდან ე. თელავამდე ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მაგისტრალური არხის შემოგარენში არსებობს მდინარეები, რომლების ადგილმდებარეობებისა და განლაგებების გათვალისწინებით მათი წყლის გარკვეული რაოდენობის ამ არხში შემოშვება არის შესაძლებელი. ეს მდინარეებია: „მაწანწრის ხევი“, „თურდო“, „ხოდაშენიხევი“, „ხევის ჭალა“ და „ილტო“. ამ მდინარეებიდან მხოლოდ მდ. „ილტო“ არის არასეზონური, დანარჩენი ოთხი მდინარე სეზონური ხასიათისაა და მოედინება მხოლოდ გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდებში - წლის დანარჩენ პერიოდებში წყლის ხარჯი ან უმნიშვნელოდ ცოტაა ან საერთო არ არის. ამის მიზეზი არის ის, რომ ამ ოთხი მდინარის სათავეები განლაგებულია გომბორის ქედის მთებში, ხოლო მდ. „ილტო“ კავკასიონის მთებში. გომბორის ქედს კავკასიონისგან განსხვავებით მყინვარები არ აქვს, რაც მის შემოგარენში არსებული მდინარეების სეზონური ხასიათის მთავარი განმაპირობებელი ფაქტორია.

კვლევა გაგრძელდა მდ. „ილტო“-ზე, რათა მისი საშუალო ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი წელიწადის 12 თვეზე დადგენილიყო. მდ. „ილტო“, რომელიც ალაზნის მარჯვენა შენაკადია, კახეთის ქედის სამხრეთ აღმოსავლეთის კალთაზე ზღვის დონიდან 2133,6 მ სიმაღლეზე იღებს სათავეს. მდინარის სიგრძე 45 კმ-ს შეადგენს, ხოლო წყალშემკრები აუზის ფართობი - 337,3 კმ<sup>2</sup>-ს. მდინარე ილტო თოვლის, წვიმისა და მიწისქვეშა წყლებით იკვებება. გაზაფხულის პერიოდში მდინარე უხვწყლიანობით ხასიათდება, ხოლო ზამთარში - შედარებით წყალმცირობით. აღსანიშნავია, რომ ზაფხულსა და შემოდგომაზე წყალმოვარდნები ახასიათებს [25].

ჰიდროლოგიურ საგუშაგო - „საბუე“-ს მიერ მდ. „ილტო“-ზე 1951-1986 წლებში ჰიდროლოგიური დაკვირვების შედეგად, საშუალო

მრავალწლიურმა წყლის ხარჯმა 5,22 მ<sup>3</sup>/წმ შეადგინა [26]. კლიმატური პირობების მკვეთრი ცვლილებებიდან გამომდინარე, მდ. „ილტო“-ს ეს 35 წლის წინანდელი ინფორმაცია კვლევის გასაგრძელებლად ვერ გამოდგება. სამწუხაროდ, „თელავის კომპლექსური ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგური“ ამ მდინარეზე დაკვირვებას 1986 წლის შემდეგ აღარ აწარმოებს და შესაბამისად, მასზე სეზონური წყლის ხარჯის განახლებული ოფიციალური ინფორმაცია არ არსებობს. ამიტომ, „კახეთის მელიორაციის სამსახური-ს“ თანამშრომლებთან ერთად დაიგეგმა ექსპედიციური კვლევები წელიწადის ყველაზე წყალმცირე და წყალუბვ პერიოდებში - 2022 წლის თებერვლიდან მაისის ჩათვლით. ექსპედიციური კვლევები ჩატარდა ამ ოთხი თვის ბოლო რიცხვებში, რის დროსაც წყლის ნაკადის მზომი ხელსაწყო (OTT MF pro) იქნა გამოყენებული. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ექსპედიციური კვლევა ჩატარდა სოფ. „ჩაჩხვიალა“-სთან ახლოს, იმ ადგილას სადაც წყალმიმღების აშენების შესაძლებლობა არსებობს. საპროექტო წყალმიმღებიდან ამ არხამდე მანძილი არის 1.2 კმ და ერთმანეთს მილსადენით ან ღია არხით უნდა დაუკავშირდეს, რათა მდ. „ილტო“-ს წყლის ნაკადის გარკვეული რაოდენობის ძველ მაგისტრალურ არხში შეშვება მოხდეს, იხ. ნახ.4:



ნახაზი 4. მდ. ილტოსთან საპროექტო წყალმიმღების და საირიგაციო არხის განლაგება

ნახ. 4-ში ჩანს ექსპედიციური კვლევის ჩატარების ადგილი, სადაც როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, მკვლევარის მიერ წყლის ნაკადის მზომი ხელსაწყოთი მდ. „ილტო“-ს წყლის ნაკადის ოთხი თვის მოცულობა გაიზომა, შედეგები იხ. ცხრ. 7-ში:

#	თვე	წყლის ხარჯი მ <sup>3</sup> /წმ
1	თებერვალი	1.27
2	მარტი	1.73
3	აპრილი	3.17
4	მაისი	4.19

**ცხრილი 7. ექსპედიციური კვლევის შედეგები**

ექსპედიციური კვლევის მონაცემები მხოლოდ ოთხი თვის განმავლობაში შეგროვდა, რაც საკმარისი არ არის და საჭიროა დანარჩენი 8 თვის მონაცემებიც არსებობდეს, რათა საპროექტო ჰესის მთელი წლის განმავლობაში გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა ზუსტად განისაზღვროს. შესაბამისად, ექსპედიციური კვლევის ჩატარების დროს, „კახეთის მელიორაციის სამსახურის“ თანამშრომლებისა და სოფ. „ჩაჩხრიალას“ ადგილობრივი მოსახლეობის გამოკითხვით, გასული წლების ისტორიული გამოცდილებები იქნა მხედველობაში მიღებული და მათი გათვალისწინებით მდ. „ილტოს“ წყლის ნაკადის დარჩენილი რვა თვის მონაცემები დაახლოებით განისაზღვრა, შედეგები იხ. ცხრ. 8-ში.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გაკეთდა დაშვება, რომ ყოველი თვის ბოლო რიცხვისთვის რა წყლის ხარჯიც დაფიქსირდა, თვეების დანარჩენ დღეებშიც იგივე წყლის ხარჯი იქნებოდა. ცხადია, ამ დაშვებაში და ზემოთ ნახსენებ 8 თვის მონაცემების განსაზღვრის მეთოდში ცდომილებები იქნება და შემდგომ დაზუსტებას საჭიროებს. თუმცა, მდ. „ილტო“-ზე წყლის ნაკადის ოფიციალური ინფორმაციის არ ქონის პირობებში, ზოგადი

სურათის შესაქმნელად და საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის დღიური, თვიური და წლიური რაოდენობების დასადგენად, მსგავსი დაშვებების გაკეთება მიზანშეწონილად ჩაითვალა.

#	თვე	წყლის ხარჯი მ <sup>3</sup> /წმ
1	იანვარი	1.16
2	თებერვალი	1.27
3	მარტი	1.73
4	აპრილი	3.17
5	მაისი	4.19
6	ივნისი	4.68
7	ივლისი	4.02
8	აგვისტო	3.34
9	სექტემბერი	2.70
10	ოქტომბერი	1.86
11	ნოემბერი	1.24
12	დეკემბერი	1.21
13	წლიური საშუალო	2.54

ცხრილი 8. მდ. ილტოს წყლის ნაკადის რესურსები

### 3.6 საპროექტო ჰიდროელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის განსაზღვრა

ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის დასადგენად, ქვეთავ-2.3-ში განხილული არის ჰესის სიმძლავრის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, სადაც შემდეგი ფორმულა იქნა გამოყენებული:

$$P_{ჰეს} = G \cdot H_{\text{ე}} \cdot Q \cdot \eta_{\text{ე}} \cdot \eta_{\text{გენ}} \quad (72)$$

ამ ფორმულის თითოეული მნიშვნელი შემდეგნაირად გამოანგარიშდება:

- $G$  არის დედამიწის გრავიტაციული მიზიდულობის ძალით გამოწვეული აჩქარება (თავისუფალი ვარდნა), რომელიც მუდმივი სიდიდეა და 9,81-ის ტოლია.
- $H_6$  არის ტურბინის ფრთებში წყლის შესვლის კვეთში არსებული ნეტო დაწნევა და მისი სიდიდის განსაზღვრად, პირველ რიგში, აუცილებელია ზედა და ქვედა ბიეფების ადგილმდებარეობები დადგინდეს. ამ შემთხვევაში ზედა ბიეფი იქნება ქ. თელავში საპროექტო წყალსაცავი, სადაც წყალი საპროექტო წყალმიმღებიდან უნდა შევიდეს. ქვედა ბიეფი ქ. თელავში საპროექტო ჰესის საგენერატორო შენობა იქნება, რომელიც წყლის ნაკადით საპროექტო წყალსაცავიდან საპროექტო მილსადენით უნდა მომარაგდეს. საპროექტო მილსადენის სიგრძე 7.82 კმ იქნება. საპროექტო წყალმიმღების, წყალსაცავის და საგენერატორო შენობის საკოორდინატო მონაცემები იხ. ცხრ. 9-ში:

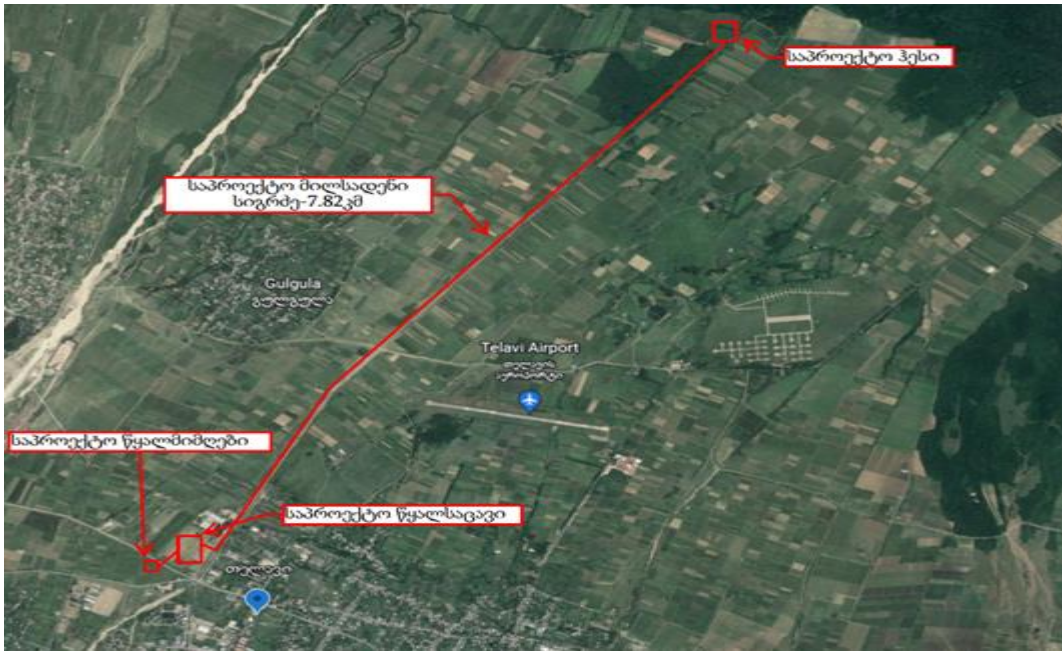


#	ობიექტი	გრძედი	განედი
1	წყალმიმღები	45,2805	41,5620
2	წყალსაცავი	45,2819	41,5626
4	საგენერატორო შენობა	45,3157	41,5934

**ცხრილი 9. ქ. თელავში საპროექტო ჰესის ინფრასტრუქტურის კოორდინატები**

საპროექტო წყალმიმღების, წყალსაცავის, მილსადენის და საგენერატორო შენობის განლაგების გეგმა იხ. ნახ. 5-ში.

ზედა და ქვედა ბიეფების ადგილმდებარეობების დონეთა სხვაობა საშუალებას იძლევა დადგინდეს ტურბინის ფრთებში წყლის შესვლის კვეთში არსებული ნეტო დაწნევა -  $H_6$ , რომელიც “GPSControl” ხელსაწყოს მეშვეობით დადგინდა და ამ პროექტის შემთხვევაში 191 მეტრი შეადგინა.



ნახაზი 5. თელავში საპროექტო ჰესის ინფრასტრუქტურის განლაგება

➤  $Q$  არის წყლის ხარჯი, რომელიც ყოველი თვის ბოლო დღისთვის წინა ქვეთავში გამოანგარიშდა, იხ. ცხრ. 8. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ცხრილშივე წყლის წლიური საშუალო ხარჯი არის დაანგარიშებული:  $Q_{\text{წლიური საშუალო}} = 2,54 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ . ეს მაჩვენებელი ჰესის დადგმული სიმძლავრის დადგენაში იღებს მონაწილეობას, რის დროსაც სინქრონული ტურბინა-გენერატორების ტექნიკური პარამეტრების შერჩევის დროს, მათი მაქსიმალური დატვირთვით მუშაობის დროს წყლის ხარჯის ( $Q$ ) მაქსიმალური მნიშვნელობა წყლის წლიურ საშუალო ხარჯზე ( $Q_{\text{წლიური საშუალო}}$ ) მეტი არ უნდა იყოს.

➤  $\eta_{\text{ტ}}$  ტურბინის და  $\eta_{\text{გენ}}$  გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტებია, რომელთა სიდიდეები შემდეგ დიაპაზონებში მერყეობს:  $\eta_{\text{ტ}} = 0,9-0,96$ ,  $\eta_{\text{გენ}} = 0,97-0,98$ . ამ მაჩვენებლების ზუსტი მნიშვნელობის განსასაზღვრად აუცილებელია, ჩატარდეს ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი და კონკრეტულ პროექტზე მორგებულ ყველაზე ოპტიმალური ტურბინა-გენერატორები და ელექტრული მოწყობილობები შეირჩეს.

ოთხი მწარმოებლის ტურბინა-გენერატორის ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი ჩატარდა და მონაცემები ერთმანეთს შედარდა:

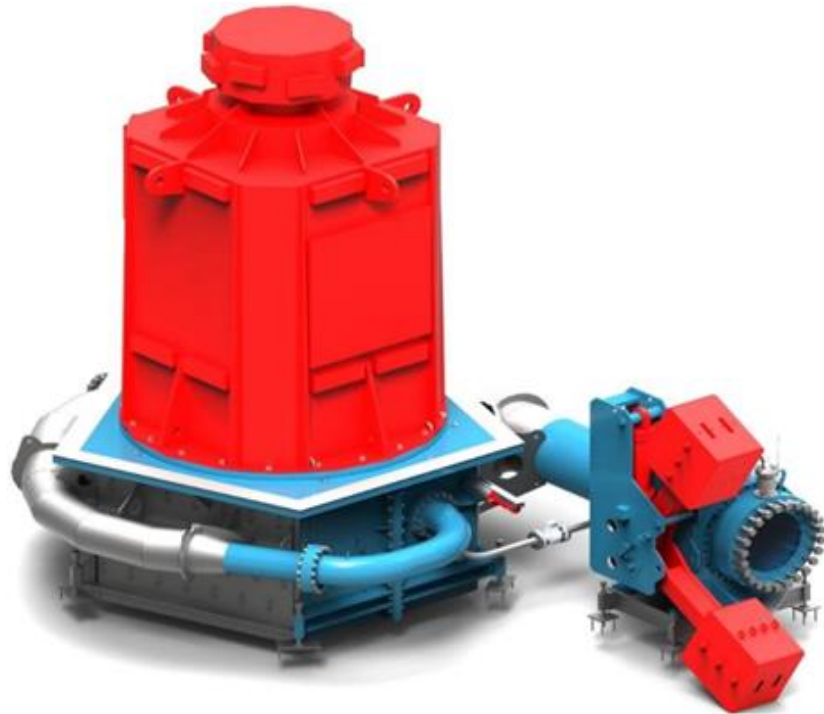
„GEPPERT“, „GUGLER“, „VAPTECH“, „VOITH“. ამ კომპანიების მიერ წარმოებული ტურბინა-გენერატორების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება იხ. ცხრ. 10-ში [27]:

ტურბინა-გენერატორი	ერთეული	Geppert	Voith	Gugler	Vaptech
სრული სიძლავრე	მვა	7,5	7,5	7,5	7,5
ნომინალური სიჩქარე	rpm	429	429	428.6	428.6
გაქცევის სიჩქარე (ინერცია)	rpm	773 (მაქს 5 წთ)	782 (მაქს 5 წთ)	772 (მაქს 5 წთ)	690 (მაქს 5 წთ)
ძაბვა	ვ	10500	10500	10500	10500
იზოლაციის კლასი	-	H	F	H	H
წყლის ხარჯის ნომინალური სიდიდე	მ <sup>3</sup> /წმ	2,29	2,29	2,29	2,29
გარე ტემპერატურა	°C	40	40	40	40
აქტიური სიმძლავრის კოეფიციენტი	cosφ	0.85	0.85	0.85	0.85
გაგრილების სისტემა	-	IC 21	IC 01	IC21	IC 01
საკისარი	-	კონუსური	კონუსური	კონუსური	კონუსური
საშუალო წონა	ტ	57	43	50	66
ტურბინის მქკ	%	0,93	0,95	0,94	0,94
გენერატორის მქკ	%	0,974	0,983	0,971	0,976
ტურბინის ტიპი	-	P6V-136	P6Vi	P6V	PV6c
ფასი	€	5,037,216	4,293,900	4,547,808	4,659,421

ცხრილი 10. ტურბინა-გენერატორების მწარმოებლების შემოთავაზებები

შედარებიდან ჩანს, რომ იზოლაციის კლასის, საერთო წონის, ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტის, გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტის და ფასის მიხედვით საუკეთესო მაჩვენებელი გერმანულ კომპანია „VOITH-ს“ აქვს. შესაბამისად, შეირჩა ამ მწარმოებლის პელტონის ტიპის 2 ცალი სამფაზა სინქრონული ტურბინა-გენერატორი, რომლის ტექნიკური პარამეტრებიდან შესაძლებელია, გაირკვეს  $\eta_{ტ}$  ტურბინის და  $\eta_{გენ}$  გენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტები, რომელთაც შემდეგი

მნიშვნელობები აქვთ:  $\eta_{\text{ტ}} = 0.95$ ,  $\eta_{\text{გენ}} = 0,983$ , (იხ. დან. 3). „VOITH“-ს სინქრონული ტურბინა-გენერატორის სურათი იხილეთ იხ. ნახ. 6-ში:



**ნახაზი 6. VOITH-ს წარმოებული ტურბინა-გენერატორი**

აღსანიშნავია, რომ ცხრ.-1-ში წარმოდგენილი ფასები საპროექტო ჰესის საგენერატორო შენობის ყველა მაღალი და დაბალი ძაბვის ელექტრული მოწყობილობის და კაბელების მონტაჟს მოიცავს. აგრეთვე, მართვის, რელეური დაცვის, ავტომატიზაციის, ელექტროენერჯის აღრიცხვის მეორადი წრედების გაწყობა და რაც მთავარია, ამ გენერატორებს იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის ფუნქციაც არის გათვალისწინებული.

ტურბინა-გენერატორის შერჩევის შემდეგ ცვლადი დენის ასამაღლებელი სამფაზა ორგრაგნილა ძალოვანი ტრანსფორმატორი უნდა შეირჩეს, რათა გენერატორებიდან გამომავალი 10 კვ ძაბვის 35 კვ ძაბვამდე ამაღლება მოხდეს. ძალოვანი ტრანსფორმატორების შერჩევის დროს, მათი ჯამური ნომინალური სიმძლავრე ჰესის დადგმულ სიმძლავრეზე მეტი უნდა იყოს. აგრეთვე, ამ ძალოვანი ტრანსფორმატორების შერჩევის დროს, 35კვ ძაბვის გადამცემი კაბელის მეორე მხარეს არსებული კ/ს



„კურდღელაურის“ და მიმდებარე ქსელის 35 კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორების შეერთების ჯგუფებიც უნდა იქნას მხედველობაში მიღებული.

კვლევამ აჩვენა, რომ „თელასის“ და „ენერგო-პროს“ 35კვ ძაბვის ქსელებში ძირითადად უკრაინული წარმოების ტრანსფორმატორები გამოიყენება (JSC Zaporozhtransformator), მაგრამ უკრაინაში მიმდინარე პროცესების გამო ეს ქარხანა დროებით გაჩერებულია. შესაბამისად, თურქული წარმოების (ELTAS TRANSFORMATOR A.S.) 10/35 კვ ძაბვის 2 ცალი 10 მვა სიმძლავრის ძალოვანი ტრანსფორმატორი შეირჩა, რომლის ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები იხ. დან-4-ში.

ძალოვანი ტრანსფორმატორის შემდეგ, შეირჩა 5 ცალი 10 კვ ძაბვის გამანაწილებელი მოწყობილობის უჯრედი, საიდანაც 2 ცალი არის საგენერატორო, 2 ცალი სატრანსფორმატორო უჯრედი და 1 ცალი საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორის უჯრედი. აგრეთვე შეირჩა, 4 ცალი 35 კვ ძაბვის გამანაწილებელი მოწყობილობის უჯრედი, საიდანაც 2 ცალი არის სატრანსფორმატორო უჯრედი, 1 ცალი 35 კვ ძაბვის მზის ელექტროსადგურიდან მომავალი კაბელის სახაზო უჯრედი და 1 ცალი ქ/ს „კურდღელაური“-სკენ მიმავალი 35 კვ ძაბვის კაბელის სახაზო უჯრედი. ამასთანავე, შეირჩა საგენერატორო შენობის ცვლადი და მუდმივი დენის ფარი და 1 ცალი დიზელ გენერატორი. ამ მოწყობილობების ძირითადი ტექნიკური პარამეტრები იხ. დან. 5-ში.

ჰესის ძირითადი ელექტრული მოწყობილობების და ფორმულა-43-ის ყველა მნიშვნელის სიდიდის დადგენის შემდეგ, საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრის დღიური, თვიური და წლიური სიდიდეების გამოთვლაც გახდა შესაძლებელი. გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ ჰესის დადგმული სიმძლავრის განსაზღვრის დროს, დადგინდა წყლის წლიური საშუალო ხარჯი ( $Q_{\text{წლიური საშუალო}}$ ), რომლის მიხედვითაც სინქრონიული ტურბინა-გენერატორის მაქსიმალური წყლის ხარჯის ოდენობა განისაზღვრა. აქედან გამომდინარე, წყლის წელიწადის რამდენიმე

თვეს დადგება ისეთი მომენტები, როცა ჰესი სრული ან ნაწილობრივი დატვირთვით იმუშავებს. ეს ფაქტორი ჰესის მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავების რაოდენობის ანგარიშების დროს აუცილებლად უნდა იქნას მხედველობაში მიღებული. ანგარიშები “Microsoft Excel” კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა, შედეგები იხ. ცხრ. 11-ში:

#	თვე	წყლის ხარჯი 90% მ <sup>3</sup> /წმ	აგრეგატის დატვირთვის მაჩვენებელი %	საათობრივი გამომუშავება კვტ/სთ	დღიური გამომუშავება კვტ/სთ	თვიური გამომუშავება კვტ/სთ
1	იან	1.04	45	6,551	157,227	4,716,804
2	თებ	1.14	50	7,181	172,345	5,170,343
3	მარ	1.56	68	9,826	235,840	7,075,206
4	აპრ	2.85	100	14,425	346,201	10,386,039
5	მაი	3.77	100	14,425	346,201	10,386,039
6	ივნ	4.21	100	14,425	346,201	10,386,039
7	ივლ	3.62	100	14,425	346,201	10,386,039
8	აგვ	3.01	100	14,425	346,201	10,386,039
9	სექ	2.43	100	14,425	346,201	10,386,039
10	ოქტ	1.67	73	10,519	252,469.9	7,574,099
11	ნოე	1.12	49	7,055	169,321.17	5,079,635
12	დეკ	1.09	48	6,866	164,785.78	4,943,573
13	ჯამი			134,549	3,078,520	92,316,321

**ცხრილი 11. საპროექტო ჰესის აგრეგატების დატვირთვის მაჩვენებელების და გამომუშავები ელექტრო ენერჯის რაოდენობა**

თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარების საპროგნოზო მონაცემები ამ საპროექტო ჰესის და თელავის რაიონში არებული ორი ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის საპროგნოზო მონაცემებს შედარდა, შედეგები იხ. ცხრ. 12-ში.

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან	0.6	0.2	1.8	0.2	0.2	0.2	0	-3.71	-4.77	-5.81	-6.51	-5.81	-7.13	-7.15	-8.03	-7.13	-6.47	-6.41	-6.87	-6.07	-4.97	-5.07	-3.81	-3.33
თებ	0.4	0.4	0.9	0.9	1.5	0.7	1.1	-1.74	-3.82	-4.6	-5.7	-5.64	-6.38	-5.94	-6.82	-7.2	-6.14	-6.54	-5.18	-5.5	-4.14	-4.44	-3.22	-2
მარ	2.1	2.8	2.8	3.7	2.7	3.8	3	0.87	-1.11	-1.29	-1.25	-2.35	-3.81	-2.33	-2.29	-2.29	-2.29	-3.25	-2.29	-2.87	-1.35	-1.71	-0.53	0.49
აპრ	7.6	7.7	8	7.7	7.7	7.3	7.6	5.51	4.05	3.39	2.35	3.25	2.29	1.87	3.79	3.71	3.61	2.07	3.23	2.27	3.07	3.71	4.39	5.47
მაი	8.3	8	7.8	8.2	9	9.07	6.71	5.83	4.19	2.73	2.17	2.87	3.59	3.11	3.17	3.19	3.07	3.21	2.13	1.97	2.73	3.35	4.51	5.77
ივნ	6.6	6.4	7	8	8	7.99	7.19	5.51	4.49	2.93	1.39	0.55	1.87	1.97	0.51	1.57	2.19	1.89	0.61	1.57	3.57	4.35	5.73	6.49
ივლ	6.5	6.6	8.3	8.3	9.4	6.75	6.93	4.61	3.53	2.23	1.27	-0.21	-0.67	0.49	0.93	-0.91	-1.23	-1.27	-1.11	0.15	0.59	3.55	4.33	5.33
აგვ	5.9	6	6.8	6.8	6.8	6.8	6.19	4.03	2.35	1.51	1.03	-0.21	-0.79	-0.77	-0.15	-0.97	-1.13	-0.15	-1.23	0.57	0.91	2.61	3.31	4.31
სექ	7.5	6.6	6.6	7.8	8.1	8	6.97	4.35	2.29	2.25	1.55	1.07	0.97	-0.17	0.83	-0.05	0.89	0.49	1.39	1.05	3.13	4.03	5.09	6.15
ოქტ	3.4	3.6	2.8	3.1	3.4	4.6	2.03	1.39	0.07	-1.15	-2.09	-2.37	-2.51	-3.19	-3.15	-2.55	-2.71	-2.95	-2.05	-1.41	-0.79	0.19	0.43	1.61
ნოე	0.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	-4.45	-5.47	-5.95	-6.19	-4.97	-6.05	-6.01	-6.45	-6.61	-6.21	-5.93	-3.99	-4.15	-3.15	-2.47	-1.25
დეკ	0.5	1.1	1.2	1.5	1.6	1.7	0.7	0.5	-5.15	-5.55	-6.65	-6.41	-7.37	-6.75	-6.95	-7.27	-7.57	-7.85	-5.45	-5.91	-4.13	-3.41	-2.31	-2.11

ცხრილი 12. თელავის რაიონში არსებული ორი ჰესის და საპროექტო ჰესის მიერ საპროგნოზო გამომუშავებული და თელავის რაიონის მიერ საპროგნოზო ელექტროენერჯის მოხმარების ბალანსი

### 3.7 ქ. თელავში მზის რადიაციის რესურსის მოკვლევა

მეცნიერულ კვლევებზე დაყრდნობით, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მზე რამდენიმე მილიარდი წელია რაც არსებობს, და მასზე დარჩენილი რესურსების გათვალისწინებით კიდევ რამდენიმე მილიარდი წელიწადი იარსებებს. მზეზე მიმდინარე ქიმიური პროცესების შედეგად, წყალბადის ჰელიუმი სხივურ ენერგიად გარდაიქმნება და კოსმოსში გამოიტყორცნება. მზის სიმძლავრე არის  $4 \cdot 10^{23}$  კვტ, საიდანაც დედამიწის ატმოსფეროზე მხოლოდ  $0,5 \cdot 10^9$  კვტ მოდის. გამომდინარე იქიდან, რომ კოსმოსში ვაკუუმური სივრცეა, მზიდან გამოტყორცნილი სხივი დედამიწის ატმოსფერომდე მოღწევაში ენერგიას არ კარგავს. დედამიწის ატმოსფეროს 1 მ<sup>2</sup> ზედაპირზე მოსული მზის სხივის ენერგია 1,321-1,413 კვტ/მ<sup>2</sup> დიაპაზონში მერყეობს. დედამიწის ატმოსფეროს ზედაპირიდან მზიდან მოსული სხივური ენერგიის 30% აირეკლება და უკან კოსმოსის სივრცეში ბრუნდება, ხოლო დანარჩენი 70% დედამიწის ატმოსფეროში შემოდის და შესაბამისად ნაწილდება. დედამიწის ზედაპირს აღწევს ატმოსფეროში შემოსული მზის სხივის ენერგიის დაახლოებით ნახევარი, დანარჩენი ენერგიის ნაწილით ჰაერი თბება, წყალი ორთქლდება, ძალიან მცირე ნაწილი ჰაერის/წყლის მასების მოძრაობას და მცენარეების ფოტოსინთეზის რეაქციას ხმარდება [28].

დედამიწის ზედაპირზე მზის რადიაციის რაოდენობის დადგენისთვის პირველ რიგში, აუცილებელია, ადგილმდებარეობა შეირჩეს და მისი საკოორდინატო მონაცემები განისაზღვროს. შეირჩა ქ. თელავში საპროექტო ჰესის მიმდებარე ტერიტორია, სადაც საპროექტო მზის ელექტროსადგური უნდა განლაგდეს. საკოორდინატო მონაცემები “GPSControl” ხელსაწყოს გამოყენებით დადგინდა.

მზის რადიაციის სიდიდის განსასაზღვრად წელიწადის ყველა თვის ბოლო რიცხვი შეირჩა და ქვეთავ-2.1-ში წარმოდგენილ მეთოდოლოგიაზე

დაყრდნობით, გამოთვლები „Microsoft Excel“ კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა, ყოველთვიური შედეგები იხ. ცხრ. 14-25.

ამ ანგარიშების ჩატარების შემდეგ, ყოველი თვის ბოლო რიცხვისთვის განისაზღვრა ფორმულა-24-ის დახრილ ზედაპირზე მზის გამოსხივების საშუალო სიდიდეებიც ( $H_T$ ), იხ. ცხრ. 13.

საათი	31იან	28თებ	31მარტ	30აპრ	31მაი	30ივნ	31ივლ	31აგვ	30სე	31ოქ	30ნოვ	31დეკ
თი	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>	ვტ/მ <sup>2</sup>
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0.12	20,1	0.21	0.2	0.11	0	0	0	0
6	0	0	0	0,1	1900	140,3	167,5	148,9	0	0	0	0
7	0	0,1	128,4	208,4	301,5	253,1	289,4	269,7	0,9	0,1	0	0
8	80,5	160,1	238,9	35,4	720,5	355,1	380,1	360,8	120,9	90,1	11,2	0,2
9	177	254,2	344,1	450,9	580,1	680,5	607,5	510	670,2	297,6	154,1	101
10	284,1	391,5	505,5	605,4	725,9	670,5	750,5	668,7	305,7	340,8	287,2	218
11	420,6	530,3	632	730,1	823,5	805,6	860,3	792,2	470,5	460,1	369,1	330
12	501,2	610,8	706,8	803,9	860,6	890,8	930,7	870,8	601,5	550,5	437,1	408,6
13	545	656	765	849	850,1	935,9	985,1	911,4	707,0	601,9	482,6	442,2
14	535,2	645,4	754,0	837,4	788,8	926,8	978,3	900,4	748,5	590,5	470,7	429,6
15	474,7	584,0	691,7	776,7	681,0	868,2	921,4	842,2	737,8	529,8	412,7	372,5
16	368,1	476,0	583,1	671,7	534,0	764,1	818,4	740,8	675,5	424,0	312,4	274,7
17	269,9	328,7	435,6	529,81	357,7	621,6	676,2	603,0	566,0	280,3	228,4	217,2
18	0	278,3	259,2	360,5	241,0	450,4	504,5	438,2	260,1	251,2	0	0
19	0	0	249,9	231,8	257,7	262,2	315,1	257,7	0	0	0	0
20	0	0	0	0	220,8	242,9	215,7	220,8	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ჯამი</b>	<b>3664.41</b>	<b>4913.52</b>	<b>6321.94</b>	<b>7380.06</b>	<b>8538.82</b>	<b>9307.21</b>	<b>8720.33</b>	<b>7390.54</b>	<b>5434.61</b>	<b>4424.42</b>	<b>3125.81</b>	<b>2833.08</b>

ცხრილი 13. საპროექტო მზის ელექტროსადგურის ტერიტორიაზე მზის რადიაციის რაოდენობა

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos( $\theta_z$ )	( $\theta^\circ z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.9	152.1	-0.9	154.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-1.0	165.3	-0.8	146.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-1.0	173.9	-0.7	135.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-1.0	164.4	-0.6	124.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.9	151.2	-0.4	113.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-90.0	-1.6	-0.7	137.6	-0.2	102.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	-71.7	-1.3	-0.5	121.2	0.0	90.0	-7.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.09
8	-60.0	-1.0	-0.4	110.8	0.1	82.5	-2.7	185.0	185.0	94.3	39.6	54.8	0.0	54.7	29.7	165.73
9	-45.0	-0.8	-0.1	97.7	0.3	73.9	-0.5	390.0	390.0	198.9	83.5	115.4	0.0	115.4	62.6	341.2
10	-30.0	-0.5	0.1	85.0	0.4	67.1	0.2	547.3	547.3	279.1	117.1	162.0	36.4	162.0	87.8	533.3
11	-15.0	-0.3	0.3	73.0	0.5	62.7	0.6	646.2	646.2	329.6	138.3	191.3	121.8	191.2	103.7	749.7
12	0.0	0.0	0.5	62.1	0.5	61.1	1.0	679.9	679.9	346.8	145.5	201.3	194.9	201.2	109.1	886.8
13	15.0	0.3	0.6	53.0	0.5	62.7	1.3	646.2	646.2	329.6	138.3	191.3	250.7	191.2	103.7	946.8
14	30.0	0.5	0.7	46.8	0.4	67.1	1.8	547.3	547.3	279.1	117.1	162.0	285.4	162.0	87.8	931.5
15	45.0	0.8	0.7	44.6	0.3	73.9	2.6	390.0	390.0	198.9	83.5	115.4	296.7	115.4	62.6	840.3
16	60.0	1.0	0.7	47.1	0.1	82.5	5.2	185.0	185.0	94.3	39.6	54.8	283.7	54.7	29.7	671.1
17	70.5	1.2	0.6	51.3	0.0	89.2	43.0	20.5	20.5	10.4	4.4	6.1	260.6	6.1	3.3	505.2
18	90.0	1.6	0.5	62.8	-0.2	102.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	105.0	1.8	0.3	73.8	-0.4	113.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	120.0	2.1	0.1	85.9	-0.6	124.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	-0.1	98.6	-0.7	135.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.4	111.7	-0.8	146.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.6	125.1	-0.9	154.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.8	138.6	-0.9	157.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 14. იანვრის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	$\text{Cos}(\theta)$	( $\theta^\circ$ )	$\text{Cos}(\theta_z)$	( $\theta^\circ z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.8	148.0	-0.8	145.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.9	159.2	-0.7	138.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-1.0	164.4	-0.6	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.9	158.6	-0.5	118.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.8	147.1	-0.3	107.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-90.0	-1.6	-0.7	134.2	-0.1	96.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	-81.1	-1.4	-0.6	126.2	0.0	90.0	-6.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.11
8	-60.0	-1.0	-0.3	107.2	0.3	75.3	-1.2	346.7	346.7	176.8	74.2	102.6	0.0	102.6	55.6	304.85
9	-45.0	-0.8	-0.1	93.7	0.4	66.1	-0.2	554.5	554.5	282.8	118.7	164.1	0.0	164.1	89.0	475.7
10	-30.0	-0.5	0.2	80.5	0.5	58.5	0.3	714.0	714.0	364.1	152.8	211.3	67.1	211.3	114.6	685.9
11	-15.0	-0.3	0.4	67.7	0.6	53.4	0.6	814.2	814.2	415.2	174.2	241.0	153.7	241.0	130.7	893.5
12	0.0	0.0	0.6	55.7	0.6	51.6	0.9	848.4	848.4	432.7	181.5	251.1	227.8	251.1	136.1	1034
13	15.0	0.3	0.7	45.4	0.6	53.4	1.2	814.2	814.2	415.2	174.2	241.0	284.4	241.0	130.7	1106
14	30.0	0.5	0.8	37.8	0.5	58.5	1.5	714.0	714.0	364.1	152.8	211.3	319.6	211.3	114.6	1108
15	45.0	0.8	0.8	35.1	0.4	66.1	2.0	554.5	554.5	282.8	118.7	164.1	331.0	164.1	89.0	1034
16	60.0	1.0	0.8	38.2	0.3	75.3	3.1	346.7	346.7	176.8	74.2	102.6	317.8	102.6	55.6	877.1
17	75.0	1.3	0.7	46.0	0.1	85.6	9.1	104.7	104.7	53.4	22.4	31.0	281.0	31.0	16.8	613.9
18	79.5	1.4	0.7	49.0	0.0	88.8	32.2	27.8	27.8	14.2	6.0	8.2	265.7	8.2	4.5	558.1
19	105.0	1.8	0.4	68.6	-0.3	107.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	120.0	2.1	0.1	81.4	-0.5	118.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	-0.1	94.7	-0.6	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.3	108.1	-0.7	138.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.5	121.7	-0.8	145.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.7	135.1	-0.8	147.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 15. თებერვლის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	$\text{Cos}(\theta)$	( $\theta^\circ$ )	$\text{Cos}(\theta_z)$	( $\theta^\circ_z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.8	141.0	-0.7	134.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.9	150.0	-0.6	129.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-0.9	153.4	-0.5	120.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.9	149.5	-0.4	111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.8	140.3	-0.2	100.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-91.1	-1.6	-0.6	129.5	0.0	90.0	-2.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.078
7	-75.0	-1.3	-0.4	115.8	0.2	78.1	-2.1	282.8	282.8	141.4	60.7	80.7	0.0	83.9	44.5	249.27
8	-60.0	-1.0	-0.2	102.5	0.4	67.3	-0.6	528.3	528.3	264.2	113.4	150.8	0.0	156.8	83.1	452.5
9	-45.0	-0.8	0.0	89.0	0.5	57.3	0.0	739.2	739.2	369.6	158.6	211.0	6.8	219.3	116.3	628.6
10	-30.0	-0.5	0.3	75.5	0.7	48.8	0.4	901.0	901.0	450.5	193.3	257.2	98.0	267.4	141.7	889.6
11	-15.0	-0.3	0.5	62.1	0.7	42.8	0.6	1002.7	1002.7	501.3	215.1	286.2	182.7	297.5	157.8	1078
12	0.0	0.0	0.7	49.2	0.8	40.7	0.9	1037.4	1037.4	518.7	222.6	296.1	255.2	307.8	163.2	1195
13	15.0	0.3	0.8	37.3	0.7	42.8	1.1	1002.7	1002.7	501.3	215.1	286.2	310.6	297.5	157.8	1246
14	30.0	0.5	0.9	27.9	0.7	48.8	1.3	901.0	901.0	450.5	193.3	257.2	345.0	267.4	141.7	1231
15	45.0	0.8	0.9	24.1	0.5	57.3	1.7	739.2	739.2	369.6	158.6	211.0	356.1	219.3	116.3	1150
16	60.0	1.0	0.9	28.4	0.4	67.3	2.3	528.3	528.3	264.2	113.4	150.8	343.3	156.8	83.1	1001
17	75.0	1.3	0.8	38.1	0.2	78.1	3.8	282.8	282.8	141.4	60.7	80.7	307.3	83.9	44.5	779.6
18	90.0	1.6	0.6	50.1	0.0	89.2	45.5	19.3	19.3	9.6	4.1	5.5	250.5	5.7	3.0	486.6
19	90.8	1.6	0.6	50.7	0.0	89.8	145.6	5.9	5.9	3.0	1.3	1.7	247.2	1.8	0.9	470.2
20	105.0	1.8	0.5	63.0	-0.2	100.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	0.0	90.0	-0.5	120.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.2	103.5	-0.6	129.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.5	116.7	-0.7	134.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.6	129.5	-0.7	136.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 16. მარტის თვის მზის რადიაციის შედეგები



დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	$\text{Cos}(\theta)$	( $\theta^\circ$ )	$\text{Cos}(\theta_z)$	( $\theta^\circ_z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.7	132.1	-0.6	123.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.8	139.2	-0.5	118.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-0.8	141.7	-0.4	111.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.8	138.8	-0.2	102.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.7	131.5	0.0	92.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-101.9	-1.8	-0.6	129.6	0.0	90.0	-3.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.228
7	-75.0	-1.3	-0.3	109.7	0.3	70.3	-1.0	461.6	461.6	226.2	99.2	126.9	0.0	137.3	71.2	396.36
8	-60.0	-1.0	-0.1	97.1	0.5	59.2	-0.2	701.0	701.0	343.5	150.7	192.8	0.0	208.4	108.1	585.06
9	-45.0	-0.8	0.1	84.0	0.7	48.5	0.2	906.6	906.6	444.2	194.9	249.3	39.2	269.6	139.8	799.9
10	-30.0	-0.5	0.3	70.6	0.8	38.9	0.4	1064.3	1064.3	521.5	228.8	292.7	124.8	316.5	164.1	1033
11	-15.0	-0.3	0.5	57.1	0.9	31.7	0.6	1163.5	1163.5	570.1	250.2	319.9	204.4	346.0	179.4	1200
12	0.0	0.0	0.7	43.6	0.9	28.9	0.8	1197.3	1197.3	586.7	257.4	329.3	272.5	356.1	184.6	1304
13	15.0	0.3	0.9	30.4	0.9	31.7	1.0	1163.5	1163.5	570.1	250.2	319.9	324.5	346.0	179.4	1347
14	30.0	0.5	0.9	18.4	0.8	38.9	1.2	1064.3	1064.3	521.5	228.8	292.7	356.9	316.5	164.1	1332
15	45.0	0.8	1.0	12.4	0.7	48.5	1.5	906.6	906.6	444.2	194.9	249.3	367.3	269.6	139.8	1259
16	60.0	1.0	0.9	19.2	0.5	59.2	1.8	701.0	701.0	343.5	150.7	192.8	355.2	208.4	108.1	1124
17	75.0	1.3	0.9	31.3	0.3	70.3	2.5	461.6	461.6	226.2	99.2	126.9	321.4	137.3	71.2	923.5
18	90.0	1.6	0.7	44.5	0.1	81.4	4.8	204.6	204.6	100.3	44.0	56.3	268.1	60.8	31.5	658.5
19	100.5	1.8	0.6	54.0	0.0	89.0	33.9	23.7	23.7	11.6	5.1	6.5	221.2	7.0	3.7	438.3
20	120.0	2.1	0.3	71.6	-0.2	102.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	0.1	85.0	-0.4	111.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.1	98.0	-0.5	118.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.4	110.6	-0.6	123.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.5	122.2	-0.6	125.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 17. აპრილის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos( $\theta_z$ )	( $\theta^\circ_z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.6	125.6	-0.4	115.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.7	131.7	-0.4	111.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-0.7	133.7	-0.3	104.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.7	131.3	-0.1	96.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-110.0	-1.9	-0.6	127.5	0.0	90.0	-1.1	0.5	0.5	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.454
6	-90.0	-1.6	-0.4	116.0	0.2	76.2	-1.8	325.7	325.7	162.8	69.9	93.0	0.0	96.6	51.2	285.6
7	-75.0	-1.3	-0.3	105.2	0.4	65.3	-0.6	571.8	571.8	285.9	122.7	163.2	0.0	169.7	90.0	487.24
8	-60.0	-1.0	-0.1	93.3	0.6	54.1	-0.1	801.2	801.2	400.6	171.9	228.7	0.0	237.8	126.1	663.96
9	-45.0	-0.8	0.2	80.7	0.7	43.1	0.2	998.2	998.2	499.1	214.2	284.9	62.7	296.2	157.0	902.9
10	-30.0	-0.5	0.4	67.7	0.8	32.8	0.5	1149.3	1149.3	574.7	246.6	328.1	147.9	341.1	180.8	1121
11	-15.0	-0.3	0.6	54.4	0.9	24.5	0.6	1244.3	1244.3	622.2	267.0	355.2	227.0	369.2	195.8	1278
12	0.0	0.0	0.8	40.9	0.9	20.9	0.8	1276.7	1276.7	638.4	273.9	364.4	294.7	378.9	200.9	1375
13	15.0	0.3	0.9	27.4	0.9	24.5	1.0	1244.3	1244.3	622.2	267.0	355.2	346.4	369.2	195.8	1417
14	30.0	0.5	1.0	14.0	0.8	32.8	1.2	1149.3	1149.3	574.7	246.6	328.1	378.6	341.1	180.8	1405
15	45.0	0.8	1.0	4.5	0.7	43.1	1.4	998.2	998.2	499.1	214.2	284.9	389.0	296.2	157.0	1338
16	60.0	1.0	1.0	14.9	0.6	54.1	1.6	801.2	801.2	400.6	171.9	228.7	377.0	237.8	126.1	1214
17	75.0	1.3	0.9	28.4	0.4	65.3	2.1	571.8	571.8	285.9	122.7	163.2	343.4	169.7	90.0	1029
18	90.0	1.6	0.7	41.9	0.2	76.2	3.1	325.7	325.7	162.8	69.9	93.0	290.4	96.6	51.2	783.7
19	105.0	1.8	0.6	55.4	0.1	86.7	9.8	79.5	79.5	39.8	17.1	22.7	221.7	23.6	12.5	484
20	108.0	1.9	0.5	58.1	0.0	88.7	22.7	31.8	31.8	15.9	6.8	9.1	206.4	9.4	5.0	488.7
21	135.0	2.4	0.1	81.7	-0.3	104.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.1	94.2	-0.4	111.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.3	106.0	-0.4	115.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.4	116.7	-0.5	117.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 18. მასის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos( $\theta_z$ )	( $\theta^\circ_z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.6	123.5	-0.4	113.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.6	129.3	-0.3	109.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-0.7	131.3	-0.2	102.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.6	129.0	-0.1	94.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-112.8	-2.0	-0.6	126.5	0.0	90.0	-7.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.217
6	-90.0	-1.6	-0.4	114.3	0.3	74.6	-1.6	362.2	362.2	195.6	76.6	119.0	0.0	105.9	61.5	321.8
7	-75.0	-1.3	-0.2	103.8	0.4	63.8	-0.5	603.9	603.9	326.1	127.7	198.4	0.0	176.7	102.6	521.33
8	-60.0	-1.0	0.0	92.1	0.6	52.6	-0.1	829.2	829.2	447.7	175.4	272.4	0.0	242.6	140.9	696.06
9	-45.0	-0.8	0.2	79.8	0.7	41.6	0.2	1022.6	1022.6	552.2	216.3	335.9	79.8	299.1	173.8	957.1
10	-30.0	-0.5	0.4	66.9	0.9	31.0	0.5	1171.0	1171.0	632.3	247.7	384.7	176.0	342.6	199.0	1184
11	-15.0	-0.3	0.6	53.7	0.9	22.3	0.6	1264.3	1264.3	682.7	267.4	415.3	265.5	369.8	214.8	1347
12	0.0	0.0	0.8	40.4	0.9	18.5	0.8	1296.1	1296.1	699.9	274.2	425.8	342.0	379.2	220.2	1450
13	15.0	0.3	0.9	26.9	0.9	22.3	1.0	1264.3	1264.3	682.7	267.4	415.3	400.5	369.8	214.8	1496
14	30.0	0.5	1.0	13.3	0.9	31.0	1.1	1171.0	1171.0	632.3	247.7	384.7	436.8	342.6	199.0	1489
15	45.0	0.8	1.0	2.0	0.7	41.6	1.3	1022.6	1022.6	552.2	216.3	335.9	448.6	299.1	173.8	1428
16	60.0	1.0	1.0	14.3	0.6	52.6	1.6	829.2	829.2	447.7	175.4	272.4	435.0	242.6	140.9	1310
17	75.0	1.3	0.9	27.8	0.4	63.8	2.0	603.9	603.9	326.1	127.7	198.4	397.0	176.7	102.6	1130
18	90.0	1.6	0.8	41.3	0.3	74.6	2.8	362.2	362.2	195.6	76.6	119.0	337.1	105.9	61.5	885.8
19	105.0	1.8	0.6	54.7	0.1	84.9	6.6	120.4	120.4	65.0	25.5	39.6	259.4	35.2	20.5	582.7
20	112.7	2.0	0.5	61.4	0.0	89.9	262.4	2.5	2.5	1.3	0.5	0.8	214.6	0.7	0.4	409.6
21	135.0	2.4	0.2	80.7	-0.2	102.6	-0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.1	93.0	-0.3	109.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.3	104.6	-0.4	113.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.4	115.0	-0.4	114.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 19. ივნისის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos( $\theta_z$ )	( $\theta^\circ_z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.6	126.7	-0.5	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.7	132.9	-0.4	112.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-0.7	135.0	-0.3	105.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.7	132.6	-0.1	97.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-108.6	-1.9	-0.6	128.0	0.0	90.0	-0.8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.127
6	-90.0	-1.6	-0.5	116.9	0.2	77.1	-2.0	306.0	306.0	159.1	65.3	93.8	0.0	90.3	50.1	271.5
7	-75.0	-1.3	-0.3	106.0	0.4	66.1	-0.7	554.1	554.1	288.1	118.2	170.0	0.0	163.5	90.7	477.54
8	-60.0	-1.0	-0.1	94.0	0.6	54.9	-0.1	785.4	785.4	408.4	167.5	240.9	0.0	231.7	128.5	657.97
9	-45.0	-0.8	0.2	81.3	0.7	43.9	0.2	983.9	983.9	511.6	209.9	301.8	63.5	290.2	161.0	901.1
10	-30.0	-0.5	0.4	68.2	0.8	33.7	0.4	1136.3	1136.3	590.9	242.4	348.5	155.8	335.2	185.9	1131
11	-15.0	-0.3	0.6	54.8	0.9	25.6	0.6	1232.1	1232.1	640.7	262.8	377.9	241.5	363.4	201.6	1296
12	0.0	0.0	0.8	41.3	0.9	22.3	0.8	1264.8	1264.8	657.7	269.8	387.9	314.9	373.1	206.9	1398
13	15.0	0.3	0.9	27.8	0.9	25.6	1.0	1232.1	1232.1	640.7	262.8	377.9	370.9	363.4	201.6	1444
14	30.0	0.5	1.0	14.5	0.8	33.7	1.2	1136.3	1136.3	590.9	242.4	348.5	405.7	335.2	185.9	1434
15	45.0	0.8	1.0	5.8	0.7	43.9	1.4	983.9	983.9	511.6	209.9	301.8	417.0	290.2	161.0	1368
16	60.0	1.0	1.0	15.4	0.6	54.9	1.7	785.4	785.4	408.4	167.5	240.9	404.0	231.7	128.5	1244
17	75.0	1.3	0.9	28.7	0.4	66.1	2.2	554.1	554.1	288.1	118.2	170.0	367.5	163.5	90.7	1055
18	90.0	1.6	0.7	42.3	0.2	77.1	3.3	306.0	306.0	159.1	65.3	93.8	310.1	90.3	50.1	802.8
19	105.0	1.8	0.6	55.8	0.0	87.6	13.3	57.8	57.8	30.1	12.3	17.7	235.7	17.1	9.5	491.7
20	106.5	1.9	0.5	57.1	0.0	88.6	22.0	33.6	33.6	17.5	7.2	10.3	227.5	9.9	5.5	457.9
21	135.0	2.4	0.1	82.2	-0.3	105.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.1	94.8	-0.4	112.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.3	106.8	-0.5	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.5	117.6	-0.5	118.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 20. ივლისის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos ( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos ( $\theta z$ )	( $\theta^\circ z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.7	134.2	-0.6	126.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.8	141.6	-0.5	121.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-0.8	144.3	-0.4	113.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.8	141.2	-0.2	104.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.7	133.6	-0.1	94.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-99.4	-1.7	-0.6	129.9	0.0	90.0	-3.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.155
7	-75.0	-1.3	-0.4	111.1	0.3	72.0	-1.2	422.9	422.9	215.7	90.5	125.2	0.0	125.2	67.9	368.54
8	-60.0	-1.0	-0.1	98.4	0.5	60.9	-0.3	664.5	664.5	338.9	142.2	196.7	0.0	196.7	106.6	562.58
9	-45.0	-0.8	0.1	85.1	0.6	50.4	0.1	872.0	872.0	444.7	186.6	258.1	34.4	258.1	139.9	774.5
10	-30.0	-0.5	0.3	71.6	0.8	41.0	0.4	1031.2	1031.2	525.9	220.7	305.2	127.5	305.2	165.5	1022
11	-15.0	-0.3	0.5	58.1	0.8	34.2	0.6	1131.2	1131.2	576.9	242.1	334.9	213.9	334.8	181.5	1201
12	0.0	0.0	0.7	44.7	0.9	31.5	0.8	1165.4	1165.4	594.3	249.4	345.0	287.9	344.9	187.0	1311
13	15.0	0.3	0.9	31.7	0.8	34.2	1.0	1131.2	1131.2	576.9	242.1	334.9	344.4	334.8	181.5	1360
14	30.0	0.5	0.9	20.3	0.8	41.0	1.2	1031.2	1031.2	525.9	220.7	305.2	379.5	305.2	165.5	1347
15	45.0	0.8	1.0	15.0	0.6	50.4	1.5	872.0	872.0	444.7	186.6	258.1	390.9	258.1	139.9	1274
16	60.0	1.0	0.9	21.0	0.5	60.9	1.9	664.5	664.5	338.9	142.2	196.7	377.7	196.7	106.6	1136
17	75.0	1.3	0.8	32.6	0.3	72.0	2.7	422.9	422.9	215.7	90.5	125.2	341.0	125.2	67.9	929.7
18	90.0	1.6	0.7	45.6	0.1	83.1	5.8	163.6	163.6	83.4	35.0	48.4	283.1	48.4	26.3	654
19	99.2	1.7	0.6	53.8	0.0	89.8	187.3	4.3	4.3	2.2	0.9	1.3	239.1	1.3	0.7	454.5
20	120.0	2.1	0.3	72.6	-0.2	104.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	0.1	86.1	-0.4	113.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.2	99.3	-0.5	121.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.4	112.0	-0.6	126.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.6	123.9	-0.6	127.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 21. აგვისტოს თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos ( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos ( $\theta_z$ )	( $\theta^\circ_z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.8	143.1	-0.7	137.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.9	152.7	-0.7	131.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-0.9	156.5	-0.5	123.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.9	152.1	-0.4	113.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.8	142.3	-0.2	102.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-90.0	-1.6	-0.6	130.3	0.0	91.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	-88.4	-1.5	-0.6	128.9	0.0	90.0	-8.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.13
8	-75.0	-1.3	-0.5	117.2	0.2	80.1	-2.7	234.6	234.6	119.6	50.2	69.4	0.0	69.4	37.6	209
9	-60.0	-1.0	-0.2	103.8	0.4	69.4	-0.7	480.2	480.2	244.9	102.7	142.1	0.0	142.1	77.1	415.6
10	-45.0	-0.8	0.0	90.3	0.5	59.7	0.0	691.0	691.0	352.4	147.9	204.5	0.0	204.5	110.9	583.1
11	-30.0	-0.5	0.2	76.8	0.6	51.4	0.4	852.8	852.8	434.9	182.5	252.4	92.5	252.4	136.9	851.1
12	-15.0	-0.3	0.4	63.6	0.7	45.7	0.6	954.5	954.5	486.8	204.3	282.5	180.3	282.5	153.2	1047
13	0.0	0.0	0.6	50.9	0.7	43.7	0.9	989.2	989.2	504.5	211.7	292.8	255.5	292.8	158.7	1170
14	15.0	0.3	0.8	39.4	0.7	45.7	1.1	954.5	954.5	486.8	204.3	282.5	312.9	282.5	153.2	1224
15	30.0	0.5	0.9	30.6	0.6	51.4	1.4	852.8	852.8	434.9	182.5	252.4	348.6	252.4	136.9	1210
16	45.0	0.8	0.9	27.2	0.5	59.7	1.8	691.0	691.0	352.4	147.9	204.5	360.2	204.5	110.9	1129
17	60.0	1.0	0.9	31.0	0.4	69.4	2.4	480.2	480.2	244.9	102.7	142.1	346.9	142.1	77.1	976.4
18	88.2	1.5	0.6	50.3	0.0	89.9	284.1	3.1	3.1	1.6	0.7	0.9	258.7	0.9	0.5	488.1
19	105.0	1.8	0.4	64.5	-0.2	102.3	-2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	120.0	2.1	0.2	77.8	-0.4	113.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	0.0	91.3	-0.5	123.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.3	104.8	-0.7	131.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.5	118.2	-0.7	137.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.7	131.2	-0.8	140.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 22. სექტემბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos ( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos ( $\theta_z$ )	( $\theta^z$ )	Rb	( $G_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_0$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.9	149.7	-0.9	148.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-0.9	161.7	-0.8	141.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-1.0	167.8	-0.7	131.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-0.9	160.9	-0.5	120.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.9	148.8	-0.3	109.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-90.0	-1.6	-0.7	135.5	-0.2	98.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	-77.9	-1.4	-0.6	124.7	0.0	90.0	-2.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.28
8	-60.0	-1.0	-0.3	108.5	0.2	77.8	-1.5	288.7	288.7	144.3	61.9	82.4	0.0	85.7	45.4	254.2
9	-45.0	-0.8	-0.1	95.1	0.4	68.8	-0.2	494.0	494.0	247.0	106.0	141.0	0.0	146.6	77.7	424.9
10	-30.0	-0.5	0.1	82.0	0.5	61.5	0.3	651.6	651.6	325.8	139.8	186.0	54.1	193.4	102.5	641.1
11	-15.0	-0.3	0.4	69.5	0.5	56.7	0.6	750.7	750.7	375.3	161.1	214.3	136.6	222.8	118.1	844.6
12	0.0	0.0	0.5	57.9	0.6	55.0	0.9	784.5	784.5	392.2	168.3	223.9	207.2	232.8	123.4	1039
13	15.0	0.3	0.7	48.0	0.5	56.7	1.2	750.7	750.7	375.3	161.1	214.3	261.1	222.8	118.1	1028
14	30.0	0.5	0.8	41.0	0.5	61.5	1.6	651.6	651.6	325.8	139.8	186.0	294.7	193.4	102.5	1012
15	45.0	0.8	0.8	38.5	0.4	68.8	2.2	494.0	494.0	247.0	106.0	141.0	305.5	146.6	77.7	923.5
16	60.0	1.0	0.8	41.3	0.2	77.8	3.6	288.7	288.7	144.3	61.9	82.4	293.0	85.7	45.4	761.3
17	75.0	1.3	0.7	48.6	0.0	87.9	18.2	49.5	49.5	24.8	10.6	14.1	257.9	14.7	7.8	523.3
18	77.7	1.4	0.6	50.3	0.0	89.8	212.3	4.1	4.1	2.1	0.9	1.2	249.3	1.2	0.6	472.4
19	105.0	1.8	0.3	70.4	-0.3	109.8	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	120.0	2.1	0.1	83.0	-0.5	120.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	-0.1	96.1	-0.7	131.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.3	109.4	-0.8	141.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.5	123.0	-0.9	148.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.7	136.5	-0.9	151.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 23. ოქტომბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები

დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos ( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos ( $\theta_z$ )	( $\theta^\circ_z$ )	Rb	( $G_o$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_o$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.9	152.7	-0.9	155.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-1.0	166.1	-0.8	147.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-1.0	175.8	-0.7	137.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-1.0	165.1	-0.6	126.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.9	151.7	-0.4	114.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-90.0	-1.6	-0.7	138.2	-0.2	104.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	-75.0	-1.3	-0.6	124.7	-0.1	93.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	-69.7	-1.2	-0.5	119.9	0.0	90.0	-6.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.29
9	-45.0	-0.8	-0.1	98.4	0.2	75.5	-0.6	341.5	341.5	167.3	73.4	93.9	0.0	101.5	52.7	297.4
10	-30.0	-0.5	0.1	85.9	0.4	68.9	0.2	492.3	492.3	241.2	105.9	135.4	26.7	146.4	75.9	468.5
11	-15.0	-0.3	0.3	74.1	0.4	64.6	0.6	587.1	587.1	287.7	126.2	161.4	102.8	174.6	90.5	670.6
12	0.0	0.0	0.4	63.5	0.5	63.0	1.0	619.4	619.4	303.5	133.2	170.3	167.9	184.2	95.5	798.3
13	15.0	0.3	0.6	54.6	0.4	64.6	1.3	587.1	587.1	287.7	126.2	161.4	217.6	174.6	90.5	852.6
14	30.0	0.5	0.7	48.6	0.4	68.9	1.8	492.3	492.3	241.2	105.9	135.4	248.5	146.4	75.9	834.3
15	45.0	0.8	0.7	46.5	0.2	75.5	2.8	341.5	341.5	167.3	73.4	93.9	258.5	101.5	52.7	743.2
16	60.0	1.0	0.7	48.9	0.1	83.9	6.2	145.0	145.0	71.0	31.2	39.9	247.0	43.1	22.3	578.1
17	69.7	1.2	0.6	52.6	0.0	90.0	9456.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	228.4	0.0	0.0	432.1
18	90.0	1.6	0.4	64.2	-0.2	104.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	105.0	1.8	0.3	74.9	-0.4	114.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	120.0	2.1	0.1	86.8	-0.6	126.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	-0.2	99.4	-0.7	137.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.4	112.4	-0.8	147.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.6	125.7	-0.9	155.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.8	139.1	-0.9	159.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 24. ნოემბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები



დრო	( $\omega^\circ$ )	$\omega(\text{rad})$	Cos ( $\theta$ )	( $\theta^\circ$ )	Cos ( $\theta_z$ )	( $\theta_z^\circ$ )	Rb	( $G_o$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	( $H_o$ ) ვტ/მ <sup>2</sup>	H(ave) ვტ/მ <sup>2</sup>	Hd ვტ/მ <sup>2</sup>	Hb ვტ/მ <sup>2</sup>	პირ.სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	გაფანტული სხივი ვტ/მ <sup>2</sup>	მიწის არეკლილი ვტ/მ <sup>2</sup>	Ht ვტ/მ <sup>2</sup>
1	-165.0	-2.9	-0.9	153.1	-0.9	157.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-150.0	-2.6	-1.0	166.7	-0.9	149.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-135.0	-2.4	-1.0	178.0	-0.7	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-120.0	-2.1	-1.0	165.7	-0.6	127.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	-105.0	-1.8	-0.9	152.2	-0.4	116.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-90.0	-1.6	-0.8	138.7	-0.3	105.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	-75.0	-1.3	-0.6	125.3	-0.1	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	-67.2	-1.2	-0.5	118.4	0.0	90.0	-6.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2
9	-45.0	-0.8	-0.2	99.3	0.2	77.4	-0.7	298.5	298.5	143.3	64.3	79.0	0.0	88.9	45.1	259.8
10	-30.0	-0.5	0.1	87.0	0.3	70.9	0.2	447.0	447.0	214.6	96.3	118.3	18.9	133.1	67.5	416.3
11	-15.0	-0.3	0.3	75.4	0.4	66.7	0.6	540.3	540.3	259.3	116.4	143.0	91.0	160.9	81.6	613.6
12	0.0	0.0	0.4	65.0	0.4	65.2	1.0	572.1	572.1	274.6	123.2	151.4	152.7	170.4	86.4	738.1
13	15.0	0.3	0.6	56.5	0.4	66.7	1.4	540.3	540.3	259.3	116.4	143.0	199.7	160.9	81.6	790
14	30.0	0.5	0.6	50.7	0.3	70.9	1.9	447.0	447.0	214.6	96.3	118.3	229.0	133.1	67.5	770.2
15	45.0	0.8	0.7	48.7	0.2	77.4	3.0	298.5	298.5	143.3	64.3	79.0	238.5	88.9	45.1	678.3
16	60.0	1.0	0.6	51.0	0.1	85.6	8.2	105.1	105.1	50.4	22.6	27.8	227.6	31.3	15.9	513.5
17	67.0	1.2	0.6	53.4	0.0	89.9	240.7	3.4	3.4	1.6	0.7	0.9	215.7	1.0	0.5	412.1
18	90.0	1.6	0.4	65.7	-0.3	105.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	105.0	1.8	0.2	76.2	-0.4	116.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	120.0	2.1	0.0	87.9	-0.6	127.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	135.0	2.4	-0.2	100.2	-0.7	138.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	150.0	2.6	-0.4	113.1	-0.9	149.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	165.0	2.9	-0.6	126.3	-0.9	157.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	180.0	3.1	-0.8	139.6	-0.9	161.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ცხრილი 25. დეკემბრის თვის მზის რადიაციის შედეგები

„Microsoft Excel“-ის კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულებული მათემატიკური მოდელის შედეგები წლის ყოველი თვის საანგარიშო დღისთვის დაჯამდა და ნასას ზედაპირის მეტეოროლოგიისა და მზის ენერჯის საიტიდან აღებულ ჯამურ მონაცემებს შედარდა, იხ. ცხრ. 26 [29]:

#	თვე	მათემატიკური მოდელი	ნასას ვებ-გვერდი	ცდომილება
		ვტ/სთ/მ2/დღე	ვტ/სთ/მ2/დღე	(%)
1	იან	3564.4	3310.2	1.39%
2	თებ	4983.5	4622.2	2.89%
3	მარ	6421.9	5865.7	5.97%
4	აპრ	7580.1	7140.9	3.45%
5	მაი	8938.8	8501.7	2.63%
6	ივნ	9507.2	9150.5	2.74%
7	ივლ	8720.3	8916.5	-1.19%
8	აგვ	7190.5	7599.8	-2.14%
9	სექ	5334.6	5102.2	5.22%
10	ოქტ	4524.4	4343.8	4.26%
11	ნოე	3425.8	3091.1	3.02%
12	დეკ	2933.1	2854.4	1.85%

**ცხრილი 26. ნასას მონაცემების და მათემატიკური მოდელის შედარება**

შედარებამ აჩვენა, რომ მათემატიკური მოდელის შედეგები და ნასას ოფიციალური მონაცემები ერთმანეთისგან მცირედით განსხვავდება, რაც ცალსახად მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ მათემატიკური მოდელის პრინციპები სწორია და მათი მზის ელექტროსადგურის დეტალური პროექტირების საწყის ეტაპებზე გამოყენება მიზანშეწონილია. ცდომილების მიზეზი შემდეგი ფაქტორით შეიძლება იყოს განპირობებული: აზიმუტის კუთხის სიდიდე მზის სხივის პირდაპირი რადიაციის სიდიდის ანგარიშზე დიდ გავლენას ახდენს (1). ნასას ოფიციალური მონაცემები აზიმუტის კუთხის მხოლოდ ეკვადორისკენ მიმართული ( $-90^\circ$ ) მნიშვნელობისთვის არის გაანგარიშებული, როცა PVsyst“-ის კომპიუტერული პროგრამის

გამოყენებით ამ კონკრეტულ პროექტზე მორგებული ზედაპირის აზიმუტის კუთხის ყველაზე ოპტიმალური სიდიდე (-100°) დადგინდა და მკვლევარმა მათემატიკური მოდელის გამოთვლების დროს ეს სიდიდე გამოიყენა.

### 3.8 საპროექტო მზის ელექტროსადგურის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის განსაზღვრა

წინამდებარე თავში ქ. თელავში შერჩეულ იქნა ადგილი, სადაც საპროექტო მზის ელექტროსადგური უნდა განლაგდეს. ამ ადგილის საკოორდინატო მონაცემები იხ. ცხრ. 13 -ში. ამის შემდეგ, ამ ტერიტორიაზე მზის რადიაციის ერთ მ<sup>2</sup>-ზე საათობრივი (24 საათიანი) დღიური საშუალო მაჩვენებლები ( $H_T$ ) დადგინდა (იხ. ცხრ. 14). გამომდინარე იქიდან, რომ მზის პანელის მუშაობის ეფექტიანობის კოეფიციენტზე გარემო ტემპერატურა დიდ გავლენას ახდენს, ზემოთ აღნიშნული ორი მაჩვენებლის განსაზღვრის შემდეგ, ამ ტერიტორიაზე გარემო ტემპერატურის დადგენა არის აუცილებელი, რათა საპროექტო მზის ელექტროსადგურის დღიური და სეზონური მუშაობა სწორად განისაზღვროს. ტემპერატურის ზუსტად გარკვევის მიზნით, მზის, ქარის და ნალექების მეტეოროლოგიური სადგური „meteoblue“-ს ონლაინ პლატფორმა იქნა გამოყენებული [30]. ამ მეტეოროლოგიური სადგურის მიერ ბოლო 30 წლის განმავლობაში შეგროვილ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, ქ. თელავში საპროექტო მზის ელექტრო სადგურის ტერიტორიაზე საშუალო გარემო ტემპერატურა (მზეზე) იქნება ისეთი, როგორც წარმოდგენილია ცხრილ 27-ში.

გარემო ტემპერატურის დადგენის შემდეგ, საპროექტო მზის ელექტროსადგურის ელექტრული მოწყობილობები უნდა შეირჩეს. საპროექტო მზის ელექტროსადგურის ელექტრული ქსელი ჰესი-სთან შედარებით უფრო მარტივია და ძირითადად შემდეგი კომპონენტებისგან შედგება: 1) მზის პანელები, რომლებიც მზის სხივის ენერჯიას მუდმივ დენად გარდაქმნიან. 2) ცვლადი და მუდმივი დენის შემაერთებელი

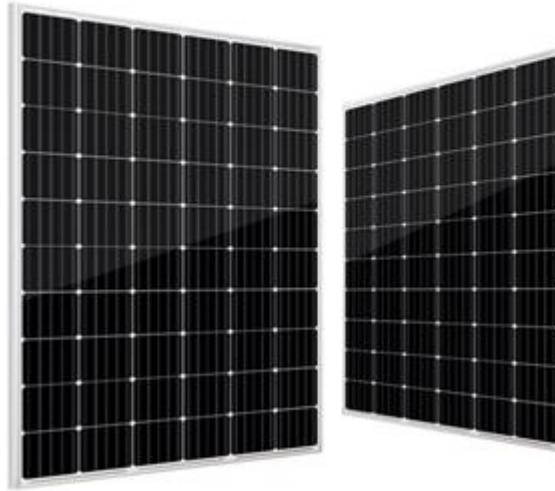
კაბელები, რომლებიც ცვლადი და მუდმივი დენის ელექტრულ მოწყობილობებს ერთმანეთთან აკავშირებს. 3) ინვერტორები, რომლებიც მზის პანელების მიერ გამომუშავებულ მუდმივ დენს 0.4 ან 0.8 კვ ძაბვის ცვლად დენად გარდაქმნიან. 4) ძალოვანი ტრანსფორმატორები, რომლებიც ინვერტორიდან გამომავალ 0.4 ან 0.8 კვ ცვლად დენს შესაბამისი საფეხურის მაღალ ძაბვად გარდაქმნიან.

საათი	იან	თებ	მარტ	აპრ	მაი	ივნ	ივლ	აგვ	სექ	ოქტ	ნოე	დეკ
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1	1.5	3.3	4.8	6.9	9.4	12.6	15.03	20.08	14.58	8.08	4.43	1.43
2	2.2	4	6.7	8.8	11.4	14.6	17.03	22.07	16.57	10.07	6.42	3.42
3	3.6	5.4	8.1	10.2	12.7	15.9	18.33	22.38	16.88	10.38	6.73	3.73
4	4.8	6.6	9.3	11.4	13.9	17.1	19.53	22.58	17.08	10.58	6.94	3.94
5	5.1	6.9	9.6	11.7	14.2	17.4	18.84	21.89	16.38	9.88	6.21	3.21
6	6.09	7.89	10.59	12.89	15.39	18.59	21.02	24.57	19.07	12.57	8.92	5.92
7	7.91	9.71	12.41	14.51	17.01	20.21	22.64	25.69	20.19	13.69	10.04	7.04
8	7.14	8.94	11.64	13.74	16.24	19.44	31.87	34.92	29.42	22.92	9.27	6.27
9	6.76	8.56	11.26	15.36	17.89	21.09	34.52	38.57	34.07	27.57	11.92	8.92
10	7.04	8.84	11.54	15.64	18.14	21.34	35.42	39.47	35.97	28.97	13.32	10.32
11	8.41	10.21	12.91	17.01	19.51	22.71	37.6	40.65	38.15	31.15	15.5	12.5
12	9.91	11.71	14.41	18.51	21.01	34.21	38.64	45.69	40.19	33.19	17.54	14.54
13	8.93	10.73	13.43	27.53	30.03	33.23	47.66	54.71	49.21	32.21	16.56	13.56
14	8.45	10.25	12.95	27.05	29.55	32.75	52.18	54.23	48.73	31.73	16.08	13.08
15	6.75	8.55	11.25	25.35	27.85	31.05	50.48	52.53	47.03	30.03	14.38	11.78
16	6.37	8.17	10.87	24.97	27.47	30.67	45.1	52.15	46.65	29.65	14	11
17	5.09	6.89	9.59	23.69	26.19	29.39	43.82	50.87	45.37	28.37	12.72	9.72
18	4.15	5.95	8.67	20.77	23.27	26.47	30.9	37.95	32.45	25.45	9.8	6.8
19	3.92	5.72	8.42	10.52	13.02	16.22	30.65	37.7	32.2	25.2	9.55	6.55
20	3.94	5.74	8.44	10.54	13.04	16.24	20.67	27.72	22.18	15.18	9.53	6.53
21	3.76	5.56	8.26	10.36	12.86	16.06	20.49	27.54	22.04	15.03	9.38	6.38
22	3.56	5.36	8.06	10.16	12.66	15.86	19.88	26.92	21.42	14.42	8.77	5.77
23	2	3.8	6.5	8.6	11.1	14.3	18.73	23.78	18.28	11.28	5.63	2.65
24	2	3.8	5.9	8.15	10.65	13.85	18.28	21.76	16.26	9.36	3.71	0.71
სა	5.39	7.19	9.82	12.68	15.19	25.39	32.05	37.60	32.10	20.29	10.31	7.32

ცხრილი 27. საპროექტო მზის ელექტროსადგურის საშუალო გარემო ტემპერატურა (მზებზე)

კვლევამ აჩვენა, რომ ფართო ინდუსტრიაში ძირითადად სამი ტიპის მზის პანელი გამოიყენება: არაკრისტალური, ნახევრად კრისტალური და კრისტალური [31]. ამ ტიპის პანელებს სპეციფიკური ტექნიკური მახასიათებლები გააჩნიათ და თითოეული მათგანი კონკრეტულ კლიმატურ პირობებში დასამონტაჟებლად გამოიყენება. არაკრისტალური მზის პანელების ეფექტურობის დაბალი მაჩვენებლიდან გამომდინარე (5%), მათი ამ პროექტისთვის განხილვა მიზანშეწონილად არ ჩაითვალა. ყველაზე მაღალი ეფექტიანობის პროცენტული მაჩვენებელი კრისტალური ტიპის მზის პანელებს გააჩნიათ და რიგ შემთხვევებში 22%-მდე აღწევს. ამ მზის პანელის მთავარ უარყოფით თვისებას ყველაზე მაღალი ფასი და პანელების უჯრედების გაცხელების დროს ეფექტურობის პროცენტული მაჩვენებლის შემცირება წამოადგენს, რაც ნიშნავს იმას, რომ მათი ეფექტიანობის მუშაობის პროცენტული მაჩვენებელი დღის საათების ყველაზე მაღალი რადიაციის პერიოდში შემცირებული იქნება. ამის სანაცვლოდ, კრისტალური მზის პანელები დღის პირველ ნახევარში და საღამოს საათებში მაღალი ეფექტურობით გამოირჩევიან. ნახევრად კრისტალური მზის პანელის ეფექტიანობის პროცენტული მაჩვენებელი 18%-ს აღწევს. მათ მთავარ დადებით მხარეს შედარებით დაბალი ფასი და გაცხელების დროს ეფექტიანობის პროცენტული მაჩვენებლის მდგრადობა წარმოადგენს. კრისტალურმა მზის პანელებმა ფართო ინდუსტრიაში მეტი დაინტერესება მოიპოვა, რადგან ისინი მაღალი სიმძლავრის კოეფიციენტით გამოირჩევიან, რაც მიუხედავად გაცხელების დროს ეფექტურობის კოეფიციენტის დაწვევისა, დღიურ ჭრილში ნახევრად კრისტალური პანელებთან შედარებით უფრო მეტ ელექტროენერგიას გამოიმუშავებენ. ამასთანავე, თანაბარი სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურების შემთხვევაში, კრისტალური პანელებით აწყობილ სადგურს ნახევრად კრისტალურისგან განსხვავებით შედარებით ნაკლები მიწის ფართობი სჭირდება.

შეირჩა მსოფლიოში ერთ-ერთი დიდი ჩინური კომპანიის “JA Solar”-ის კრისტალური მზის პანელი, იხ. ნახ. 7 [32]:



**ნახაზი 7. JA solar-ის მიერ წარმოებული მზის კრისტალური პანელი**

“JA Solar”-ის მზის პანელის საპასპორტო მონაცემები იხ. დან. 5-ში. მზის პანელის შერჩევის შემდეგ ინვერტორი უნდა შეირჩეს, რათა მზის პანელების მიერ გამოიმუშავებული მუდმი დენი ცვლად დენად გარდაიქმნას და სამალბებელ ძალოვან ტრანსფორმატორს მიეწოდოს. კვლევამ აჩვენა, რომ საქართველოში და განვითარებულ ქვეყნებში, ყველაზე ფართო გამოყენება “HUAWEI”-ის წარმოებულმა ტექნოლოგიებმა მოიპოვა. კლიენტების მაღალი შეფასების, შეღავათიანი ფასის და მარგი ქმედების კოეფიციენტის მაღალი მაჩვენებლის გამო (98.69%) თელავის მზის ელექტროსადგურისთვის ამ მწარმოებლის ინვერტორი შეირჩა, რომლის სრული საპასპორტო მონაცემები იხ. დან. 6-ში.

მზის ელექტროსადგურის დაპროექტირების დროს ინვერტორების რაოდენობა მზის პანელების ნომინალური სიმძლავრით განისაზღვრება. კონკრეტულად: შერჩეული მზის პანელები უკავშირდებიან ერთმანეთს, რის დროსაც მათი გამომავალი სიმძლავრეები იკრიბება და ინვერტორში შედის. ერთ ინვერტორზე მიერთებული მზის პანელების ნომინალური სიმძლავრეების ჯამი ინვერტორის ნომინალურ სიმძლავრეზე მეტი არ უნდა იყოს. ამით ერთ ინვერტორზე მიერთებული მზის პანელების რაოდენობა დგინდება, რის შემდეგაც საპროექტო მზის ელექტროსადგურის

პანელების საერთო რაოდენობისა და ერთ ინვერტორზე მიერთებული მზის პანელების მაქსიმალური რაოდენობის თანაფარდობით მზის ელექტროსადგურისთვის ინვერტორების საერთო რაოდენობა განისაზღვრება.

ინვერტორის შერჩევის შემდეგ, 4 ცალი 0.8/10კვ და ერთი 10/35კვ ძაბვის ცვლადი დენის სამაღლებელი სამფაზა ორგრაგნილა ძალოვანი ტრანსფორმატორები უნდა შეირჩეს, რათა ინვერტორებიდან გამომავალი 0.8 კვ ძაბვის სასურველ ძაბვამდე ამაღლება მოხდეს. 0.8/10კვ ძაბვის ცვლადი დენის სამაღლებელი სამფაზა ორგრაგნილა ძალოვანი ტრანსფორმატორების შერჩევის დროს, ცალი ძალოვანი ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრე მასზე მიერთებული მზის პანელების ნომინალური სიმძლავრეზე მეტი უნდა იყოს, ხოლო 10/35კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორის სიმძლავრე მზის ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრეზე მეტი უნდა იყოს. აგრეთვე, ამ ძალოვანი ტრანსფორმატორის შერჩევის დროს, ჰესის 10/35 კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორის და გადამცემი კაბელის მეორე მხარეს არსებული ქ/ს „კურდღელაური“-ს 35 კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორის შეერთების ჯგუფებიც უნდა იქნას მხედველობაში მიღებული. კვლევამ აჩვენა, რომ საქართველოში ფასის, გამძლეობის და მარგი ქმედების კოეფიციენტის მაღალი მაჩვენებლის მიხედვით, ძირითადად უკრაინული წარმოების სამფაზა ტრანსფორმატორები არის მოხმარებაში (JSC Zaporozhtransformator), მაგრამ უკრაინაში მიმდინარე პროცესების გამო ეს ქარხანა დროებით გაჩერებულია. შესაბამისად, თურქული წარმოების (ELTAS TRANSFORMATOR A.S.) 4 ცალი 3 მვა სიმძლავრის 0.8/10 კვ ძაბვის და 1 ცალი 15 მვა სიმძლავრის 10/35 კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორები შეირჩა, რომელთა ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები იხ. დან. 7-ში.

მზის ელექტროსადგურის მაღალი ძაბვის ელექტრული მოწყობილობების შერჩევის შემდეგ, წლიურ ჭრილში მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის

რაოდენობის დადგენა არის შესაძლებელი. პირველ რიგში ერთი მზის პანელის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა უნდა გამოითვალოს, რისთვისაც დღის საათების განმავლობაში ერთი მზის პანელის ტემპერატურის ცვლილება უნდა განისაზღვროს. ამის შემდეგ, ამ ტემპერატურის ცვლილების გათვალისწინებით მზის პანელების ეფექტურობის ცვლილებაც უნდა დადგინდეს, რის შემდეგაც ერთი მზის პანელის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის განსაზღვრაც იქნება შესაძლებელი. ქვეთავ-2.2-ში განხილული მათემატიკური მოდელის მითოლოგიაზე დაყრდნობით, გამოთვლები „Microsoft Excel“-ის კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა, შედეგები ქვემოთ იხ. ცხრ. 28,29,30-ში:

ძალოვანი ტრანსფორმატორების შემდეგ, შეირჩა 6 ცალი 10 კვ და 2 ცალი 35 კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო უჯრედები. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ამ მოწყობილობების დამონტაჟების შემდეგ მართვის, რელეური დაცვის, ავტომატიზაციის და ელექტროენერჯის აღრიცხვის მეორადი წრედების გაწყობაც იქნება საჭირო.



თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	გრადუსი																							
იან							0.003	5.0	10.6	17.0	24.7	30.0	32.4	31.8	28.2	21.9	16.0							
თებ							0.003	9.4	15.0	31.2	36.5	39.0	38.3	34.7	28.3	19.5	16.5							
მარ						0.002	7.6	14.2	20.3	30.1	37.9	43.1	45.5	44.8	41.1	34.6	25.9	15.4	14.8					
აპრ						0.007	12.4	18.8	26.6	35.9	43.3	48.3	50.5	49.7	46.1	39.9	31.5	21.4	13.8					
მაი			0.013	8.8	15.4	21.6	30.6	39.8	47.0	51.9	54.1	53.5	50.0	44.0	35.8	26.0	15.3	13.1						
ივნ			0.006	9.9	16.6	22.8	32.8	42.6	50.5	55.9	58.5	58.1	54.7	48.6	40.2	30.0	18.7	12.8						
ივლ			0.004	8.3	15.1	21.4	30.6	40.2	47.9	53.1	55.6	55.0	51.6	45.4	36.9	26.7	15.6	14.4						
აგვ					0.005	11.5	18.0	25.7	35.5	43.4	48.7	51.1	50.5	46.8	40.4	31.7	21.2	14.3						
სექ								6.4	13.0	18.7	28.6	36.6	42.0	44.4	43.8	40.1	33.6	15.4						
ოქტ								7.8	13.3	20.8	28.3	33.5	35.7	35.1	31.5	25.2	16.6	14.9						
ნოე								0.009	9.2	14.8	21.8	26.6	28.7	28.0	24.5	18.5	13.6							
დეკ								0.006	8.0	13.0	19.8	24.3	26.3	25.5	22.1	16.3	12.9							

ცხრილი 28. მზის პანელის ტემპერატურის ცვლილება

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
იან							21.0%	20.6%	20.2%	19.8%	19.2%	18.8%	18.7%	18.7%	19.0%	19.4%	19.8%							
თებ							21.0%	20.3%	19.9%	18.8%	18.4%	18.2%	18.3%	18.5%	19.0%	19.6%	19.8%	21.0%						
მარ						21.0%	20.4%	20.0%	19.5%	18.8%	18.3%	17.9%	17.8%	17.8%	18.1%	18.5%	19.1%	19.9%	20.9%					
აპრ						21.0%	20.1%	19.6%	19.1%	18.4%	17.9%	17.6%	17.4%	17.5%	17.7%	18.2%	18.7%	19.5%	19.0%					
მაი			21.0%	20.3	19.9%	19.4%	18.8%	18.2%	17.6%	17.3%	17.2%	17.2%	17.4%	17.9%	18.4%	19.1%	19.9%	20.0%						
ივნ			21.0%	20.3%	19.8%	19.4%	18.6%	18.0%	17.4%	17.0%	16.8%	16.9%	17.1%	17.5%	18.1%	18.9%	19.6%	20.1%						
ივლ			21.0%	20.4%	19.9%	19.5%	18.8%	18.1%	17.6%	17.2%	17.0%	16.1%	17.3%	17.8%	18.4%	19.1%	19.9%	19.9%						
აგვ				21.0%	20.2%	19.7%	19.2%	18.5%	17.9%	17.5%	17.4%	16.4%	17.7%	18.1%	18.7%	19.5%	19.0%							
სექ					21.0%	20.5%	20.0%	20.6%	18.9%	18.4%	18.0%	16.8%	17.9%	18.1%	18.6%	19.9%								
ოქტ						21.0%	20.4%	20.0%	20.5%	19.0%	18.6%	18.4%	17.5%	18.7%	19.2%	19.8%	19.9%							
ნოე							21.0%	20.3%	20.9%	19.4%	19.1%	18.9%	18.0%	19.2%	19.7%	20.0%								
დეკ								21.0%	20.4%	20.0%	19.6%	19.2%	19.1%	18.2%	19.4%	19.8%	20.1%							

ცხრილი 29. მზის პანელი ეფექტიანობის ცვლილება

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	ვტ/სთ																							
იან							91.5	188.5	294.6	414.1	489.9	523.0	514.5	464.2	370.7	279.1	101.2							
თებ							144.4	225.4	325.0	423.3	489.9	524.0	524.9	489.9	415.6	290.9	264.4	91.1						
მარ					105.0	190.7	264.9	374.8	454.2	503.5	525.0	518.7	484.6	421.8	328.5	205.0	198.1	33.2						
აპრ					154.8	228.5	312.4	403.4	468.6	509.2	526.0	520.1	491.6	438.9	360.6	257.1	171.2	21.9						
მაი				106.2	181.2	246.9	335.8	416.9	475.3	511.4	527.0	522.5	497.6	451.5	382.7	291.5	180.0	181.8	488.7					
ივნ				113.6	184.0	245.7	337.8	417.9	475.4	511.8	528.0	525.5	504.0	462.4	398.8	312.6	205.7	144.6	409.6					
ივლ				99.5	174.9	241.0	330.1	414.3	474.8	512.1	529.0	525.3	501.2	455.7	386.5	294.1	180.1	167.7	457.9					
აგვ					143.6	219.2	301.8	398.3	468.0	510.9	530.0	524.9	496.5	442.7	362.3	254.9	177.1	13.2						
სექ						94.9	188.6	264.6	386.3	475.2	531.0	555.5	549.2	512.4	443.1	221.5	92.3							
ოქტ						131.6	219.9	331.8	437.1	537.7	532.0	523.7	477.9	394.0	270.8	244.5	66.1							
ნოე							185.9	292.9	419.2	499.1	533.0	521.6	464.6	361.4	270.1	51.5								
დეკ							175.6	281.4	414.8	498.9	534.0	520.6	458.5	347.1	278.6	48.3								

ცხრილი 30. ერთი მზის პანელის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია

ერთი მზის პანელის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის წლიურ ჭრილში დადგენის შემდეგ, საპროექტო მზის ელექტროსადგურის მზის პანელების საერთო რაოდენობა უნდა განისაზღვროს ისე, რომ მზის ელექტროსადგურის და ჰესის მიერ ჯამურად გამომუშავებულმა ელექტროენერჯამ თელავის რაიონის ელექტრომომხარების მოთხოვნა მთელი წლის განმავლობაში დააკმაყოფილოს. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის საათობრივი მოხმარების გრაფიკის (იხ. ცხრ. 6) და საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტრო ენერჯის საათობრივი რაოდენობის (იხ. ცხრ. 11) შედარებამ აჩვენა, რომ საპროექტო ჰესი წელიწადის 6 თვის განმავლობაში თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარებას სრულად აკმაყოფილებს და ჭარბ ელექტროენერჯისაც კი გამოიმუშავებს, ხოლო დანარჩენი 6 თვის განმავლობაში არ ყოფნის, საიდანაც ყველაზე დიდი სხვაობა დეკემბრის თვეში ფიქსირდება. მზის ელექტროსადგურის პანელების რაოდენობა ელექტროენერჯის გამომუშავების ამ ყველაზე დეფიციტური თვის მიხედვით უნდა განისაზღვროს. ცხრ. 30-ში წლიურ ჭრილში ერთი მზის პანელის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა არის განსაზღვრული. „Microsoft Excel“-ის კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულებული ანგარიშების დროს, ამ ერთი მზის პანელის რაოდენობა იმ სასურველ რაოდენობამდე უნდა გაიზარდოს, სანამ მათი ელექტროენერჯის ჯამური გამომუშავება ზემოთ ნახსენები საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული და თელავის რაიონის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის დისბალანსს ყველაზე ოპტიმალურ ნიშნულამდე არ შეამცირებს. ანგარიშების შედეგებზე დაყრდნობით, განისაზღვრა, რომ ელექტროენერჯის გამომუშავება-მოხმარების სასურველი ბალანსის მისაღებად საპროექტო მზის ელექტროსადგურში 63 ცალი ინვერტორი და 21,000 ცალი “JA Solar”-ის 525 კვა სიმძლავრის მზის პანელი უნდა დამონტაჟდეს, რომელთა დადგმული სიმძლავრე 11 მგვტ იქნება.

მზის პანელების საყრდენი კონსტრუქციის მოძრავი და სტაციონალური ტიპები არსებობს. მოძრავი კონსტრუქცია შეიძლება იყოს ისეთი ტიპის, რომელსაც 360° სფერული ტრანექტორიით მოძრაობა შეუძლია, მაგრამ მათი გამოყენება მაღალი სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურებისთვის არ არის მიზანშეწონილი. ამის ძირითადი მიზეზი არის მაღალი ფასი და მიწის დიდი ტერიტორიის საჭიროება. ამიტომ, თელავის საპროექტო მზის ელექტროსადგურისთვის 180° ჰორიზონტალური ტრანექტორიით მოძრავი კონსტრუქციები შეირჩა, რომელ კონსტრუქციებზეც დამონტაჟებული მზის პანელების აზიმუტის კუთხე - 100° იქნება. კვლევამ აჩვენა, რომ მსგავსი მოძრავი კონსტრუქციის საინსტალაციო ფასი უმოდრაო კონსტრუქციის ფასზე ორჯერ მეტია, მაგრამ ამ კონსტრუქციით აწყობილი მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის რაოდენობა წლიურ ჰრილში დაახლოებით 1.5-ჯერ მეტია.

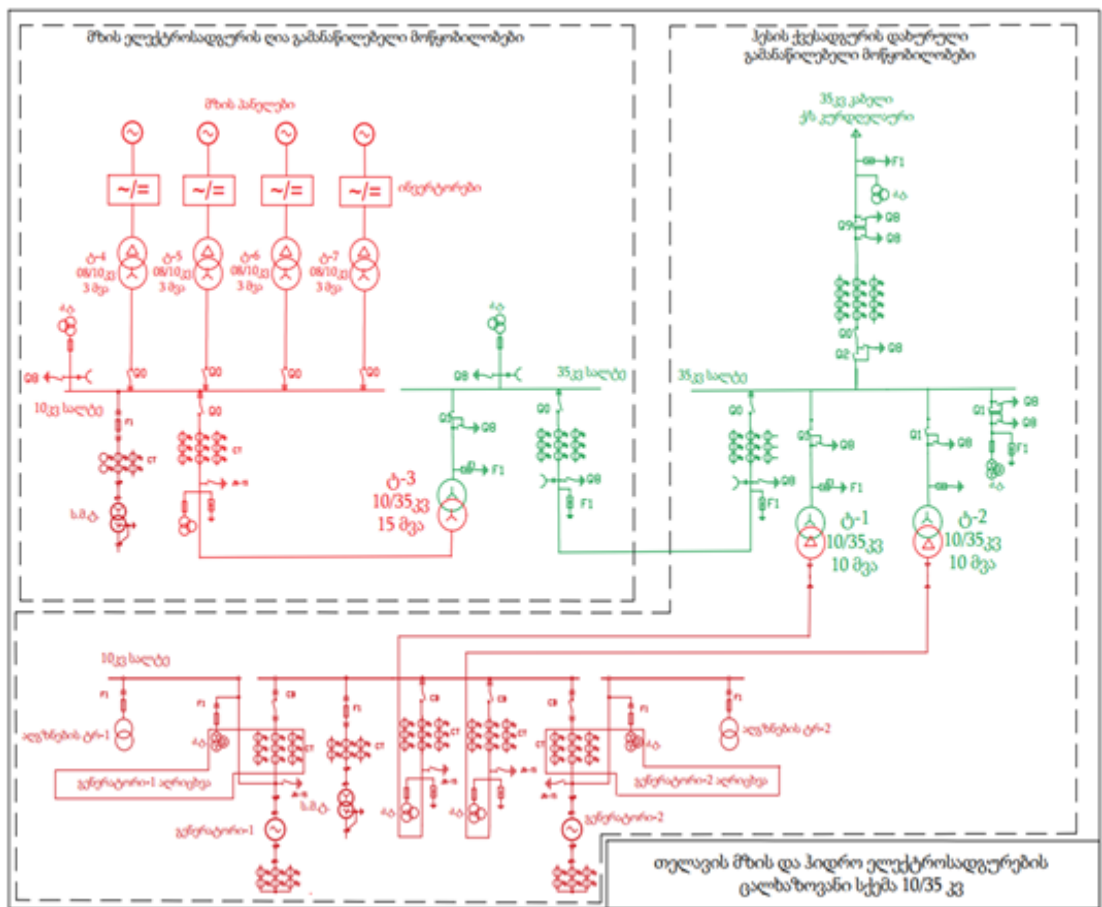
მზის ელექტროსადგურში მზის პანელების და დანარჩენი ელექტრომომწობილობების რაოდენობების და ტიპების დადგენის შემდეგ, ამ ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგიის სიდიდეც განისაზღვრა - 19,115,400 კვტ/სთ, იხ. ცხრ. 31.

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან							0.4	1.3	2.41	2.97	4.12	5.07	4.2	3.9	3.6	2.01	0.44							
თებ						0.41	0.82	1.5	2.78	3.12	4.8	5.9	5.01	4.04	3.78	2.24	0.77							
მარ						0.64	0.98	1.7	3.01	3.98	5.5	6.4	5.8	5.2	4.9	2.74	1.24	0.21						
აპრ						0.7	1.2	2.1	3.7	4.8	6.4	7.2	6.4	6.1	5.14	3.09	1.44	0.33						
მაი		0.45	0.15	1.1	1.8	3.1	4.4	5.21	7.13	8	7.5	6.9	6.41	3.89	1.74	0.54	0.44							
ივნ		0.11	0.36	1.28	2.11	3.25	5.91	6.54	7.45	8.4	8.5	8.3	7.54	5.11	3.1	1.6	0.6							
ივლ		0.11	0.32	1.2	1.9	4.2	6.9	7.3	8.5	9.8	9.9	9.4	8.8	5.3	3.5	1.9	0.8							
აგვ			0.38	1.3	2.2	3.4	6.2	6.7	7.8	8.8	9.1	8.6	7.9	5.6	3.51	1.87	0.72							
სექ			0.228	0.33	1.4	3.5	5	5.7	7.9	8.9	8.5	7.6	7	4.4	2	0.6								
ოქტ			0.078	0.52	1.2	2.01	4.6	5.4	6.6	7.8	7.2	6.3	5.5	4.56	1.9	0.42								
ნოე							0.51	2	4.5	5	6.1	7	6.8	6.2	5.3	3.39	1.74	0.12						
დვკ							0.38	1.4	2.54	3.01	4.26	5.18	4.3	4.01	3.71	2.13	2.13							

ცხრილი 31. საპროექტო მზის ელექტროსაგურის მიერ გამოიმუშავებული ელექტოენერგია

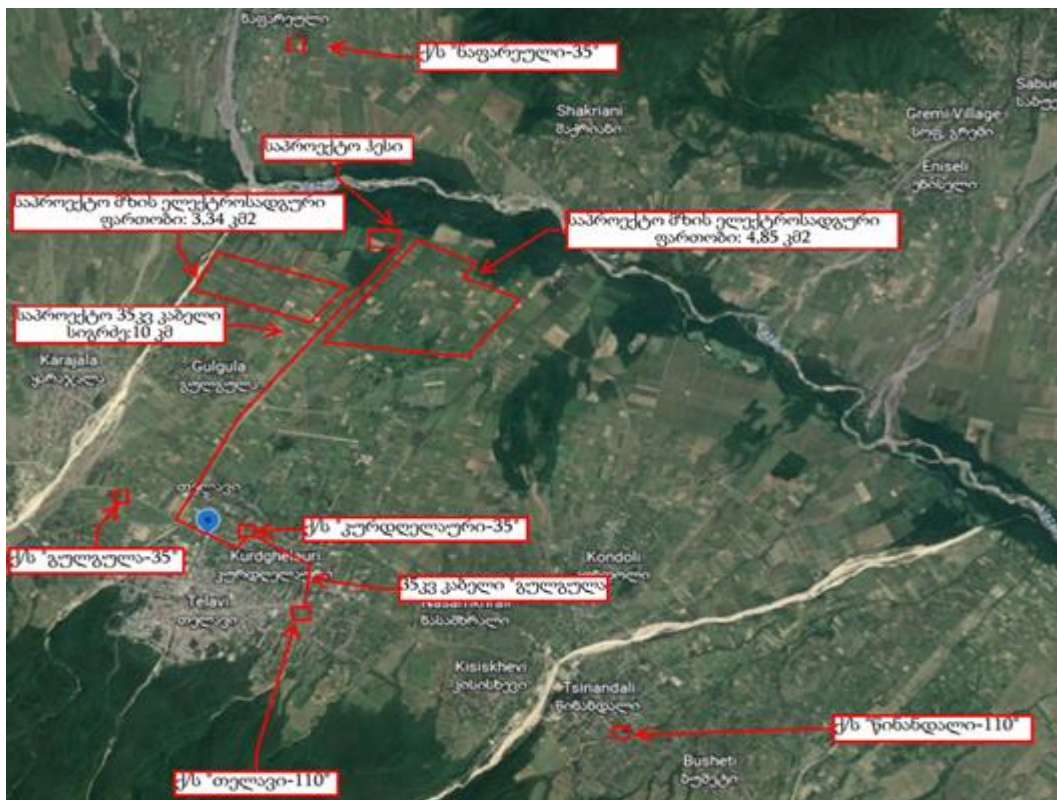
### 3.9 საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების ქსელთან მიერთება

საპროექტო მზის და ჰიდრო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ელექტრულ ქსელში გატანის მიზნით, აუცილებელია, რომ ეს სადგურები მაღალი ძაბვის ელექტრულ ქსელს დაუკავშირდნენ. როგორც ზემოთ მდებარე ქვეთავ 3.6-ში იქნა განხილული, ჰესის საგენერატორო შენობაში 35 კვ ძაბვის გამანაწილებელი ქვესადგური უნდა დაპროექტდეს, სადაც ჰესის გენერატორების და მზის ელექტროსადგურის მზის პანელების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია შეიკრიბება. ამ ქ/ს-ის ცალხაზოვანი სქემა “AutoCAD 2023” კომპიუტერულ პროგრამაში შეიქმნა, იხ. ნახ. 8:



ნახაზი 8: საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურების ცალხაზოვანი სქემა

ქვეთავ 3.3-ში თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქსელის მოკვლევის შედეგები არის განხილული, საიდანაც ირკვევა, რომ თელავის რაიონში სსე-ს ბალანსზე არსებული ხუთი მაღალი ძაბვის ქვესადგურია: ქ/ს „კურდღელაური-35“, „გულგულა-35“, „ნაფარეული-35“, ქ/ს „წინანდელი-110“ და ქ/ს „წინანდალი-110“. ნახ. 10-დან ჩანს, რომ ამ ხუთი ქ/ს-დან საპროექტო ჰესის საგენერატორო შენობაში განლაგებულ ქ/ს-მდე ყველზე ახლოს ქ/ს „ნაფარეული-35“ და ქ/ს „კურდღელაური-35“ მდებარეობს. ორივე შემთხვევაში მანძილი დაახლოებით 10 კმ-ია, მაგრამ ჰესის საგენერატორო ქ/ს-ს და ქ/ს „ნაფარეული-35-ს“ შორის მდ. ალაზანი ჩამოედინება, რაც ამ ორ ქ/ს-ს შორის 35 კვ ძაბვის კაბელის ან საჰაერო გადამცემი ხაზის დამონტაჟებას გაართულებს. შესაბამისად, საპროექტო ჰესის ქ/ს-ის 35 კვ ძაბვის ქსელთან მიერთების წერტილად ქ/ს „კურდღელაური-35“ შეირჩა, იხ. ნახ. 9:



ნახაზი 9. საპროექტო ჰესის, მზის ელექტროსადგურის, კაბელის და თელავის მაღალი ძაბვის ხაზების განლაგება



ქ/ს „კურდღელაური-35-ს“ და საპროექტო ჰესის ქ/ს-ს შორის 35 კვ ძაბვის მიწისქვეშა კაბელი უნდა დაპროექტდეს, რის დროსაც მაღალი ძაბვის საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზების დაპროექტების ტექნოლოგიური ნორმების და საქართველოში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტების ყველა მოთხოვნა უნდა იქნას გათვალისწინებული.

ქვეთავ 2.4-ში განხილულ მეთოდოლოგიაზე დაყრდნობით ანგარიშები “Microsoft Excel” კომპიუტერულ პროგრამაში შესრულდა და 300 მმ<sup>2</sup> კვეთის მქონე ერთფაზა ალუმინის კაბელი შეირჩა. ამ კაბელის ნომინალური დენი IEC60502-2 სტანდარტის B3 ცხრილის მიხედვით არის 414 ა [33]. მაკორექტირებელი ფაქტორების გათვალისწინებით მისი სიდიდე იქნება:  $I_{კაბ} = I_6 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 = 413 \cdot 1.19 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.97 = 477$  ა. საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული მაქსიმალური სიმძლავრე იქნება 26 მგვტ, რომლის შესაბამისი დატვირთვის დენს შემდეგი სიდიდე ექნება:  $I_{მაქს. დატვირთვა} = 26000 / (35 \cdot 1.73) = 429$  ა. ვინაიდან,  $I_{კაბ}(477 \text{ ა}) > I_{მაქს. დატვირთვა}(429 \text{ ა})$  სამონტაჟო ელექტრული კაბელი ელექტრული დატვირთვების მოთხოვნას აკმაყოფილებს. ძაბვის კარგვის ანგარიშებით დადგინდა, რომ  $\Delta U\% = 2.23\%$ -ს უდრის, რაც IEC60502-2 სტანდარტის მიხედვით აგრეთვე დასაშვები ნორმის ფარგლებშია. ამ კაბელის საპასპორტე მონაცემები იხ. დან. 8-ში.

35 კვ ძაბვის კაბელის შერჩევის შემდეგ, ადგილზე ვიზიტით შემოწმდა ქ/ს „კურდღელაური-35“-ს ღია და დახურული გამანაწილებელი მოწყობილობები, რათა ამ ქ/ს-ში არსებული 35 კვ ძაბვის სალტის და ელექტრული მოწყობილობების მდგომარეობა შემოწმებულიყო, იხ. ნახ. 10,11.

ვიზიტის შედეგად, გაირკვა, რომ ქ/ს „კურდღელაური-35“-ში 2 ცალი 10/35 კვ ძაბვის 6.3 მგვტ სიმძლავრის ძალოვანი ტრანსფორმატორი არის დამონტაჟებული. ამ ქ/ს-თან ახლოს გადის ქ/ს „თელავი-110“-დან გამომავალი 35კვ ეგხ „გულგულა-35“, რომელიც განშტოებას აკეთებს და

ერთი მხარე ქს „კურდღელაური-35“-ის 35 კვ ძაბვის სალტეს უერთდება, ხოლო მეორე მხარე ქს „გულგულა-35“-სკენ მიდის.



ნახაზი 10. 35კვ ძაბვის ქს "კურდღელაური-35"



ნახაზი 11. ქს "კურდღელაური-35"-ის სატრანსფორმატორო უკრედი და 35კვ ძაბვის სალტე

საპროექტო ჰესის ქ/ს-დან გამომავალი 35 კვ ძაბვის კაბელის ქ/ს „კურდღელაური-35“-თან დასაკავშირებლად, ქ/ს „კურდღელაური-35“-ში 35 კვ ძაბვის სახაზო უჯრედი უნდა დამონტაჟდეს, სადაც აღნიშნული კაბელი უნდა მიერთდეს. ამის შემდეგ, ეს უჯრედი ამ ქვესადგურში არსებულ 35 კვ ძაბვის სალტეს უნდა დაუკავშირდეს, რათა საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია ელექტრულ ქსელში საჭიროებისამებრ გადანაწილდეს.

როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, ქ/ს „კურდღელაური-35“ ეგზ „გულგულა-35“-ის მეშვეობით ქ/ს „თელავი-110“-ს უკავშირდება. შესაბამისად, ქ/ს „თელავი-110“-ის ღია და დახურული გამანაწილებელი მოწყობილობების ადგილზე შემოწმდა, რათა ამ ქვესადგურში არსებული 35 კვ ძაბვის ეგზ „გულგულა-35“-ის სახაზო უჯრედის და ქ/ს-ის დანარჩენი ელექტრული მოწყობილობების ელექტროენერგის გამტარუნარიანობა შემოწმებულიყო, იხ. ნახ. 12,13:



ნახაზი 12. თელავის რაიონის ქ/ს "თელავი-110"



ნახაზი 13. ქ/ს "თელავი"-ში 35კვ ძაბვის ეგზ "გულგულა-35"-ის სახაზო უჯრედი

ვიზიტის შედეგად, გაირკვა, რომ ქ/ს „თელავი-110-ში“ 2 ცალი 10/35/110 კვ ძაბვის 25 მვა სიმძლავრის ძალოვანი ტრანსფორმატორი არის დამონტაჟებული. აგრეთვე, გაირკვა, რომ ეგზ „გულგულა-35-ის“ კვეთი არის AC-95 მმ<sup>2</sup>. კვლევის შედეგად ირკვევა, რომ ამ კვეთის ეგზ-ს ხანგრძლივი დასაშვები დენი არის 330ა [33]. საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურის მიერ გამოიმუშავებული მაქსიმალური სიმძლავრის (26 მგვტ) დენი იქნება  $I_{მაქს. დატვირთვა} = 26000 / (35 * 1,73) = 429$  ა. ეს ნიშნავს იმას, რომ ამჟამად ეგზ „გულგულა-35“-ზე არსებული AC-95 მმ<sup>2</sup> კვეთის ეგზ საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული მაქსიმალური სიმძლავრის დენის გატარებას ვერ შეძლებს. შესაბამისად, უფრო მაღალი კვეთის ეგზ უნდა დაპროექტდეს. შეირჩა AC-185 მმ<sup>2</sup> კვეთის ეგზ, რომლის ხანგრძლივი დასაშვები დენი არის 505 ა, რაც ჰესის და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული მაქსიმალური სიმძლავრის

(26 მგვტ) დენზე (429 ა) მეტია [33]. აღსანიშნავია, ახლანდელი AC-95 მმ<sup>2</sup> კვეთის კაბელის სრულად შეცვლა საჭირო არ იქნება. ახალი AC-185 მმ<sup>2</sup> კვეთის კაბელი ქ/ს „თელავიდან“ ქ/ს „კურდღელაურამდე“ უნდა შეიცვალოს, საიდანაც ერთი განშტოება ახალი კვეთის კაბელით ქ/ს „კურდღელაური-35-ში“ 35 კვ ძაბვის სალტეს უნდა მიერთდეს, ხოლო მეორე განშტოება ქ/ს „გულგულასკენ“ მიმავალ ძველი კაბელს უნდა დაუკავშირდეს.

საპროექტო ელექტროსადგურების ქსელთან მიერთების ნაწილში, გათვალისწინებული უნდა იქნას, რომ მძლავრ მზის ელექტროსადგურებში ელექტროენერჯის წარმოებას მაღალი რიგის ჰარმონიკების წარმოებაც ახლავს თან. შედეგად, მაღალი რიგის ჰარმონიკები ქსელში ვრცელდება და მზის ელექტროსადგურის მიერ წარმოებულ ელექტროენერჯის ძაბვას არასინუსოიდალურ ფორმას აძლევს, რაც ელექტროსისტემის მუშაობის ხარისხს აფუჭებს და დამატებით სიმძლავრის დანაკარგებს იწვევს [34]. ამიტომ, მზის ელექტროსადგურის ინვერტირებული ძაბვის მრუდის არასინუსოიდულობის გავლენის შესამცირებლად, ქვესადგურის ტერიტორიაზე გათვალისწინებული უნდა იქნას სტატიკური კონდენსატორების ფილტრაციის ბლოკი, რომელიც მზის ელექტროსადგურის მუშაობის პერიოდში (დღის საათებში) მაღალი რიგის ჰარმონიკების წარმოებას შეზღუდავს, ხოლო ღამის საათებში თელავის რაიონის ელექტრულ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციას მოახდენს.

### **3.10 საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული და თელავის რაიონის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის ანალიზი**

საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავები ელექტროენერჯის და თელავის რაიონის ელექტროენერჯის

მოხმარების ბალანსის ზუსტად განსაზღვრისათვის აუცილებელია, რომ ამ სადგურების მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგია თელავის მიერ მოხმარებულ ჯამურ ელექტროენერგიას წლიურ ჭრილში შედარდეს. ამისათვის, ცხრ. 31-ში წარმოდგენილი საპროექტო მზის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგიის, ცხრ. 11-ში წარმოდგენილი საპროექტო ჰესის მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგიის და თელავის რაიონში არსებული ორი მცირე სიმძლავრის ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის რაოდენობები დაჯამდა, იხ. ცხრ. 32. შედეგები ცხრ. 6-ში წარმოდგენილ თელავის რაიონის ელექტროენერგიის საპროგნოზო წლიურ მოხმარებას გამოაკლდა, შედეგები იხ. ცხრ. 33-ში.

ცხრ. 33-ში წარმოდგენილი ბალანსის მიხედვით, ჩანს, რომ საპროექტო ელექტროსადგურების და თელავის რაიონში არსებული ორი მცირე სიმძლავრის ჰესის მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგის რაოდენობა თელავის რაიონის მიერ საპროგნოზო ელექტროენერგიის მოხმარებას წელიწადის ექვსი თვის განმავლობაში (აპრილი-სექტემბერი) სრულად უზრუნველყოფს და ჭარბ რაოდენობასაც გამოიმუშავებს, ხოლო დანარჩენი ექვსი თვის განმავლობაში (ოქტომბერი-მარტი) დღე-ღამის განმავლობაში 18 საათი (00:00-18:00) სრულად აკმაყოფილებს, ხოლო დანარჩენი 6 საათი (18:00-00:00) ელექტროენერგიის მოხმარება გამომუშავებაზე მეტია.

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან	8.15	8.15	8.15	8.15	8.15	8.15	8.15	8.55	9.45	10.56	11.12	12.27	13.22	12.35	12.05	11.75	10.16	8.59	8.15	8.15	8.15	8.15	8.15	8.15
თებ	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.59	9.00	9.68	10.96	11.30	12.98	14.08	13.19	12.22	11.96	10.42	8.95	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18
მარ	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	10.47	10.81	11.53	12.84	13.81	15.33	16.23	15.63	15.03	14.73	12.57	11.07	10.04	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83
აპრ	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43	15.13	15.63	16.53	18.13	19.23	20.83	21.63	20.83	20.53	19.57	17.52	15.87	14.76	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43
მაი	14.43	14.43	14.43	14.43	14.88	14.58	15.53	16.23	17.53	18.83	19.64	21.56	22.43	21.93	21.33	20.84	18.32	16.17	14.97	14.87	14.43	14.43	14.43	14.43
ივნ	14.43	14.43	14.43	14.43	14.54	14.79	15.71	16.54	17.68	20.34	20.97	21.88	22.83	22.93	22.73	21.97	19.54	17.53	16.03	15.03	14.43	14.43	14.43	14.43
ივლ	14.43	14.43	14.43	14.43	14.54	14.81	15.73	16.63	17.83	20.63	21.13	22.23	23.23	23.53	23.03	22.33	20.03	17.94	16.30	15.15	14.43	14.43	14.43	14.43
აგვ	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43	14.75	15.63	16.33	18.63	21.33	21.73	22.93	24.23	24.33	23.83	23.23	19.73	17.93	16.33	15.23	14.43	14.43	14.43	14.43
სექ	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43	14.65	14.76	15.83	17.93	19.43	20.13	22.33	23.33	22.93	22.03	21.43	18.83	16.43	15.03	14.43	14.43	14.43	14.43	14.43
ოქტ	10.52	10.52	10.52	10.52	10.52	10.60	11.04	11.72	12.53	15.12	15.92	17.12	18.32	17.72	16.82	16.02	15.08	12.42	10.94	10.52	10.52	10.52	10.52	10.52
ნოე	8.06	8.06	8.06	8.06	8.06	8.06	8.06	8.57	10.06	12.56	13.06	14.16	15.06	14.86	14.26	13.36	11.45	9.80	8.18	8.06	8.06	8.06	8.06	8.06
დეკ	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	8.25	9.27	10.41	10.88	12.13	13.05	12.17	11.88	11.58	10.00	9.00	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87

ცხრილი 32. თელავის რაიონში არსებული ორი ჰესის და საპროექტო ჰესის და მზის ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ჯამური ელექტროენერგია

თვე	საათი																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	მგვტ/სთ																							
იან	0.6	0.2	1.8	0.2	0.2	0.2	0.0	0.7	0.9	1.8	1.9	0.9	0.5	0.4	2.5	1.9	1.8	-2.4	-5.3	-4.5	-3.4	-3.5	-2.2	-1.7
თებ	0.4	0.4	0.9	0.9	1.5	0.7	1.1	0.1	1.3	1.8	1.6	0.2	0.5	0.1	0.8	1.4	2.9	-2.8	-4.2	-4.5	-3.1	-3.4	-2.2	-1.0
მარ	2.1	2.8	2.8	3.7	2.7	3.8	3.0	1.8	0.6	1.7	2.7	3.1	2.6	3.5	2.9	2.6	0.4	-2.0	-2.1	-2.9	-1.4	-1.7	-0.5	0.5
აპრ	7.6	7.7	8.0	7.7	7.7	7.3	7.6	6.9	6.3	7.3	7.3	9.8	9.7	8.4	10.1	9.0	6.9	3.7	3.7	2.4	3.2	3.9	4.6	5.6
მაი	8.3	8.0	7.8	8.2	9.0	9.4	8.0	7.8	7.5	7.3	7.6	10.2	11.8	10.8	10.2	9.8	7.1	5.1	2.8	2.6	2.9	3.5	4.7	5.9
ივნ	6.6	6.4	7.0	8.0	8.0	8.5	8.6	7.8	7.9	9.0	8.1	8.2	10.4	10.6	9.0	9.3	7.5	5.2	2.4	2.3	3.7	4.5	5.9	6.7
ივლ	6.5	6.6	8.3	8.3	9.4	7.3	8.4	7.0	7.1	8.6	8.1	7.8	8.3	9.8	9.7	7.2	4.5	2.4	0.9	1.0	0.8	3.7	4.5	5.5
აგვ	5.9	6.0	6.8	6.8	6.8	6.8	7.6	6.1	6.7	8.6	8.5	8.5	9.2	9.3	9.4	8.0	4.3	3.5	0.8	1.5	1.1	2.8	3.5	4.5
სექ	7.5	6.6	6.6	7.8	8.1	8.0	7.5	5.9	6.0	7.4	7.4	9.1	10.0	8.5	8.6	7.1	5.5	2.7	2.2	1.2	3.3	4.2	5.3	6.3
ოქტ	3.4	3.6	2.8	3.1	3.4	4.6	2.6	2.6	2.1	3.5	3.3	4.2	5.3	4.0	3.2	3.0	1.9	-1.0	-1.6	-1.4	-0.8	0.2	0.4	1.6
ნოე	0.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	0.4	1.5	1.0	1.1	1.9	2.0	1.8	1.2	0.6	1.2	-2.5	-4.8	-3.0	-3.1	-2.1	-1.5	-0.2
დეკ	0.5	1.1	1.2	1.5	1.6	1.7	0.7	0.5	1.0	1.0	1.6	0.2	0.2	0.5	1.9	1.6	1.4	-2.7	-4.5	-4.9	-3.1	-2.4	-1.3	-0.9

ცხრილი 33. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის გაცემა-მიღების ბალანსი



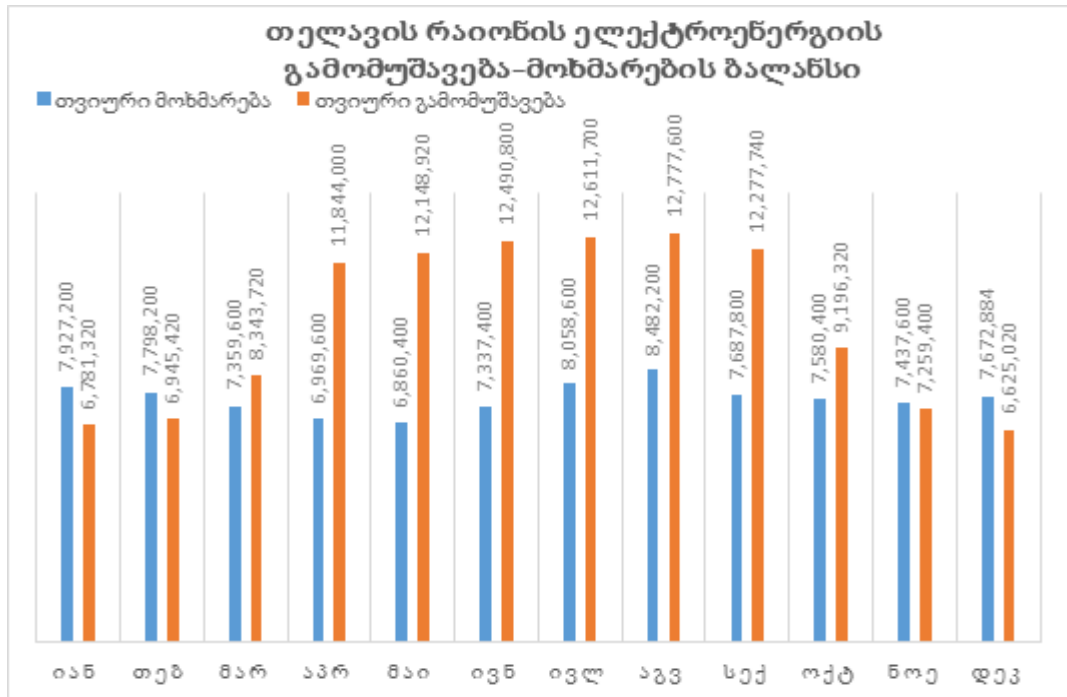
ამ დისბალანსის მიზეზი მდგომარეობს იმაში, რომ აპრილი-სექტემბერი თვეების განმავლობაში წყლის და მზის რადიაციის რესურსები მაღალია და საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა შესაბამისად მაღალია, რაც თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარების სრულად დასაკმაყოფილებლად საკმარისია. ოქტომბერი-მარტი თვეების განმავლობაში კი წყლის და მზის რადიაციის რესურსები იკლებს, რაც განაპირობებს იმას, რომ საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხმარებას 18:00-00:00 საათების განმავლობაში სრულად ვეღარ აკმაყოფილებს.

მნიშვნელოვანია გავითვალისწინოთ, რომ ცხრ. 33-ში წარმოდგენილი შედეგები ყოველი თვის ბოლო დღისთვის არის დაანგარიშებული. შესაბამისად, ეს შედეგები წელიწადის სრული ბალანსის დასაზუსტად საკმარისი არ არის. ამიტომ, გაკეთდა თეორიული დაშვება, რომ ელექტროენერჯის გამომუშავება-მოხმარების ერთი დღის მონაცემები თვეების ბოლო დღეებში რამდენიც იყო, დანარჩენი დღეებისთვისაც იგივე იქნებოდა. ამის შემდეგ, თვეების ყველა დღის მნიშვნელობები დაჯამდა და წლიურ ჭრილში ერთმანეთს შედარდა, იხ. ცხრ. 34, ნახ. 14.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურები და თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელი „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ მაღალი ძაბვის ერთიან ქსელთან პარალელურ რეჟიმში იმუშავებენ, რის დროსაც ამ საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავების და თელავის რაიონის მიერ ელექტროენერჯის მოხმარების დადებითი ბალანსის დროს, ჭარბი ელექტროენერჯია მაღალი ძაბვის ქსელში საჭიროებისამებრ გადანაწილდება, ხოლო უარყოფითი ბალანსის დროს (ოქტომბერი-მარტი 18:00-00:00) თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოთხოვნა მაღალი ძაბვის ქსელიდან შემოტანილი ელექტროენერჯით დაკმაყოფილდება.

თვე	დღიური მოხმარება	დღიური გამომუშავება	თვიური მოხმარება	თვიური გამომუშავება	ბალანსი
	კვტ/სთ				
იან	226,044	264,240	7,927,200	6,781,320	-1,145,880
თებ	231,514	259,940	7,798,200	6,945,420	-852,780
მარ	278,124	245,320	7,359,600	8,343,720	984,120
აპრ	394,800	232,320	6,969,600	11,844,000	4,874,400
მაი	404,964	228,680	6,860,400	12,148,920	5,288,520
ივნ	416,360	244,580	7,337,400	12,490,800	5,153,400
ივლ	420,390	268,620	8,058,600	12,611,700	4,553,100
აგვ	425,920	282,740	8,482,200	12,777,600	4,295,400
სექ	409,258	256,260	7,687,800	12,277,740	4,589,940
ოქტ	306,544	252,680	7,580,400	9,196,320	1,615,920
ნოე	241,980	247,920	7,437,600	7,259,400	-178,200
დეკ	220,834	255,763	7,672,884	6,625,020	-1,047,864
<b>ჯამი</b>	<b>3,976,732</b>	<b>3,039,063</b>	<b>91,171,884</b>	<b>119,301,960</b>	<b>28,130,076</b>

ცხრილი 34. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხამრების და საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის შედარება



ნახაზი 14. თელავის რაიონის ელექტროენერჯის მოხამრების და საპროექტო ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობის შედარება

ცხრ. 34-ში წარმოდგენილი შედარებიდან ჩანს, რომ წლიურ ჰრილში 8 თვის განმავლობაში ბალანსი დადებითი იქნება, ხოლო 4 თვის განმავლობაში უარყოფითი. დადებით ბალანსის თვეებიდან მაღალი ძაბვის ქსელში ყველაზე მეტი ელექტროენერგია მაისის თვეში (5,288,520 კვტ/სთ) გაიცემა, ხოლო უარყოფით ბალანსის თვეებიდან მაღალი ძაბვის ქსელიდან ყველაზე მეტი ელექტროენერგია იანვრის თვეში (1,145,880 კვტ/სთ) შემოვა. საპროექტო ელექტროსადგურები და თელავის რაიონში არსებული ორი მცირე სიმძლავრის ჰესი ჯამში 119,301,960 კვტ/სთ ელექტროენერგიას გამოიმუშავენ, ხოლო თელავის რაიონის ელექტროენერგის მოხმარება ჯამში 91,171,884 კვტ/სთ იქნება, რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ ელექტროენერგის გამოიმუშავება-მოხმარების წლიური ბალანსი დადებითი იქნება და 28,130,076 კვტ/სთ-ს შეადგენს.

## დასკვნა

კვლევის შედეგების გათვალისწინებით, შეგვიძლია დავასკვნათ:

1. ნაშრომში ჩატარებული გამოკვლევების მიხედვით, დადგენილია, რომ 2021 წელს კახეთის ელექტროდატვირთვა (359,033,671 კვტ/სთ) მნიშვნელოვნად აღემატებოდა კახეთის რაიონებში განთავსებულ მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გენერირებულ ჯამურ სიმძლავრეს (183,547,893 კვტ/სთ). შესაბამისად, თელავის რაიონის ელექტროენერჯით უზრუნველყოფა საქართველოს ელექტროსისტემიდან მიღებული 220კვ და 110 კვ ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების (მანავი-220, კვეტერა-110, იორი-110 და უდაბნო-110) საშუალებით ხორციელდება. აღსანიშნავია რომ ეს ხაზები დაბალი საიმედოობით გამოირჩევა და ამის გამო ხშირია თელავის რაიონის ელექტრომომარაგების შეწყვეტა.
2. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემისა და სემეკი-ს მონაცემებით დადასტურებულია, რომ კახეთის ელექტრომომარაგების ქსელი აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის მაღალი დანაკარგებით და დაბალი ენერგოეფექტურობით გამოირჩევა.
3. კახეთის ქსელის ენერგეტიკული მაჩვენებლების და ავარიული გამორთვების ბოლო ხუთი წლის მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, დასაბუთებულია, რომ ელექტრომომარაგების საიმედოობის გაზრდისა და ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების საერთაშორისო ნორმებით გათვალისწინებული პარამეტრებით უზრუნველყოფისათვის, მიზანშეწონილია, თელავის რაიონში არანაკლებ თელავის რაიონის მოთხოვნილი სიმძლავრის დამოუკიდებელი ელექტროენერჯის კომპლექსი აიგოს.
4. კახეთის რეგიონის და უპირატესად თელავის მუნიციპალიტეტის შემოგარენის ენერგეტიკული რესურსების შესწავლის საფუძველზე, დასაბუთებულია, რომ შესაძლებელია ქ. თელავში მდინარე ილტოსა

და ზემო ალაზნის საირიგაციო არხის გამოყენებით აიგოს 15 მგვტ სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგური. ამავდროულად, საპროექტო ჰიდროელექტროსადგურის შემოგარენში 11 მგვტ სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურის აგებაც არის გათვალისწინებული. ამ ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების კომპლექსისათვის დამუშავებულია საპროექტო წინადადებები.

5. თელავის მუნიციპალიტეტის ელექტროენერგიით მომარაგების საიმედოობის გაზრდის მიზნით, საპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურებს იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის ფუნქცია ექნებათ, რაც ელექტროსისტემის ქსელში სისტემური ავარიების დროს, თელავის რაიონს ელექტროენერგიით მომარაგების საშუალებას მისცემს.
6. რადგან, ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურები დაახლოებით თანაზომადი სიმძლავრისაა, სისტემიდან იზოლირებულ, პარალელური მუშაობის რეჟიმში, მზის ელექტროსადგურის ინვერტირებული ძაბვის მრუდის არასინუსოიდულობის გავლენის შესამცირებლად ნაშრომში გათვალისწინებულია სტატიკური კონდენსატორების ფილტრაციის ბლოკი, რომელიც, ამავდროულად, თელავის რაიონის ელექტრომომარაგების ქსელის რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციას უზრუნველყოფს.
7. სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებული გადაწყვეტილების ტექნიკური რეალიზაცია მნიშვნელოვნად აამაღლებს თელავის რაიონის ელექტრომომარაგების საიმედოობას, მის ენერგეტიკულ მაჩვენებლებს, ენერგოეფექტურობას და თუ გავითვალისწინებთ, რომ ელექტროსადგურების სიმძლავრეები დაგეგმილია კახეთის რეგიონის პერსპექტიული განვითარების გათვალისწინებით, ელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ჭარბი ელექტროენერგია მეზობელ რაიონებს მიეწოდება.

8. ჰიდრო და მზის ელექტროსადგურების 35კვ ძაბვის ქსელთან მიერთების შემდეგ, თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელი ენერგოდამოუკიდებელი გახდება და კახეთის რეგიონის მაღალი ძაბვის ქსელის სიმპლავრის დანაკარგები დაახლოებით 4,05 %-მდე შემცირდება.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ს. ს. ელექტროსისტემა, „გადამცემი ქსელის დანაკარგები.“ 05. 04. 2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://gse.com.ge/momxmareblebistvis/monatsemebi-elektroenergetikuli-sistemidan/qselshi-danakargi>.
2. ს. ე. სამინისტრო, „ენერგეტიკული პოტენციალი.“ 11.04.2022. [ინტერნეტი]. Available: [http://www.energy.gov.ge/investor.php?id\\_pages=17&lang=geo](http://www.energy.gov.ge/investor.php?id_pages=17&lang=geo).
3. ფიფია ბ. საქართველოს ძირითადი მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება არსებული ჰიდროლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით. დისერტაცია, თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2019, გვ. 58.
4. ბახტურიძე ს. საქართველოს ენერგორესურსების ათვისების პროგრამის დამუშავება სისტემის ენერგოეფექტურობისა და საიმედოობის ამაღლების პირობებში. დისერტაცია, თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2019. გვ. 117.
5. ს. ს. ელექტროსისტემა. საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2021-2031, თბილისი , 2021, 390 გვ.
6. კოდუა ნ. ჰიდროელექტროსადგურები, თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი , 2017, 240 გვ.
7. ხელიძე გ., სამსონაშვილი პ., ლომიძე ი. ჰიდროენერგეტიკული დანადგარები, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009, 112 გვ.
8. Klein S.A. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. Solar Energy, 1977, 5p.
9. T. H. Taha Ahmed. Estimation of Hourly Global Solar Radiation in Egypt Using Mathematical Model. Latest Trends Agr. Food Sci, 2012, 15p.
10. Ahshan R., Design and Economic Analysis of a Solar Photovoltaic System for a Campus Sports Complex. INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH, 2020, 12p.
11. .Hasan S. M. A. An overview of solar photovoltaic panel modeling based on analytical and experimental viewpoint. Renewable and Sustainable Energy

- Reviews, 2016. 9p.
12. Angel B.-R. A. Future development of the electricity systems with distributed generation. *Energy*, 2009. 7p.
  13. Kari Alanne A. S. Distributed energy generation and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2006. 20p.
  14. მეტრეველი გ. საქართველოში საათობრივი მზის რადიაციის ანგარიში მათემატიკური მოდელის გამოყენებით. „ენერჯია“, 2020, №4(96), გვ.106-110.
  15. Greenwichmeantime. World Time and Time Tools. 15.04.2022, [ინტერნეტი], Available: <https://greenwichmeantime.com/>.
  16. VasilisFthenakis H. C. Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, 10p.
  17. Christoph Marty R. P. The clear-sky index to separate clear-sky from cloudy-sky situations in climate research. *Geophysical Research Letters*, 2000. 4p.
  18. მეტრეველი გ. მზის ელექტრო სადგურის პროექტირება მათემატიკური მოდელის გამოყენებით. „ენერჯია“, 2021, №2(98), გვ. 151-156.
  19. Metreveli G. Design of a solar thermal power plan using mathematical model. "Georgian Engineering news", 2021, №2(93), pp. 32-36.
  20. Quaschnig V. *Understanding Renewable Energy*, London, 2005. p.289.
  21. Jayanta Deb Mondol B. N. Optimal sizing of array and inverter for grid-connected photovoltaic systems. *Solar Energy*, 2006. p.25.
  22. Ryan H. M. *High voltage engineering and testing*, London: IEE POWER AND ENERGY SERIES 32, 2001. 446p.
  23. საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება, თბილისი, 2014, 7გვ.
  24. ე. ბ. ოპერატორი. „ელექტროენერჯის ფაქტიური ბალანსი.“ 22.05. 2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://esco.ge/ka/energobalansi/by-year-1>.
  25. Ministry of Agriculture of Georgia. *Climate Change and Agriculture in Kakheti*. 2014, 237p.



26. Швелидзе Т. В., Шенгелия П. Г., О потенциальных гидроэнергетических ресурсах Грузии. Труды Института Энергетики АН ГССР , т. XVIII, 1969, с.257.
27. VOITH, „Hydropower Components,“ 16.05.2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://voith.com/corp-en/index.html>.
28. Sen Z. Solar energy fundamentals and modeling techniques: atmosphere, environment, climate change and renewable energy. Isbanbul: Istanbul Technical University, 2008, 124p.
29. NASA, „NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources.“ 25.03.2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/>.
30. M. weather. „ამინდი თელავი.“ 26.03.2022. [ინტერნეტი]. Available: [meteoblue.com/ka/ამინდი/კვირა/თელავი\\_საქართველო\\_611694](http://meteoblue.com/ka/ამინდი/კვირა/თელავი_საქართველო_611694).
31. Askari Mohammad Bagher. Types of Solar Cells and Application. American Journal of Optics and Photonics, 2015, p.20.
32. SOLAR J. „Product Datasheets.“ 16.04.2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://www.jasolar.com/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=67>.
33. IEEE. Feasibility Experiences of On-line Partial Discharge Monitoring of Medium Voltage Cables in Helen Electricity Network Ltd. Kardla, Estonia, 2019, 4p.
34. RAJIV D. K., VARMA. Harmonic Impact of a 20-MW PV Solar IEEE. Power and Energy Technology Systems Journal, 2016, 10p.
35. ELTAS, „POWER TRANSFORMERS.“ 20.05.2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://www.eltas.com.tr/en/products/1007/product-groups/1001/power-transformers.aspx>.
36. HUAWEI, „Smart String Inverter.“ 01.05.2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://solar.huawei.com/en/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2F%2Fdatasheet%2FSUN2000-185KTL-H1.pdf>.
37. L. WORLDWIDE, „cable products.“ 29.04.2022. [ინტერნეტი]. Available: <https://products.lappgroup.com/online-catalogue/power-and-control-cables/building-installation/medium-voltage-cables/na2xsf2y.html>.

## დანართები

### დანართი-1: სსე-სთვის მიწერილი წერილი

სს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“  
გენერალურ დირექტორ  
გიორგი გიგინეიშვილს

ბატონო გიორგი,

გაცნობებთ, რომ ვარ „საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის“ დოქტორანტურის მე-3 კურსის სტუდენტი. ამჟამად, ვმუშაობ ჩემს დისერტაციაზე, რომელიც განახლებადი ენერჯის მიმართულეებას მოიცავს: „ქ. თელავის ენერჯო რესურსების გამოკვლევა და მდგრადი ელექტრო მომარაგების ქსელის დაპროექტება“.

ჩემი კვლევის ფარგლებში, ქ. თელავში ვაპირებ, დავაპროექტო ჰიდრო და მზის ელექტრო სადგურები, რათა თელავის რაიონის ელექტრო ენერჯის მოხმარების სრულად დაკმაყოფილება მოხდეს. მოგეხსენებად, რომ პროექტირების საწყის ეტაპს წარმოადგენს ელექტრო ენერჯის მოხმარების ცოდნა. შესაბამისად, გთხოვთ, მომაწოდოთ ინფორმაცია თელავის რაიონის ელექტრო ენერჯის მოხმარებაზე ბოლო 5 წლის განმავლობაში. კონკრეტულად: წლის განმავლობაში, ყოველი თვის ბოლო დღეს (ან სხვა ნებისმიერ დღეს), რამდენი იყო ელექტრო ენერჯის დღე-ღამური (24სთ) მოხმარების გრაფიკი?

პატივისცემით,

გიორგი მეტრეველი

დოქტორანტი



საკონტაქტო ინფორმაცია: +995574240200 / [giorgimetreveli88@yahoo.com](mailto:giorgimetreveli88@yahoo.com)

31.03.222

## დანართი-2: სსე-დან გამოგზავნილი წერილი და დანართები



საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა / Georgian State Electrosystem

საქართველო, თბილისი 0105, ზართაშვილის 2, Saratashvili str., Tbilisi 0105, Georgia; ს/კ/1/N 204995176; ტელ/ფაქსი/Tel/Fax: +995 332 983704; +995 3222 510101;



N 1916/05

1916-05-2-202204191402

19/04/2022

თელავის რაიონის ელ.  
ენერჯის მოხმარების შესახებ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
დოქტორანტურის მე-3 კურსის სტუდენტს  
ბატონ გიორგი მეტრეველს

ბატონო გიორგი,

თქვენი თხოვნის შესაბამისად (31.03.2022 N2062), გიგზავნით ინფორმაციას 5 წლის განმავლობაში (2017-2021) ყოველი თვის 1 დღის ელ. ენერჯის დატვირთვას საათების მიხედვით და ყოველ თვეზე (საშუალოდ) ერთი დღის ელ. ენერჯის მოხმარებას თელავის რაიონში.

დანართი:

1. 2017-2021წლებში მოხმარებული ელ. ენერჯია
2. ელ. ენერჯის დატვირთვა საათების მიხედვით;
3. 1 დღის მოხმარება;

პატივისცემით,

გიორგი გიგინეიშვილი



[www.gse.com.ge](http://www.gse.com.ge)

სააქციო საზოგადოება „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“  
"GEORGIAN STATE ELECTROSYSTEM" JSC

სსე-დან მიღებული წერილის დანართი თელავის რაიონში 2017-2021 წლებში  
საშუალოდ ერთი დღის ელ. ენერჯის მოხმარება

2017-2021 წლებში ყოველი თვის (საშუალოდ) ერთი დღის ელ. ენერჯის მოხმარება თელავის რაიონში						
N	თვე	2017	2018	2019	2020	2021
		კვტ.სთ				
1	იანვარი	259,299	294,063	268,162	281,195	284,662
2	თებერვალი	256,147	293,519	264,644	290,647	276,972
3	მარტი	234,692	273,175	253,525	249,334	283,659
4	აპრილი	224,273	249,880	244,783	228,091	254,882
5	მაისი	211,333	241,376	234,838	217,999	260,467
6	ივნისი	219,940	247,296	272,708	254,135	283,710
7	ივლისი	254,489	287,672	288,399	284,961	305,419
8	აგვისტო	273,547	254,659	288,251	265,079	310,114
9	სექტემბერი	272,082	253,426	263,588	276,616	291,610
10	ოქტომბერი	266,784	246,341	262,667	268,332	292,971
11	ნოემბერი	280,359	269,955	280,933	285,148	295,536
12	დეკემბერი	301,964	274,765	286,493	298,037	303,000

სსე-დან მიღებული წერილის დანართი-  
თელავის რაიონში 2021 წელს ყოველი თვის ბოლო დღის ელ. ენერჯის მოხმარება

2021																										
თელავის რ-ნი	ს ა ა თ ე ბ ა																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	მეწ																									
1	ინჟინი	10.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10.9	10.9	11.2	11.2	11.2	11.2	13.7	13.7	13.7	13.7	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	
2	თებერვალი	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	9.8	11.1	13.1	11.3	16.8	14.4	15	10.9	10	12.6	14.6	14.4	13	14.2	13.4	14.2	
3	მარტი	10.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10.9	10.9	11.2	11.2	11.2	11.2	13.7	13.7	13.7	13.7	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	13.4	
4	აპრილი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
5	მაისი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.5	14.4	14.4	14.4	14.4	
6	ივნისი	8	8	8	8.1	8.7	8.1	9.2	9.1	10.1	12.4	13.9	14.7	12.4	12.4	14	14.7	14.7	13	14.7	14.7	14.7	13.1	13.1	13.2	
7	ივლისი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	9.3	8.4	8.4	9.8	13.9	13.9	13.9	16.8	16.8	15	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	14.4	15	15	15	15
8	აგვისტო	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	9.3	8.4	8.4	9.8	13.9	13.9	13.9	16.8	16.8	15	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	15	15	
9	სექტემბერი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	9.3	8.4	8.4	14.4	14.4	14.4	13.9	14.4	14.4	15	13.9	13.9	14.4	14.4	14.4	13.9	13.9	13.9	13.9	
10	ოქტომბერი	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	14.6	14.6	14.6	14.6	15	
11	ნოემბერი	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	13.9	13.9	13.9	13.9	12.8	14.6	14.6	14.6	14.6	13.9	12.8	
12	დეკემბერი	9.2	8	8	8	8	9.2	9.2	12	13.3	14.1	14.2	14.2	13.8	13.9	14.8	15.1	15.4	15.5	15	16.1	14.8	15.6	14.3	11.7	

სსე-დან მიღებული წერილის დანართი  
თელავის რაიონში 2020 წელს ყოველი თვის ბოლო დღის ელ. ენერჯის მოხმარება

2020																										
თელავის რ-ნი	ს ა ა თ ე ბ ი																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	შენ																									
1	იანვარი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10.9	10.9	11.2	11.2	11.2	11.2	13.7	13.7	13.7	13.7	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	
2	თებერვალი	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	10.4	10.4	12.6	12.6	12.6	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.6	14.4	15	15	15	15	
3	მარტი	7.5	7.5	7.5	7.8	7.6	7.5	9.6	8.5	10.8	11.7	11.5	12	11.8	12.1	12.1	12.1	11.4	11.5	10.7	12.9	10.3	12.1	11.2	12.1	
4	აპრილი	7.5	7.5	8	8	8	9.1	9.1	9.1	9.1	10.3	10.3	10.3	10.3	9.1	9.1	9.1	9.1	11.7	11.7	11.7	10.3	10.3	10.3	10.3	
5	მაისი	6	7.7	8.6	6.4	4.8	6.3	5.1	5.8	10.1	11.2	9	10.5	10.7	10.8	10.3	10.2	10.8	10.4	10.8	10.9	10.2	11.1	10.5	9.2	
6	ივნისი	11.4	9.7	8	8.1	8.7	7.4	8.7	7.7	10.4	10.8	13.1	13.6	10.4	11.7	11.7	10.3	11	11.2	10.7	12.7	11.8	12.2	12.9	12	
7	ივლისი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10.4	10.4	12.6	12.6	12.6	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.6	14.4	15	15	15	15	
8	აგვისტო	9.1	9.1	8	8	8	8	9.1	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	12.3	12.3	11.2	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	13.7	13.7	13.7	
9	სექტემბერი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11.2	11.2	11.2	11.2	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	14.4	14.4	14.4	15	15	15	15	
10	ოქტომბერი	8	8	8	8	8	8	9.1	10.9	10.9	10.9	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	13.7	13.7	12.3	12.3	13.7	13.7	13.7	
11	ნოემბერი	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	11.1	11.2	13.6	14.8	13.7	13	12.8	14	14.8	14.9	14.3	14.6	12.9	13	11.3	12.9	
12	დეკემბერი	9.9	9.9	9.2	9.4	9.3	9.3	8.4	8.4	9.8	11.1	13.1	11.3	16.8	14.4	15	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.4	15	15	15	15

სსე-დან მიღებული წერილის დანართი  
თელავის რაიონში 2019 წელს ყოველი თვის ზოლო დღის ელ. ენერჯის მოხმარება

2019																									
თელავის რ-ნი	ს ა ა თ ე ბ ი																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	შეტ																								
1	იანვარი	9.6	9.6	10.8	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	12.2	12.2	12.2	12.2	11.2	10.8	
2	თებერვალი	11	10.8	10.8	9.6	8.2	8	6.8	7.5	11.8	12	10.5	12	12	12.1	11.5	12	12.3	12	11.5	12.5	12	12.5	12.2	12
3	მარტი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
4	აპრილი	7.5	8	8.1	7.8	7.6	7.5	9.6	8.5	10.8	11.7	11.5	12	11.8	10.1	10.5	10.9	11.4	11.5	10.7	12.9	10.3	12.1	11.2	10.8
5	მაისი	7	7	7	7	7	7	8	8	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	12	11.8	11.8	11.8	11.5	11.5	11.5	11.5	10.3	10.3	10.3
6	ივნისი	9.6	11.9	9.2	6.7	7.9	7	7.7	7.6	7.4	10.5	11.8	12.7	11.6	11.4	12.2	12.3	12.4	10.7	11.3	12.2	11.4	11	9.9	8.6
7	ივლისი	11	10.8	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	11.1	11.2	13.6	14.8	13.7	13	12.8	14	14.8	14.9	14.3	14.6	12.9	13	11.3	11.3
8	აგვისტო	11	10.8	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	11.1	11.2	13.6	14.8	13.7	13	12.8	14	14.8	14.9	14.3	14.6	12.9	13	11.3	11.3
9	სექტემბერი	11	10.8	10.8	9.6	8.2	8	6.8	7.5	11.8	12	10.5	12	12	12.1	11.5	12	12.3	12	11.5	12.5	12	12.5	12.2	12
10	ოქტომბერი	11	10.8	10.8	9.6	8.2	8	6.8	7.5	11.8	12	10.5	12	12	12.1	11.5	12	12.3	12	11.5	12.5	12	12.5	12.2	11.3
11	ნოემბერი	11	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10.9	10.9	11.2	11.2	11.2	11.2	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	11.3
12	დეკემბერი	10	10.4	7.5	7.9	7.9	7.7	8	7.3	12.8	11.7	12.6	11.9	12.6	12.6	12.8	12.5	12.7	13.8	13	14.3	12.7	13.4	11.9	10

სსე-დან მიღებული წერილის დანართი  
თელავის რაიონში 2018 წელს ყოველი თვის ბოლო დღის ელ. ენერჯის მოხმარება

2018																									
თელავის რ-ნი	ს ა ა თ ე ბ ი																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	მკვ																								
1	იანვარი	11.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	12.8
2	თებერვალი	11.2	10.8	9.6	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	12.9
3	მარტი	11.2	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
4	აპრილი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.5	12.5	12.5	11.2	11.2
5	მაისი	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	9.6	9.6	9.6	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11	11	
6	ივნისი	9	8	8.1	7.8	7.6	7.5	9.6	8.5	10.8	11.7	11.5	12	11.8	10.1	10.5	10.9	11.4	11.5	10.7	12.9	10.3	12.1	11.2	10.8
7	ივლისი	10.8	10.8	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	11.1	11.2	13.6	14.8	13.7	13	12.8	14	14.8	14.9	14.3	14.6	12.9	13	10.8	10.8
8	აგვისტო	9	9	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.5	12.5	12.5	12.5
9	სექტემბერი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.5	12.5	12.5	12.5
10	ოქტომბერი	9	8	8.1	7.8	7.6	7.5	9.6	8.5	10.8	11.7	11.5	12	11.8	10.1	10.5	10.9	11.4	11.5	10.7	12.9	10.3	12.1	11.2	10.8
11	ნოემბერი	9	9	9	9	9	9	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	12.2	12.2	11.2	12.2	12.2	13.6	13.6	13.6	13.6
12	დეკემბერი	8.8	9.1	8.7	7.6	6.7	6.6	8	8.6	11.1	11.2	13.6	14.8	13.7	13	12.8	14	14.8	14.9	14.3	14.6	12.9	13	11	11.5



სსე-დან მიღებული წერილის დანართი  
თელავის რაიონში 2017 წელს ყოველი თვის ბოლო დღის ელ. ენერჯის მოხმარება

2017																										
თელავის რ-ნი	ს ა ა თ ე ბ ა																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	შერ																									
1	იანვარი	9	9.4	10.3	8.1	8.2	8	6.8	7.5	11.8	12	10.5	12	12	12.1	11.5	12	12.3	12	11.5	12.5	12	12.5	12.2	12	
2	თებერვალი	7	9	9.1	9	7.5	7	8	7.5	11.8	12	12	12	12	12.1	11.5	12	12.3	12	11.5	12.5	12	11.8	11.8	11.8	
3	მარტი	7	7	7	7	7	7	8	8	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	12	11.8	11.8	11.8	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	
4	აპრილი	9.1	8	8	8	8	9.1	9.1	9.1	9.1	10.3	10.3	10.3	10.3	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	10.3	10.3	10.3	9.1	9.1	
5	მაისი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	9.1	9.1	9.1	9.1	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	7.5	7.5	7.5	
6	ივნისი	6	7.7	8.6	6.4	4.8	6.3	5.1	5.8	10.1	11.2	9	10.5	10.7	10.8	10.3	10.2	10.8	10.4	10.8	10.9	10.2	11.1	10.5	9.2	
7	ივლისი	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	
8	აგვისტო	11	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	
9	სექტემბერი	11	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	13.7	13.7	13.7
10	ოქტომბერი	14	9.1	8	8	8	8	9.1	10.9	10.9	10.9	10.9	10.3	11.2	11.2	11.2	11.2	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	14.4	14.4	14.4	10.9
11	ნოემბერი	11	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	10.9	10.9	11.2	11.2	11.2	11.2	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	10.9
12	დეკემბერი	11	10.7	10.9	10.9	10.9	11.2	12.3	12.2	13.1	14	14.1	14.2	14.3	14.2	13.7	14.5	14.7	14.8	14.7	14.5	14.6	14.4	13.7	11.7	

2017-2021 წლებში კახეთის რაიონების წლიური ელ. ენერჯის მოხმარება

2017-2021 წლებში მოხმარებული ელ.ენერჯია, რაიონების მიხედვით, კახეთის რეგიონში

#	დასახლებული პუნქტები	2017	2018	2019	2020	2021	ჯამი
		კვტსთ					
1	ახმეტა	26,309,318.00	26413065	25586767	26400404	2448009	107,157,563.00
2	თელავი	92,937,079.00	97410773	98317549	97270872	9392989	395,329,262.00
3	გურჯაანი	65,330,534.00	68499295	71806250	76892970	6547035	289,076,084.00
4	ყვარული	32,115,448.00	33673676	38603869	41045756	3735433	149,174,182.00
5	ლაგოდეხი	35,090,623.00	34851595	36231598	38206517	3417735	147,798,068.00
6	სიღნაღი	33,988,682.00	34291969	35263554	37091260	3108520	143,743,985.00
7	დწყარო	24,849,330.00	25473762	25991333	26381620	1906638	104,602,683.00
8	საგარეჯო	56,515,361.00	60368955	62511117	62221063	5347046	246,963,542.00
	ჯამი	367,136,375	380983090	394312037	405510462	35,903,405	1,583,845,369.00

### დანართი-3: VOITH-ის ტურბინა-გენერატორების საპასპორტე მონაცემები

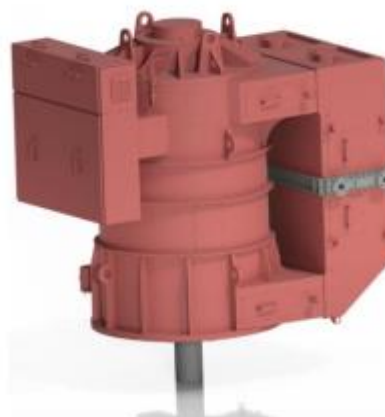
ამ ტურბინა-გენერატორის საპასპორტე მონაცემები აღებულია მწარმოებლის ოფიციალური კატალოგებიდან [27]:

#### **Efficiency**

p.f.	Load			
	100%	75%	50%	25%
0,85	97,4	97,49	97,28	96,05
1	98,1	98,08	97,8	96,46

#### **Accessories:**

- Voltage Regulator DECS-250 installed
- PT100:
  - 3 pcs in stator windings (3+3 as spare)
  - 1 pc per bearing
- Sleeve bearings with lifetime min. 150.000h
- External oil lubrication unit-water cooled
- Water cooling system for oil lubrication unit with heat exchanger in tailwater channel, pump, mixing valve, expansion vessel, sensors and stainless-steel piping
- Generator air cooled IC21. Air duct not includes in scope.
- 2 Space heaters a' 1500W, 230V
- 2x speed sensor with 1x toothed wheel on shaft
- 3x current transformers installed
- 3x voltage transformers installed
- 2x vibration measurement sensors in DE and NDE bearing
- 2x Pt100 for bearing temperature measurement
- IP 55 terminal box
- Bolts for generator foundation
- Hydrostatic shift
- Tilting device



#### **Testing:**

- Stator winding resistance measurement at cold
- No-load characteristic
- Short circuit characteristic
- Voltage balance and Phase sequence
- Load test @ power factor 0,1
- High Voltage test
- Centrifugal test 2 min.
- Winding insulation resistance test
- Vibration and overspeed test

Geppert GmbH  
Geppertstraße 6  
6060 Hall in Tirol  
Austria - Europe

T +43 5223 57788  
F +43 5223 577882  
office@geppert.at  
www.geppert.at

FN 212031 k.LG Innsbruck  
VAT-ID.Nr. ATU52219709  
EORI-Nr. ATEOS1000017512  
Gerichtsstand Hall in Tirol

Raiffeisenlandesbank Oberösterreich AG  
IBAN: AT62 3400 0000 0003 5915  
BIC: RZOOAT2L

## 2 Technical Description

### 2.1 Technical Data

<b>Turbine</b>		
Turbine type	PV6i 1390/410	
Number of units	2	pcs
Rated gross head	224,35	m
Rated net head (2 units in rated operation)	207,66	m
<hr/>		
Rated speed	429	rpm
Static runaway speed at rated net head	782	rpm
Number of nozzles	6	pcs
Runner pitch diameter D1	1.390	mm
Bucket width	410	mm
Distance between turbine runner – tail water level	1,70	m
Elevation of runner C.L.	704,00	m.a.s.l.
Elevation of tail water level at design discharge	702,30	m.a.s.l.
<hr/>		
<b>Hydraulic Power Unit</b>		
Type	electro-hydraulic	
Accumulator charging pressure	dependent on manufacturer	bar
System pressure	max. 120	bar
Number of pump assemblies		pcs
<hr/>		
<b>Turbine Inlet Valve</b>		
Type	Butterfly valve	
Nominal diameter	1.200	mm
Design pressure	25	bar

VOITH Hydro GmbH & Co KG, Division Small Hydro, Gleitsweilerstraße 4, A-3151 St. Georgen am Steinfeld, Austria, T: +43 2742 806-0, F: +43 2742 806-32293, [www.voith.com](http://www.voith.com) page 7

<b>Standards of Measuring</b>	
Mechanical Vibration of non-Rotating Parts	ISO 10816
Mechanical Vibration of Rotating Parts	ISO 7919
Efficiency	IEC 60041
Cavitation	IEC 60609-2
<hr/>	

The layout is based on all valid and applicable EU-directives concerning manufacturers according AEUV 114.

Method of closing	closing weight	
Method of opening	hydraulically	
Bypass valve nominal diameter	100	mm
<b>Synchronous Generator</b> (for further information refer to the generator data-sheet)		
Mounting	V1	
Enclosure	IP23	
Insulation / Temperature rise	F / B	
Ambient temperature	40	°C
Cooling system	IC 01	
Bearings type	Sleeve Bearing	
Bearing cooling	Oil / Water	
Altitude	704	m.a.s.l.
Mass of generator	~ 43.000	kg
Natural generator inertia (I)	~ 4.930	kgm <sup>2</sup>
<b>Operating Condition</b>		
Water way	penstock	
Penstock material	t.b.d.	
Length	252	m
Diameter	2.000	mm
Unit operation	parallel with the grid	
Turbine closing time	< 60	sec.
Pressure rise in penstock	< 11	% of H <sub>gross</sub>

## დანართი-4: ELTAS წარმოებული ძალოვანი ტრანსფორმატორის ტექნიკური მონაცემები

ძალოვანი ტრანსფორმატორის საპასპორტე მონაცემები აღებულია მწარმოებლის ოფიციალური კატალოგებიდან [35]:



ELTAS-ს წარმოებული 10/35 კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორი

ELTAS-ს წარმოებული 10/35კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორის მონაცემები

ტიპი	TP3O36.250C
შესრულება	სამფაზა
ნომინალური სიმძლავრე, $S_n$	10 მვა
- პირველადი (დაბალი)	10 კვ
- მეორადი (მაღალი)	35 kv
რეგულირება მაღალი ძაბვის მხარეს	+4-2 x 2.5% kv (6 საფეხური)
სიხშირე	50hc
- შეერთების ჯგუფი	Dyn11
- გრაგნილების ლითონი	სპლილენძი (Cu)
- გაცივების სისტემა	ONAN
მოკლე შერთვის ძაბვა	$U_k=10\%$
უქმი სვლის დანაკარგები	$P_0=15.041$ კვტ
მოკლე შერთვის დანაკარგები	$P_{cc} =93.708$ კვტ
უქმი სვლის დენი (PE1)	$I_0=0.10\%$
გაბარიტები	4910x4124x2850 mm
მანძილი საგორავებს შორის	1505x1789 mm
წონა (სატრანსპორტო)	36000 კგ
ზეთი	7000 კგ
სტანდარტი	IEC 60076

## დანართი-5: JA solar-ის წარმოებული მზის პანელის მონაცემები

ამ მოწყობილობის საპასპორტე მონაცემები აღებულია მწარმოებლის ოფიციალური კატალოგებიდან [32]:



Higher output power



Lower LCOE



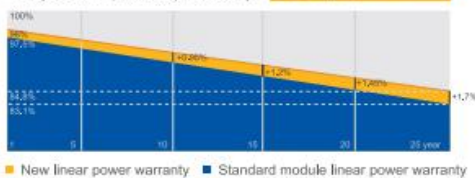
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



### Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



**JA SOLAR**

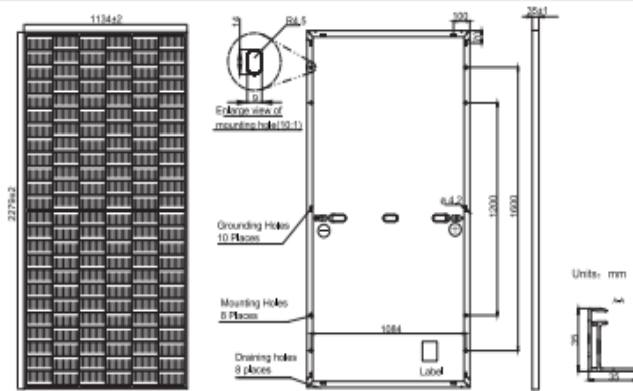
[www.jasolar.com](http://www.jasolar.com)

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.





MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	26.8kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet, 620pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0→±5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

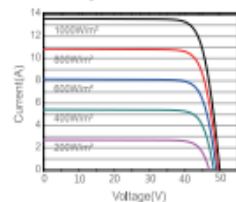
TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.05	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.36	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17
Max Power Current(Imp) [A]	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

OPERATING CONDITIONS

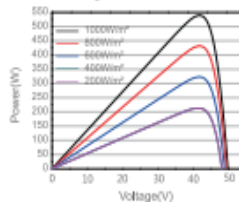
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C → +85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load,Back*	2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

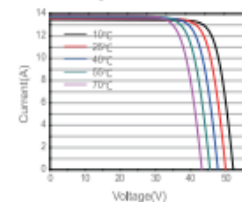
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



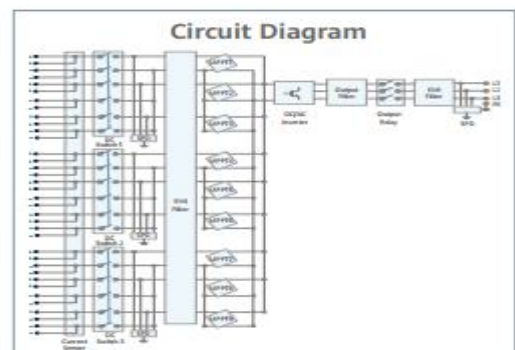
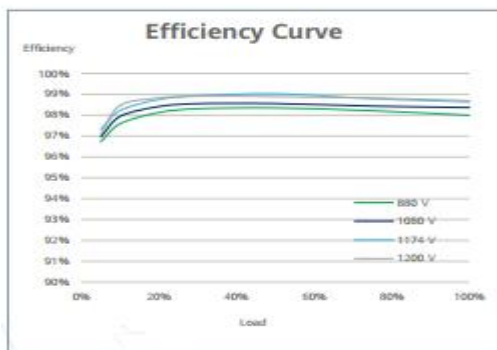
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



## დანართი-6: HUAWEI-ის წარმოებული ინვერტორის მონაცემები

ამ მოწყობილობის საპასპორტე მონაცემები აღებულია მწარმოებლის ოფიციალური კატალოგებიდან [36]:

### SUN2000-185KTL-H1 Smart String Inverter



SOLAR.HUAWEI.COM

SUN2000-185KTL-H1  
**Technical Specifications**

Efficiency	
Max. Efficiency	99.03%
European Efficiency	98.69%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V – 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Number of Inputs	18
Number of MPP Trackers	9
Output	
Nominal AC Active Power	175,000 W @40°C, 168,000 W @45°C, 160,000 W @50°C
Max. AC Apparent Power	185,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	185,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	126.3 A @40°C, 121.3 A @45°C, 115.5 A @50°C
Max. Output Current	134.9 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	84 kg (185.2 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C – 60°C (-13°F – 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 – 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Standard Compliance (more available upon request)	
Certificates	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, IEC 61727, P.O. 12.3, RD 1699, RD 661, RD 413, RD 1565, RD 1663, UNE 206007-1, UNE 206006

SOLAR.HUAWEI.COM

**დანართი-7: ELTAS-ს წარმოებული 0.8/10 და 10/35კვ  
ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორების მონაცემები**

ამ მოწყობილობების საპასპორტე მონაცემები აღებულია მწარმოებლის  
ოფიციალური კატალოგებიდან [35]:



**ELTAS-ს წარმოებული 10/35 კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორი**

**ELTAS-ს წარმოებული 10/35 კვ ძაბვის ძალოვანი ტრანსფორმატორის მონაცემები**

ტიპი	TP3036.350B
შესრულება	სამფაზა
ნომინალური სიმძლავრე, S <sub>n</sub>	15 მვა
- პირველადი (დაბალი)	10 კვ
- მეორადი (მაღალი)	35 kv
რეგულირება მაღალი ძაბვის მხარეს	+4-2 x 2.5% kv (6 საფეხური)
სიხშირე	50hc
- შეერთების ჯგუფი	Dyn11
- გრაგნილების ლითონი	სპლილენძი (Cu)
- გაცივების სისტემა	ONAN

მოკლე შერთვის ძაბვა	$U_k=10\%$
უქმი სვლის დანაკარგები	$P_0=15.041$ კვტ
მოკლე შერთვის დანაკარგები	$P_{cc} =93.708$ კვტ
უქმი სვლის დენი (PE1)	$I_0=0.10\%$
გაბარიტები	4812x4354x2770 MM
მანძილი საგორავებს შორის	1601x1799 MM
წონა (სატრანსპორტო)	43000 კგ
ზეთი	7500 კგ
სტანდარტი	IEC 60076



ELTAS-ს წარმოებული 0.8/10 კვ ძაბვის ძალივანი ტრანსფორმატორი

ELTAS-ს წარმოებული 0.8/10კვ ძაბვის ძალივანი ტრანსფორმატორის მონაცემები

#	მწარმოებელი	ELTAS TRANSFORMATOR A.
1	გრაგნილების ლითონი	სპლილენბი (Cu)
2	შეერთების ჯგუფი	Dyn11
3	ნომინალური სიმძლავრე	3 მვა
4	მაღალი და დაბალი ძაბვა	0,8/10 კვ

## დანართი-8: 35კვ ძაბვის კაბელის ტექნიკური მონაცემები

კაბელის საპასპორტო მონაცემები აღებულია მწარმოებლის ოფიციალური კატალოგებიდან [37]:

### Technical specification / Техническая спецификация

UGLICHCABLE  
MODERN CABLE SOLUTIONS

Nexans

ООО «Угли-кабель»  
UglichCable LLC

Document № TS-SN-636 / Документ № TC-CH-636en/ru  
MV power cables

#### Type of cable / Марка

### (N)A2XS(FL)2Y 1x300RM/25 20,3/35 (42) kV

Medium voltage cable, with aluminum conductor, with XLPE insulation, with a shield of copper wires, with longitudinal and transverse sealing, in a sheath of high-density polyethylene /

Кабель среднего напряжения, с алюминиевой токопроводящей жилой, с изоляцией из сшитого полиэтилена, с экраном из медных проволок, с продольной и поперечной герметизацией, в оболочке из полиэтилена высокой плотности.

#### Application / Применение

For laying in the ground, eliminating the mechanical damage to the cable, for installation on the route of complex configuration, is allowed on the air, in cable structures, the application of additional fire protection measures.

Для прокладки в земле, исключая механические повреждения кабеля, для прокладки по трассам сложной конфигурации, допускается прокладка на воздухе, в кабельных сооружениях, при применении дополнительных мер противопожарной защиты.

#### Design / Конструкция

##### 1. Conductor / Токопроводящая жила

Multistranded round aluminum compacted class 2 /  
Многопроволочная, круглая, уплотненная, алюминиевая, 2 класс.

##### 2. Conductor screen / Экран по токопроводящей жиле

Semi conductive cross linked compound / Полупроводящий сшитый компаунд.

##### 3. Insulation / Изоляция токопроводящей жилы

XLPE / Тривалостойкий сшитый полиэтилен.

##### 4. Insulation screen / Экран по изоляции

Semi conductive cross-linked compound / Полупроводящий сшитый компаунд.

##### 5. Electrically conductive waterproof tape / Электропроводящая водоблокирующая лента

##### 6. Metallic screen / Металлический экран

Copper wires / Медные проволочки.

##### 7. Waterproof tape / Водоблокирующая лента

##### 8. Radial watertightness / Поперечная герметизация

Aluminium laminated foil adhered to the inner surface of the sheath /  
Алюмополимерная лента спаянная с внутренней оболочкой.

##### 9. Outer sheath / Наружная оболочка

High density polyethylene / Полиэтилен высокой плотности.

#### Marking / Маркировка

Symbols on outer sheath black / Символы на черной оболочке

Uglichcable in technical partnership with (N)A2XS(FL)2Y 1x300RM/25 20,3/35 kV year meter /  
Угликабель в техническом партнерстве с NEXANS (N)A2XS(FL)2Y 1x300RM/25 20,3/35 kV год метраж



#### Standarts / Стандарты

IEC / МЭК 60502-2

GOST R / ГОСТ Р 55025

TU / ТУ 3530-004-58727764-2010



Operating temperature  
range / Диапазон рабочих температур  
-65...+50 °C



Minimum allowable  
installation temperature / Минимальная  
температура прокладки  
без подогрева  
-20 °C



Minimum bending radius  
during installation / Минимальный  
радиус изгиба при прокладке  
15 (d=)



Longitudinal sealing / Поперечная  
герметизация  
Radial watertightness  
Поперечная герметизация

## Design characteristics / Типоразмеры

No	Cable type* / Тип кабеля*	Conductor section* / Сечение жил* (mm <sup>2</sup> )	Conductor diameter* / Диаметр жилы* (mm)	Insulation thickness / Номинальная толщина изоляции (mm)	diameter of the insulation screen* / Диаметр по экрану изоляции* (mm)	Screen section* / Сечение экрана* (mm <sup>2</sup> )	Diameter outer cable* / Наружный диаметр кабеля* (mm)	Cable weight* / Вес кабеля* (kg/km)
1	(N)A2XS(FL)2Y 1x300RM/25 20,3/35 kV	300	20,0	8,5	40,1	25	48,7	2317

\* - In the table shows the characteristics of the calculated nominal value / в таблице указаны расчетные номинальные значения характеристик.

## Electrical characteristics / Электрические характеристики

No	Cable type* / Тип кабеля*	Conductor active electrical resistance at 20 °C, DC* / Сопротивление жил постоянному току 20 °C* (Ohm/km)	Conductor 1s short circuit current / Ток короткого замыкания жилы (kA)	Current screen 1s short circuit / Односекундный ток короткого замыкания экрана (kA)	Current rating of cable in ground / air** trifoil (A) Ток при прокладке кабеля в земле / воздухе,** (A) треугольником	Current rating of cable in ground / air** flat spaced (A) Ток при прокладке кабеля в земле / воздухе,** (A) в линию
1	(N)A2XS(FL)2Y 1x300RM/25 20,3/35 kV	0,100	28,2	4,8	476/611	477/690

\* - Given the calculated values of the quantities / указаны расчетные значения величин.

\*\* Thermal resistance of soil / удельное тепловое сопротивление грунта = 1,2 °K·m/Wm;

- Max soil temperature / макс температура грунта = 15 °C;
- Laying depth / глубина прокладки = 0,7 м;
- Temperature / температура воздуха = 25 °C;
- Solid bonded screens / глухое заземление экранов кабелей;
- There are no additional sources of heat and CL, there is no exposure to direct sunlight / отсутствуют дополнительные источники тепла и КЛ, отсутствует воздействие прямого солнечного излучения.



Operating temperature range / Диапазон рабочих температур  
-60...+50 °C



Minimum allowable installation temperature / Минимальная температура прокладки без подогрева  
-20 °C



Minimum bending radius during installation / Минимальный радиус кривизны при прокладке  
15 (D<sub>0</sub>)



Longitudinal sealing / Продольная герметизация.  
Radial watertightness / Поперечная герметизация

## Performance specifications / Эксплуатационные характеристики

Characteristics / Характеристики	Nominal value / Номинальное значение
Environmental operating temperature range / Диапазон температур окружающей среды для эксплуатации	-60...+50 °C
Minimum allowable installation temperature / Минимально допустимая температура прокладки без подогрева	-20 °C
Continuous allowable temperature for cores / Длительно допустимая температура нагрева токопроводящих жил	90 °C
Maximum allowable short circuit temperature for cores / Допустимая температура нагрева токопроводящих жил при коротком замыкании	250 °C
Minimum bending radius during installation, outer diameter / Минимальный радиус изгиба кабеля при монтаже, наружных диаметров	15xDн



Operating temperature range / Диапазон рабочих температур  
-60...+50 °C



Minimum allowable installation temperature / Минимальная температура прокладки без подогрева  
-20 °C



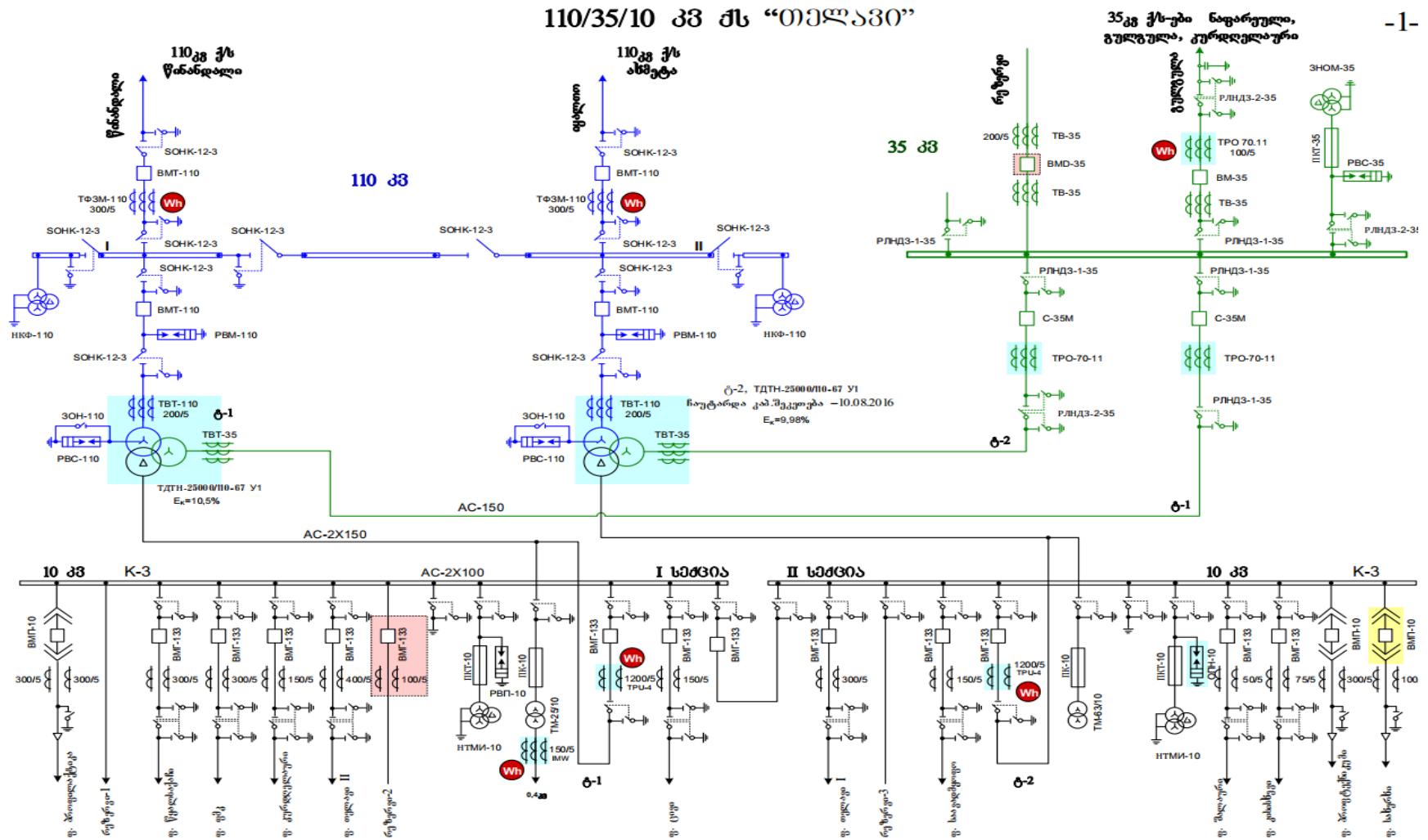
Minimum bending radius during installation / Минимальный радиус изгиба при прокладке  
15 (xDн)



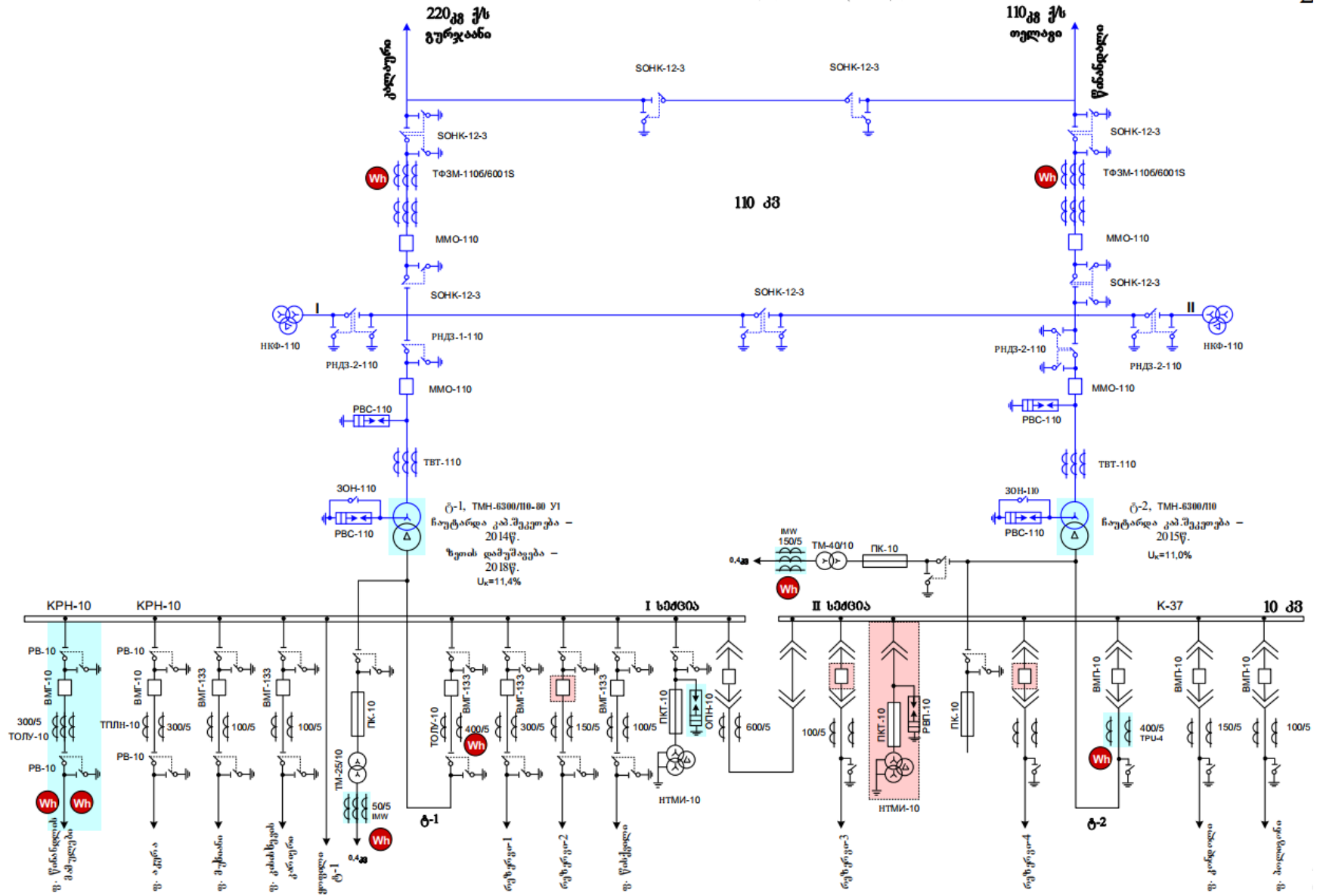
Longitudinal sealing / Продольная герметизация  
Radial watertightness  
Поперечная герметизация



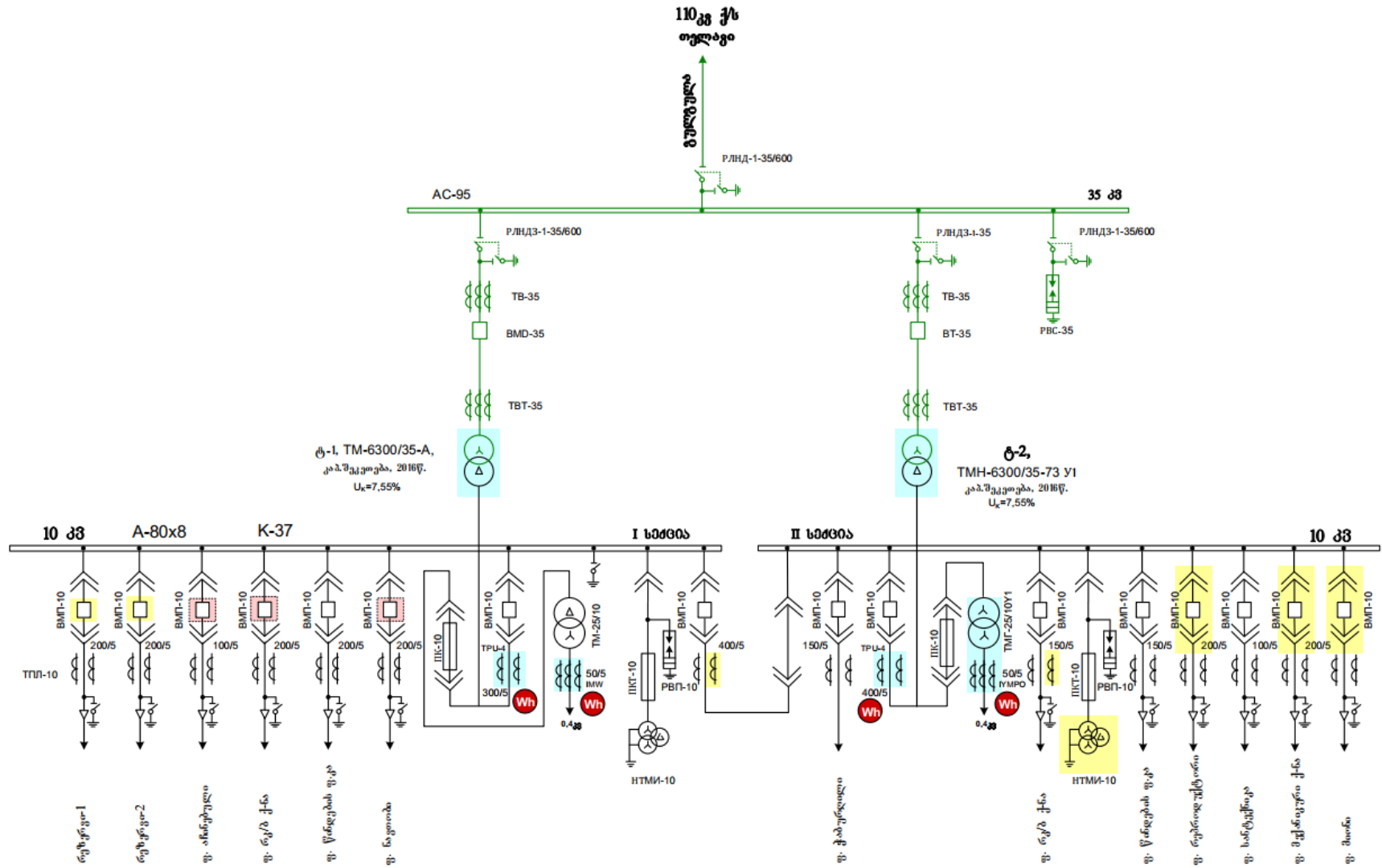
**დანართი-9: თელავის რაიონის მაღალი ძაბვის ქვესადგურების ცალხაზოვანი სქემები**  
 ქვემოთ მდებარე ცალხაზოვანი სქემები ქ. თელავში „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ რეგიონალურ ოფისში ვიზიტის დროს არის მოპოვებული.



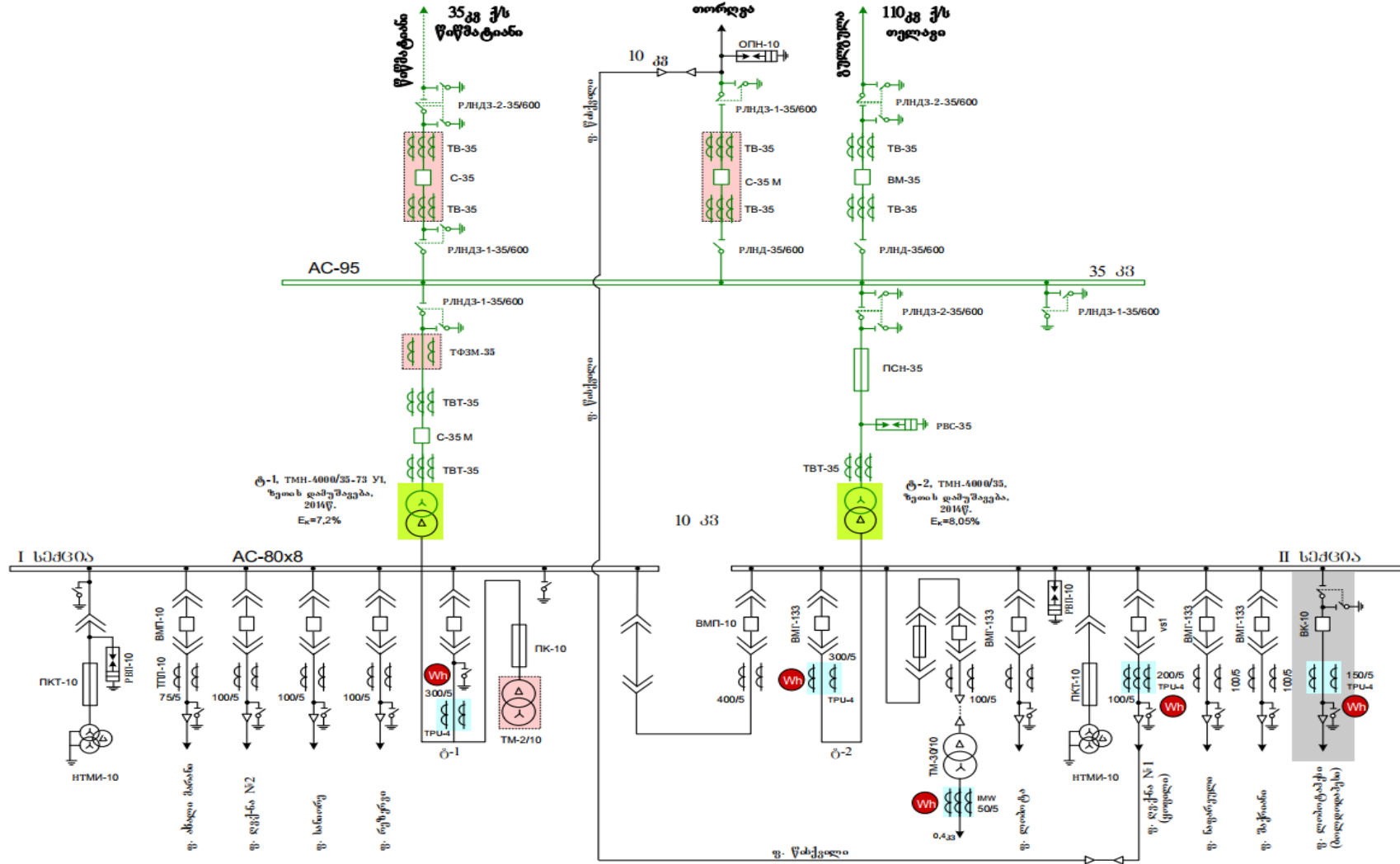
# 110/10 კვ ძს “წინანდლი”



# 35/10 კვ ძს “კურდღელაური”



### 35/10 კვ ძს “ნაფარეული”



# 35/10 კვ ძს “გულგულა”

