

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გივი კუბლაშვილი

**საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები და მათი
გამოყენების ტექნიკურ- ეკონომიკური გამოკვლევა**

ელექტროენერგეტიკაში ინჟინერიის (0405) დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

ქუთაისი, 2017 წელი

ნაშრომი შესრულდა აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციების დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

ეკონომიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი **დემურ ჩომახიძე**

პროფესორი **ომარ ზივზივაძე**

რეცენზენტები: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი **ნოდარ მირიანაშვილი**

ასოცირებული პროფესორი **ფრიდონ ახალაძე**

დისერტაციის დაცვა შედგება „____“ _____

საინჟინრო- ტექნიკური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს მიერ შექმნილ სადისერტაციო კომისიის სხდომაზე. მისამართი: 4600. ქუთაისი. ახალგაზრდობის გამზირი 98, VII კორპუსი აუდ. №101.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში მისამართზე: 4600. ქუთაისი. თამარ მეფის ქ. 59.

ავტორეფერატი დაიგზავნა „____“ _____

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი _____ /ნ. სახანბერიძე/

თემის აქტუალობა. XXI საუკუნეში კაცობრიობა და სათბობ- ენერგეტიკული კომპლექსი დიდი გამოწვევების წინაშე დგას. ექსპერტთა დასკვნით, გასულ საუკუნეში ბუნებრივი აირის, ნავთობის და ასე ვთქვათ „ადვილად მოსაპოვებელი“ სხვა ენერგორესურსების უყარათო ხარჯვის შედეგად და დღევანდელი ტემპით მათი გამოყენების პირობებში XXI საუკუნის მეორე ნახევარში ნახშირწყალბადოვანი ენერგორესურსები ამოიწურება. ამავე დროს ენერგორესურსების არარაციონალურმა გამოყენებამ სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემები შექმნა. ყოველივე ეს კაცობრიობას და სათბობ- ეკონომიკური კომპლექსის განვითარებას ახალ, რადიკალურად განსხვავებულ მოთხოვნებს უყენებს. ცხადი ხდება, რომ გლობალური მასშტაბით, XXI საუკუნეში მსოფლიო ენერგეტიკის განვითარება არაგანახლებადი ორგანული რესურსების გამოყენებიდან, თანდათან არატრადიციული, განახლებადი და პრაქტიკულად ულვევი წყაროების გამოყენებაზე უნდა გადავიდეს.

საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსთვის, რომელიც არატრადიციული, განახლებადი ენერგორესურსებით მდიდარია და იგი გარკვეულწილად ავსებს ქვეყანაში ნახშირწყალბადოვანი ენერგორესურსების სიმცირეს. განსაკუთრებით საყურადღებოა ის გარემოება, რომ განახლებადი ენერგორესურსები, გარდა ჰიდროენერგორესურსებისა, ჯერ- ჯერობით ფაქტობრივად არ გამოიყენება.

ცხადია, ასეთ პირობებში საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკულ რესურსებსა და მათ პრაქტიკულ გამოყენებაზე ტექნიკურ- ეკონომიკური კვლევის ჩატარება აქტუალურია როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული თვალსაზრისით. მით უმეტეს, მაშინ როცა ამ მიმართულებით ქვეყანაში ჩატარებული სამეცნიერო- კვლევითი სამუშაოების სიმცირეა.

ნაშრომში განხილულია განახლებადი ენერგორესურსები, გარდა ჰიდროენერგეტიკული რესურსებისა, შესაბამისად ჩემს მიერ ქვემოთ არაერთხელ ნახსენებ ტერმინებში არატრადიციული და ალტერნატიული ენერგეტიკა, მოიაზრება განახლებადი ენერგეტიკის მცნებაც.

პრობლემის მეცნიერული შესწავლის მდგომარეობა. საქართველოში არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების პრობლემები არაერთხელ იყო შესწავლილი და გაშუქებული როგორც ქართველი, ისე უცხოელი მეცნიერების მიერ, მათ შორის აღსანიშნავია: არაბიძე გ., ვეზირიშვილი ო. და ვეზირიშვილი ქ., ზედგენიძე ა., მირიანაშვილი ნ., მელაძე ნ. უფროსი, მელაძე ნ. უმცროსი, ჟორდანიანი ი., სულიანი ნ., ქებურია მ., ცერცვაძე გ., ხაჩატურიანი რ., ჯამარჯაშვილი ვ. და კიდევ სხვა მრავალი, ამ დარგში მოღვაწე წამყვანი სპეციალისტების მიერ, თუმცა ფაქტია, რომ მათი პრაქტიკული რეალიზაცია ჭიანურდება.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი და ამოცანები. საქართველოში არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების დონის ამაღლების გზებისა და შესაძლებლობების გამოვლენა და მეცნიერული დასაბუთება. ამ მიზნით ნავარაუდებია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

- საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული არატრადიციული ენერგორესურსების პოტენციალისა და მათი გამოყენების ტექნიკურ- ეკონომიკური დონის შეფასება;
- მსოფლიოში არატრადიციული ენერგეტიკის სფეროში მიღწევების შესწავლა და მისი შედარებითი ანალიზი საქართველოში არსებულ მდგომარეობასთან;

- საქართველოს პირობებისათვის არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების გავლენის შეფასება წარმოების ეკონომიკურ მაჩვენებელზე, ეკოლოგიურ და სოციალურ მდგომარეობაზე ტრადიციულ ენერგორესურსებთან შედარებით, ასევე მისი განვითარების ოპტიმიზაციისათვის ტექნიკურ- ეკონომიკური პოტენციალის დასაბუთება.

კვლევის ობიექტია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები; მათ შორის მზის, ქარის და გეოთერმული ენერჯია. აგრეთვე ენერგეტიკის პერსპექტიული მიმართულებები, კერძოდ, ბიოენერჯეტიკა, თბური ტუმბოები, ოკეანის და წყალბადის ენერჯეტიკა.

კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური საფუძველი: თანამედროვე ეკონომიკისა და ტექნიკის თეორია მატერიალური დოვლათის კვლავწარმოების კანონზომიერების შესახებ. დისერტაციაში გამოყენებულია კვლევის ზოგადმეცნიერული მეთოდები: ანალიზი, სინთეზი, ლოგიკური და კომპიუტერული მოდელირება, საექსპერტო შეფასებები. ნასარგებლებია ჩვენი ქვეყნისა და უცხოელი მეცნიერების ნაშრომებით არატრადიციული ენერჯეტიკის შესახებ.

კვლევის საინფორმაციო ბაზა: გამოყენებულია ჩვენი ქვეყნისა და ზოგიერთი სხვა სახელმწიფოს საკანონმდებლო და ნორმატიული დოკუმენტები, საქართველოში მოქმედი, ამ სფეროში მოღვაწე კომპანიების („ქარენერჯო“, „საქბურლგეოთერმია“, „სპეცპელიომონტაჟი“, „ქებული კლიმატი“) მონაცემები, ამ დარგში მომუშავე მეცნიერთა შრომები, სტატისტიკის სამსახურის მიერ გამოცემული ინფორმაციული მასალები და ა.შ.

სადისერტაციო კვლევის მეცნიერული სიახლე:

- დასაბუთებულია არატრადიციული ენერჯეტიკის მზარდი როლი და მნიშვნელობა საქართველოს ეკონომიკაში. გაღრმავებულია წარმოდგენა ამ დარგის როლის შესახებ საქართველოს სათბობ- ენერჯეტიკულ კომპლექსში;
- განვითარების თანამედროვე ეტაპზე შესწავლილია საქართველოს არატრადიციული ენერჯეტიკის ყველა დარგის მდგომარეობა, განვითარებაში არსებული ხარვეზები, რეზერვები და შესაძლებლობები; დაზუსტებულია არატრადიციული ენერჯეტიკის სფეროში საქართველოს ბუნებრივი რესურსები ყველა სახეობის მიხედვით, აგრეთვე მათი ათვისების ხარისხი;
- მოცემულია დასაბუთებული წინადადებები საქართველოში ენერჯეტიკის ისეთი პერსპექტიული დარგების განვითარებისათვის როგორცაა ბიოენერჯეტიკა, თბური ტუმბოების გამოყენება და წყალბადის ენერჯეტიკა;
- მეცნიერულად შესწავლილია საქართველოს მზის, ქარის, თერმული წყლების რესურსების თბური სიმძლავრეების ოდენობა ცალკეული რეგიონების მიხედვით;
- ნაშრომში გამოკვლეულია არატრადიციული და ტრადიციული ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების საპროექტო ტექნიკურ- ეკონომიკური მაჩვენებლები, მათ დასადგამად საჭირო ინვესტიციების რაოდენობა და მარგი მუშაობის ხანგრძლივობა წელიწადში.

ავტორის წვლილი: ჩამოყალიბებული მაქვს კვლევის შედეგად მიღებული სიახლეები. დახასიათებულია ამ მიმართულებით გასატარებელი ღონისძიებები.

აღნიშნულია, რომ საქართველომ კვლავაც უნდა გააგრძელოს მდიდარი და ეკონომიკურად ამჟამად მისაღები ჰიდრორესურსების ათვისება, მაგრამ შეუნელებელი ყურადღება უნდა მიექცეს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენებას, რათა იგი ტექნიკურ- ეკონომიკურად კონკურენტუნარიანი გახდეს სხვა ენერჯიაშემცველებთან მიმართებაში. მიღებული დასკვნები ეყრდნობა იმ მიდგომების შემუშავებას, რომელიც ეფუძვნება თანამედროვე სამეცნიერო- მეთოდურ მიღწევებს და ხელს უწყობს დარგში არსებული რეზერვების გამოვლენას. სამეცნიერო წვლილის ელემენტები ასახულია ჩატარებული კვლევების შედეგებში და გამოტანილია დასაცავად.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული იქნა საერთაშორისო კონფერენციებზე.

სადისერტაციო თემასთან დაკავშირებით გამოქვეყნებულია ოთხი პუბლიკაცია, ორი აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის „მომბე“- ში და გაკეთებულია ორი მოხსენება- მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაში.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა. წარმოდგენილი ნაშრომი მოიცავს კომპიუტერზე ნაბეჭდ 103 გვერდს, რომელშიც იგულისხმება 27 ნახაზი და ცხრილი. იგი შედგება შესავლის, ოთხი თავის, 13 პარაგრაფის, დასკვნებისა და ლიტერატურისაგან. ბიბლიოგრაფიული ჩამონათვალი შეიცავს 92 წყაროს.

სადისერტაციო ნაშრომის შინაარსი

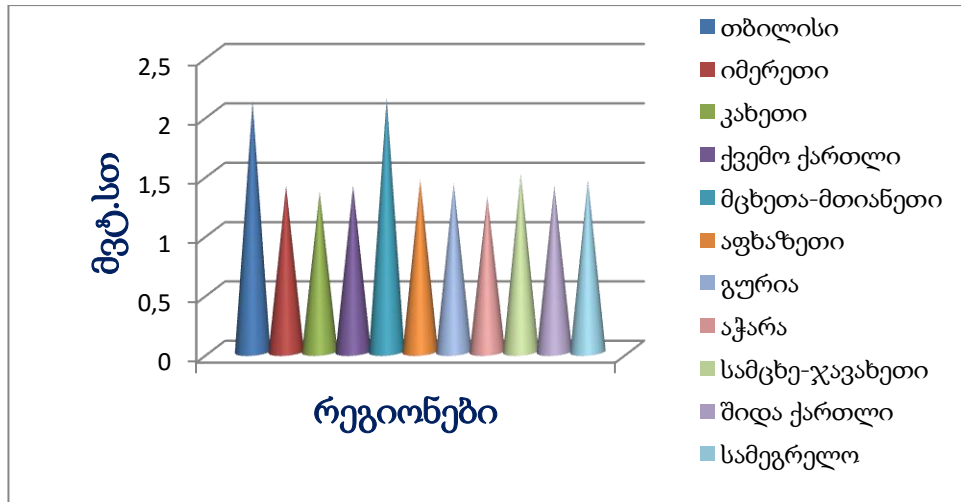
პირველ თავში, „საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები“ დახასიათებულია საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები, მათი რაოდენობა და ხარისხობრივი მაჩვენებლები. წარმოდგენილია ნაშრომში უკვე ნახსენები და არსებული მონაცემების საფუძველზე საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების მზის, ქარის, გეოთერმული წყლების შესაძლო ეკონომიკურ- ენერგეტიკული სარგებლიანობის შემაჯამებელი ცხრილი რეგიონების მიხედვით (იხ. ცხრ. 1.4): (ცხრილში მოცემული მონაცემები არის საშუალო რეგიონში არსებული რესურსების, შესაძლებელია რაიონის ერთი რომელიმე პუნქტის მონაცემები, მეტი იყოს მთლიანად რეგიონის მონაცემზე).

ცხრილი 1.4

საქართველოს მზის, ქარის, თერმული წყლების რესურსების თბური სიმძლავრეები ცალკეული რეგიონების მიხედვით.

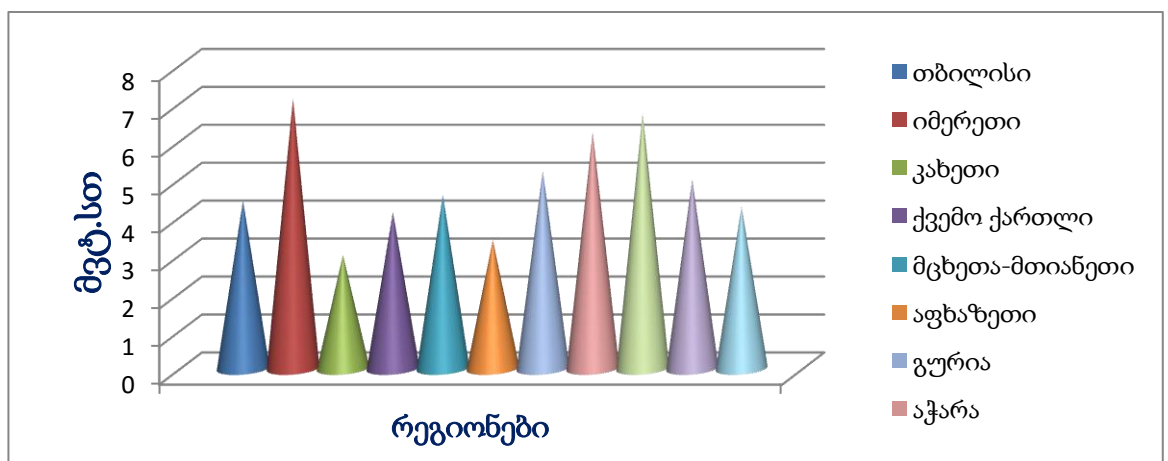
| რეგიონები | მზის რადიაციის ჯამური მოდინება წელიწადში (კვტ.სთ/მ ²) | 3 მ/წმ-ზე მეტი ან ტოლი ქარის სიჩქარის ჯამური ხანგრძლივობა წელიწადში რეგიონების მიხედვით (სთ) | თერმული წყლების საბადოების დებეტის თბური სიმძლავრეები (მვტ.სთ.) |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| თბილისი | 2107 | 4436 | 7,32 |
| იმერეთი | 1350-1400 | 7127 | 21 |
| კახეთი | 1349 | 3000 | 2,55 |
| ქვემო ქართლი | 1400-1450 | 4131 | - |
| მცხეთა- მთიანეთი | 2147 | 4591 | 0,04 |
| აფხაზეთი | 1451 | 3395 | 164,95 |
| გურია | 1426 | 5223 | - |
| აჭარა | 1308 | 6243 | - |
| სამცხე- ჯავახეთი | 1400-1600 | 6740 | 5,83 |
| შიდა ქართლი | 1350-1450 | 5000 | 2,14 |
| სამეგრელო | 1451 | 4280 | 102,1 |

1.4 ცხრილის მონაცემების მიხედვით წარმოდგენილია თითოეული რეგიონის 1მ^2 - ზე წელიწადის განმავლობაში დაცემული საშუალო რადიაციის ჰისტოგრამა (იხ. ნახ. 1.5), მასზე დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ წელიწადში მზის რადიაციის ჯამური მოდინება, ყველაზე მეტია თბილისის ($2,11$ მგვტ.სთ/ მ^2) და მცხეთა- მთიანეთის რეგიონში ($2,15$ მგვტ.სთ/ მ^2) [30].



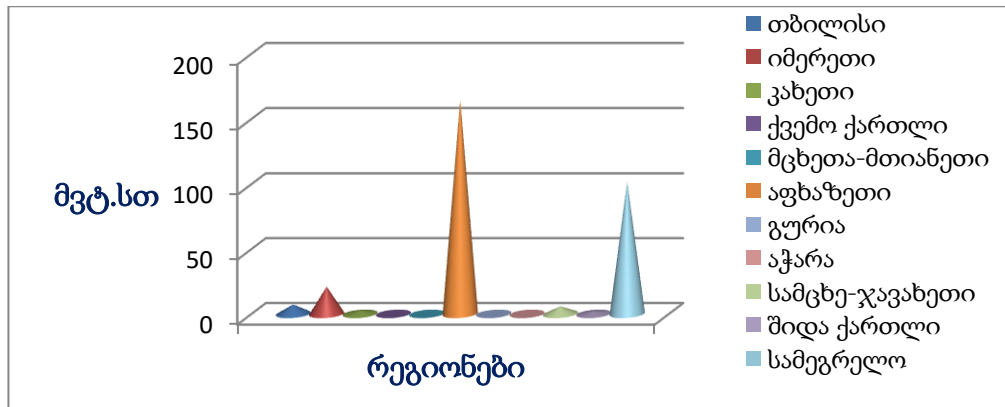
ნახაზი 1.5 საქართველოს რეგიონის 1მ^2 - ზე წელიწადში დაცემული მზის საშუალო რადიაცია.

მოცემულია ქარის 1 კვტ. დადგმული სიმძლავრის გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა თითოეული რეგიონისათვის, (იხ. ნახ. 1.6). თვალნათლივ ნაჩვენებია, რომ მაღალი მ.ქ.კ. გვექნება იმერეთის და სამცხე- ჯავახეთის რეგიონებში, სადაც 1 წლის განმავლობაში 3 მ/წმ- ზე მეტი ან ტოლი ქარის ჯამური ხანგრძლივობა, რომელიც ითვლება ქარის ტურბინის ფუნქციონირებისათვის მუშა სიჩქარედ, ყველაზე მეტია ამ რაიონებში.



ნახაზი 1.6. 1 კვტ. დადგმული ქარის გენერატორის შესაძლო გამომუშავება წელიწადში საქართველოს რეგიონების მიხედვით (მგვტ/სთ).

რეგიონში არსებული თერმული წყლების საბადოების საერთო დებეტის ჯამის მოცულობის და ტემპერატურის გაანალიზებით (იხ. ნახ. 1.7) ნაჩვენებია, რომ სამეგრელოს და აფხაზეთის რაიონებში, რომლებიც გამოირჩევიან საქართველოში თერმული წყლების ყველაზე მეტი დებეტით, სადაც არის ქვეყნის თერმული წყლების მარაგის თითქმის 90%, უნდა მოხდეს გეოთერმული ენერგეტიკის აღსადგენად და გასანვითარებლად ძალების დახარჯვა სახელმწიფოს და საზოგადოების მიერ.



ნახაზი 1.7 საქართველოს რეგიონების თერმული წყლების დებეტის სიმძლავრეები (მცტ.).

საქართველოს რეგიონების არატრადიციული რესურსების ცხრილის და ჰისტოგრამების გაანალიზებით ნაჩვენებია, რომ თითოეულ რეგიონში ალტერნატიული ენერგეტიკის იმ მიმართულებების განვითარება უნდა ხდებოდეს, რომლის რესურსი და ხარისხობრივი მაჩვენებელი იქ მეტია სხვა რაიონებთან შედარებით.

მეორე თავში, „არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსების გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი“ წარმოდგენილია არატრადიციული და ტრადიციული ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების საპროექტო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ცხრილი (იხ. ცხრ. 2.2) შედარებისთვის და დასკვნებისთვის: შედარებისთვის აღებულია ჰიდროელექტროსადგურის მონაცემები და შედარებულია სხვა ტრადიციული თუ არატრადიციული ელექტროსადგურების მონაცემებთან. ნაჩვენებია, რომ მზის ელექტროსადგურის 1 კვტ. სიმძლავრის დადგმა ყველაზე დიდ ინვესტიციას მოითხოვს 13715 ა.შ.შ. დოლარი, რომელიც 8-ჯერ აღემატება 1 კვტ. ჰიდროელექტროსადგურის ენერჯის დასადგამად საჭირო თანხას (1616 ა.შ.შ. დოლარი), ამასთან ერთად მზის ელექტროსადგურის წელიწადში მუშაობის ხანგრძლივობა მხოლოდ 1048 სთ-ის ტოლია, რაც 5-ჯერ ნაკლებია ვიდრე ჰესის გამომუშავების ხანგრძლივობა (5194 სთ. წელიწადში). ანგარიშმა გვიჩვენა, რომ მზის ელექტროსადგურში თანხის დაბანდება 40-ჯერ წამგებიანია ინვესტორისათვის, ვიდრე ჰიდროელექტროსადგურში. ანგარიშის გაანალიზებამ დაგვანახა, რომ ქარის ელექტროსადგური კონკურენტუნარიანია ჰიდროელექტროსადგურთან მიმართებაში, 1 კვტ. სიმძლავრის დასადგამად თითქმის ერთნაირი ოდენობის ინვესტიცია სჭირდებათ ორივეს (ჰიდრო- 1616, ქარი- 1690). 2.2 ცხრილმა დაგვანახა, რომ თბოელექტროსადგურის გაშვება მოითხოვს ყველაზე დაბალ ინვესტიციას 1 კვტ-ზე (956,6 ა.შ.შ. დოლარი), ამასთან ერთად წელიწადის განმავლობაში სხვა სამივე ელექტროსადგურთან შედარებით ყველაზე ხანგრძლივი გამოყენების დროით გამოირჩევა (7608 სთ.), მაგრამ გასათვალისწინებელია ის, რომ გარემოზე ზემოქმედებს

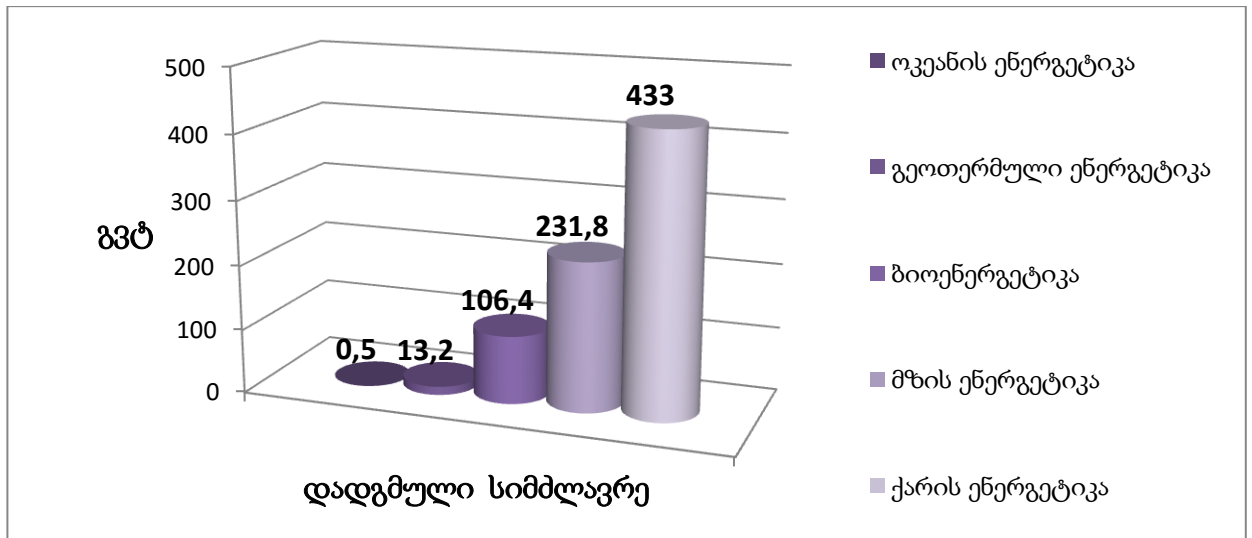
უარყოფითად, ავსებს ატმოსფეროს სათბური აირებით. ეკონომიკურმა კვლევამ გვიჩვენა, რომ ჰესების და თესების მუშაობა ინვესტორებისათვის მომგებიანია, მაგრამ ნათლად გამოჩნდა ქარის ელექტროსადგურის კონკურენტუნარიანობა მათთან მიმართებაში.

ცხრილი 2.2

არატრადიციული და ტრადიციულ ენერგორესურსებზე მომუშავე ელექტროსადგურების საპროექტო ტექნიკურ- ეკონომიკური მაჩვენებლები.

| ელ. სადგურები | მდებარეობა | დადგმული სიმძლავრე | ელ. ენერჯის გამომუშავება | საჭირო ინვესტიციების მოცულობა (მლნ. ა.შ.შ. დოლარი) | მათ შორის 1 კვტ -ზე (ა.შ.შ. დოლარი) | გამოყენებული საათების რაოდენობა |
|---------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| მზის | თბილისის აეროპორტი | 350 კვტ. | 367 კვტ.სთ. | 4,8 | 13715 | 1048 |
| ქარის | გორის რაიონი | 20,7 მვტ. | 88 მლნ.კვტ. სთ. | 35,0 | 1690 | 4251 |
| თესი | გარდაბანი | 230 მვტ. | 1750 მლნ.კვტ. სთ. | 220,0 | 956,6 | 7608 |
| ჰესი | ყაზბეგის რაიონი (თერგიჰესი) | 26,3 მვტ. | 136,6 მლნ.კვტ. სთ. | 42,5 | 1616 | 5194 |

გამოკვლეულია მსოფლიოში ყოველწიურად მზარდი ალტერნატიული ენერჯის გარდაქმნელების მოცულობა, რომელმაც 2015 წელს საერთო დადგმული სიმძლავრით 785 გვტ- ს მიაღწია (იხ. ნახ. 2.4), სადაც კოლოსალურია ქესების წილი, 433 გვტ, მეორე ადგილზეა მზის დანადგარები 231,8 გვტ, დიდი მოცულობა აქვს ბიოენერჯეტიკას 106,4 გვტ, შედარებით მცირეა გეოთერმული ენერჯეტიკა ნახსენებ სადგურებთან შედარებით 13,2 გვტ. და სულ უმნიშვნელო ყველა დანარჩენთან ოკეანის ენერჯეტიკა 0,5 გვტ- მდე.

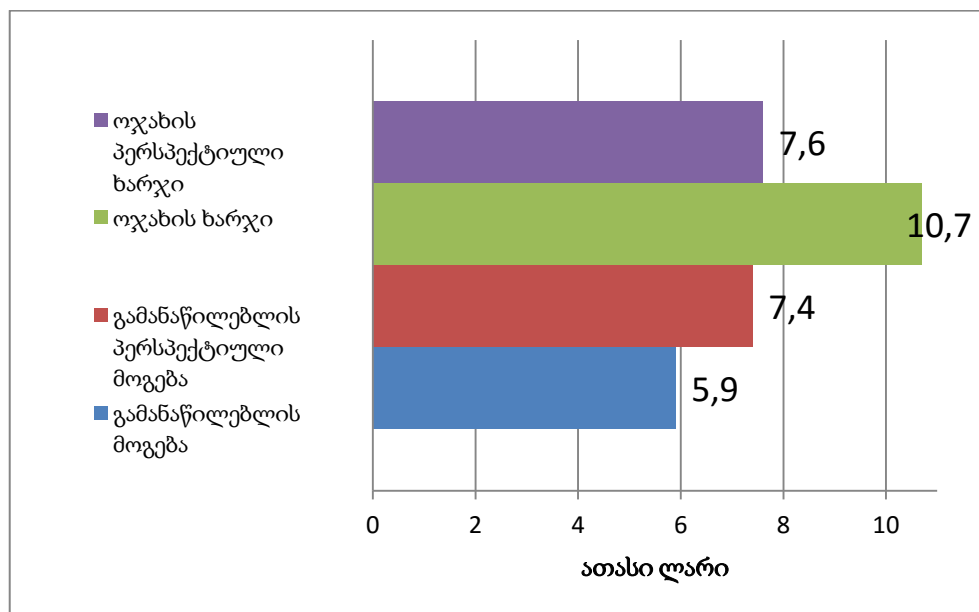


ნახაზი 2.4 მსოფლიოში 2015 წლის მონაცემებით ალტერნატიული ენერგეტიკის დადგმული სიმძლავრე

მესამე თავი, „არატრადიციული ენერგეტიკის განვითარების ძირითადი მიმართულებები“ ეხება საქართველოში და მსოფლიოში არატრადიციული ენერგეტიკის განვითარების დონეს და მიმართულებებს. მოცემულია ანგარიშები საქართველოში მზის ფოტოვოლტაიკური, ვაკუუმირებულ მილებიანი კოლექტორის და გეოთერმული ენერჯის ეკონომიკური მომგებიანობის საყოფაცხოვრებო და კომერციული დანიშნულებით გამოყენების შემთხვევაში და ნაჩვენებია ჩატარებული ექსპერიმენტიც.

დაანგარიშებულია საქართველოში სამი გამანაწილებელი კომპანიის მონაცემების, საყოფაცხოვრებო სექტორში გამოყენებული ელექტროენერჯის და დარეგისტრირებული აბონენტების მიხედვით ერთი ოჯახის საშუალო ხარჯი წელიწადში (1582,3 კვტ.სთ.). გამოთქმული გვაქვს სამომავლოდ პერსპექტიული მოსაზრება, რომელიც გამტკიცებული არის შემდეგი დაანგარიშებით: საქართველოს ერთ-ერთი უმსხვილესი ელექტროენერჯის გამანაწილებელი კომპანია ენერგო-პრო ჯორჯია თუ დაუმონტაჟებს თითოეულ ასეთ მოსახლეს თავისი ხარჯებით ან სახელმწიფო სუბსიდირებით მზის მცირე ელექტრო სადგურებს, მაგალითად 80 ვტ- იან 22 ცალ მზის ელემენტების კომპლექტს, თავისი „ჭკვიანი“ ელექტროენერჯის ორმხრივი აღრიცხვის მრიცხველებით, რომლის ღირებულება სულ იქნება (1760*6) 10560 ლარი, ამას დამატებული მრიცხველის, კონტროლერის, გარდამქმნელის, რკინის კონსტრუქციის და მონტაჟის ღირებულება 350 ლარი, ე.ი. სულ 10910 ლარი. თითოეულის დადგმული სიმძლავრე იქნება (80*22=1760 ვტ) 1,76 კვტ. საქართველოში წელიწადში საშუალოდ არის 1800 მზიანი საათი, თითოეული ასეთი მზის ელემენტების კომპლექტის გამომუშავებული სიმძლავრე იქნება (1800*1,76) 3168 კვტ.სთ. ცალკეული ესეთი მოსახლე, რომელიც იხდიდა წელიწადში (1582,3*16,931) 267,90 ლარს, ენერგო-პრო ჯორჯიას აძლევდა წელიწადში (1582,3*(16,931-7,534)) 148,69 ლარის მოგებას (თბოელექტროსადგური 7,534 თეთრად ყიდის 1 კვტ.სთ. გამომუშავებულ ელექტროენერჯიას). იმის გათვალისწინებით, რომ მზის ელემენტების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 40 წელიწადია, გამანაწილებელ კომპანიას ამ ხნის განმავლობაში დარჩებოდა (148,69*40) 5947,6 ლარი მოგება. 40 წელიწადში თითოეული მზის ელემენტის კომპლექტი გამოიმუშავებს (3168*40) 126720 კვტ.სთ.- ს, ოჯახი გამოიყენებს

(40*1582,3) 63292 კვტ.სთ- ს, ე. ი. ქსელში დაუბრუნდება (126720-63292) 63428 კვტ.სთ., რომლის ღირებულება იქნება (63428*16,931/100) 10739 ლარი, გამანაწილებელ კომპანიას შეუძლია ასეთ მოსახლეს, რომელსაც მზის ელემენტების კომპლექტი დაუყენა, „ჭკვიანი“ ორმხრივი აღრიცხვის მრიცხველის მეშვეობით გააკონტროლოს და 16,931 თეთრის ნაცვლად თითოეულ მოხმარებულ კვტ/სთ- ზე გადაახდევინოს ნაკლები ტარიფი, მაგალითად 12 თეთრი, ე.ი. ესეთი მოსახლე 40 წელიწადში გადაიხდის (40*267,9) 10716 ლარის ნაცვლად, (63428*0,12) 7611,36 ლარს, ექნება (10716-7611,36) 3104,64 ლარის ეკონომია. გამანაწილებელ კომპანიის მოგება იქნება (10739+7611,36-10910) 7440,36 ლარი, 97440,36- 5947,6) 1492,76 ლარით მეტი ვიდრე ჩვეულებრივ პირობებში. ე.ი 10910 ლარის ინვესტიციით, თითოეული საყოფაცხოვრებო მოხმარების აბონენტი იღებს 3 000 ლარამდე დანაზოგს, გამანაწილებელი კომპანია 1500 ლარამდე მეტ მოგებას თითოეულ 1,76 კვტ. სიმძლავრის დამონტაჟებულ მზის ელემენტების კომპლექტზე, 1000 ესეთ მოსახლეზე ექნება (1500*1000) 1500000 ლარით მეტი მოგება. თუ გვექნება იმ რაოდენობის ასეთი სახლები, რომ თანდათანობით მოვახერხოთ 2015 წელს თბოელექტროსადგურების გამომუშავებული ელექტროენერჯის ჩანაცვლება, (2015 წელს თბოელექტროსადგურებმა შეიძინეს 649 მლნ. მ³ ბუნებრივი აირი) 40 წელიწადში ატმოსფეროში გვექნება (40*649 მლნ. მ³/1000*1,9=49324000 კგ) 49324 ტონით ნაკლები სათბური აირების ემისია. ასევე ჩვენი გათვლები გვამლევს საფუძველს, რომ დავაინტერესებთ დამოუკიდებელ უცხოელ თუ ადგილობრივ ბიზნესმენებს, ფონდებს, ბანკებს, რომ ინვესტირება განახორციელონ ენერჯეტიკის სექტორში, ჩვეულებრივ და გაზრდილ მოგებათა სხვაობა დარჩეთ მათ მოგების სახით.



ნახაზი 3.4 გამანაწილებელი კომპანიის პერსპექტიული და რეალური მოგება და ოჯახის ელექტროენერჯის გადასახდელი თანხა რეალურად და მზის ფოტოვალენტური ელემენტების დადგმის შემთხვევაში 40 წელიწადში (ათასი ლარი).

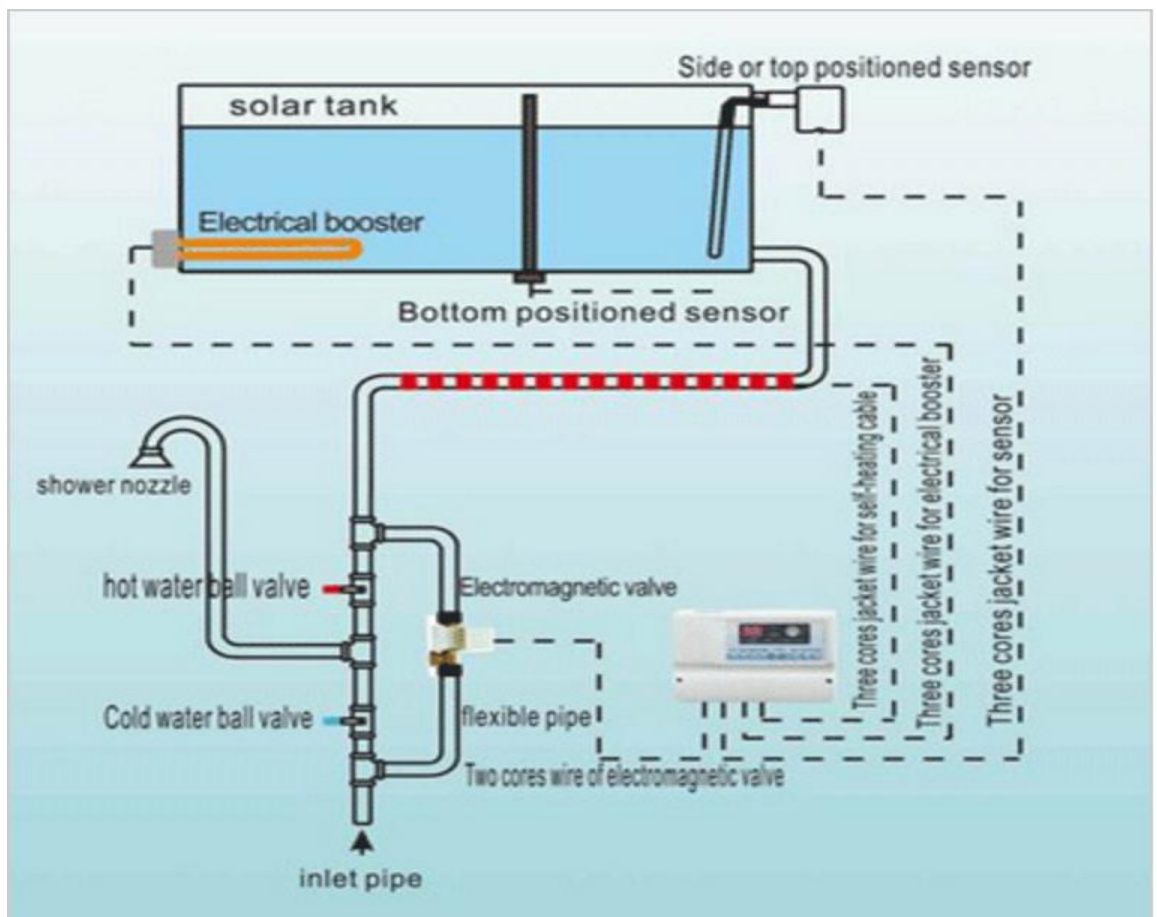
ჩავატარეთ ექსპერიმენტი, მისი მიზანი იყო მზის ვაკუუმირებულ მილებიანი კოლექტორის გამოყენებით, საცხოვრებელი ფართის ცხელ- წყალმომარაგებისათვის

წელიწადში მიღებული კომუნალური გადასახადის ეკონომიის დადგენა და კოლექტორის ღირებულების ამოღებადობის დროის განსაზღვრა.

ექსპერიმენტის მეთოდი მდგომარეობდა შემდეგში, ვაკვირდებოდით დღე-ღამის განმავლობაში თუ რა მოცულობას და რა ტემპერატურამდე აცხელებდა მზის წყალგამაცხელებელი, მასში მდებარე წყლის რაოდენობას.

დაკვირვება მოვახდინეთ ერთი წლის განმავლობაში ქუთაისში 5 წევრისგან შემდგარ ოჯახში მდებარე მზის 230 ლიტრიან წყლის თვითღინებით მიწოდების მქონე წყალგამაცხელებელზე, რომლის ექსპლუატაცია მიმდინარეობდა მზის წყალგამაცხელებლის ავტომატური მარეგულირებლის SR 500-ის დახმარებით.

მზის წყალგამაცხელებელთან კონტროლერის მიერთების სქემა მოცემულია 3.6 ნახაზზე, სადაც ჩანს რომ კონტროლერი SR 500 დაკავშირებულია წყალგამაცხელებელში ჩამონტაჟებულ ელექტრო ტენს, გაცხელების უნარის მქონე სადენს, სენსორებს და ელექტრო-მაგნიტურ სარქველს, რომლის მეშვეობითაც ასრულებს დამახსოვრებულ ფუნქციონალურ ბრძანებებს.



ნახაზი 3.6 კონტროლერის მზის წყალგამაცხელებელთან მიერთების სქემა

მზის წყალგამაცხელებელს კონტროლერით მიცემული ქონდა შემდეგი ბრძანებები: ეკრანზე წყლის დონის, ტემპერატურის და თარიღის ჩვენება. ჩართული იყო დროის რეჟიმით შევსების ფუნქცია, ავზი ივსებოდა ყოველ ღამე 4 საათზე. მიცემული ქონდა წყლის ტემპერატურის დაყენების ბრძანება, მოთხოვნილი იყო ავზში

წყლის ტემპერატურა 90 °C და თუ წყლის ტემპერატურა მოთხოვნილზე ნაკლები იქნებოდა, ჩართულიყო წყალგამაცხელებელში ჩამონტაჟებული 750 ვტ. სიმძლავრის ელექტრო ტენი.

დღე-ღამეში ერთ სულ მოსახლეზე იანგარიშება 45 °C- იანი 200 ლიტრი ცხელი წყალი. ცივი წყლის ტემპერატურა მილგაყვანილობაში ზაფხულში არის 15 °C, ზამთარში 10 °C, რომლითაც ივსება წყალგამაცხელებელი. 1ლ. წყლის 1 °C -ით გასათბობად იხარჯება 1 კ.კლ. თბური ენერჯია, წყლის გასაცხელებლად მზის ენერჯიის გამოყენების კონკრეტულ შემთხვევაში დაზოგილი ენერჯიის შედეგები წარმოდგენილია 3.7 ცხრილის სახით, წელიწადის თვეების საშუალოს მიხედვით.

ცხრილი 3.7

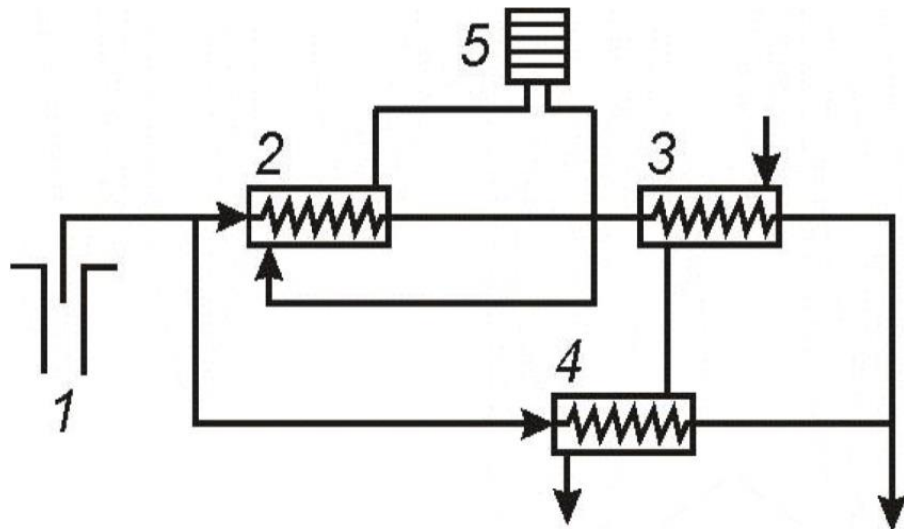
მზის ენერჯიით წყალგამაცხელებელზე დაკვირვების შედეგები

| წელიწადის თვეები | მიღებული წყლის ტემპერატურა (°C) | დღე-ღამეში დაზოგილი ენერჯია (კვტ.სთ.) | თვეში დაზოგილი ენერჯია (კვტ.სთ.) |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| იანვარი | 23 | 3 | 90 |
| თებერვალი | 30 | 4,7 | 141 |
| მარტი | 55 | 10,5 | 315 |
| აპრილი | 65 | 11,6 | 348 |
| მაისი | 73 | 13,5 | 405 |
| ივნისი | 85 | 16,3 | 489 |
| ივლისი | 92 | 17,9 | 537 |
| აგვისტო | 92 | 17,9 | 537 |
| სექტემბერი | 71 | 13 | 390 |
| ოქტომბერი | 58 | 10 | 300 |
| ნოემბერი | 37 | 6,3 | 189 |
| დეკემბერი | 18 | 1,9 | 57 |
| ჯამი | | | 3798 |

წელიწადში მზის ენერჯიის ხარჯზე საცხოვრებელი სახლის წყლის გაცხელებისათვის დაიზოგა 3798 კვტ. სთ. ენერჯია, თუ გავითვალისწინებთ რომ საქართველოში 300 კვტ.სთ -მდე ენერჯია ღირს 0,1693 ლარი, ეს ერთი ოჯახი ყოველწლიურად ეკონომიას გაუკეთებს (3798*0,1693) 643 ლარს ოჯახის ბიუჯეტიდან. წყალგამაცხელებლის კომპლექტის თვითღირებულების ამოღება მოხდება (1900/643=2,95) 3 წელიწადში, ექსპლუატაციის ვადაა 20 წელი, ე.ი. 1900 ლარიანი ინვესტიციით ოჯახი იღებს (17*643) 11000 ლარამდე მოგებას. იგივე ენერჯია, რომ მივიღოთ ბუნებრივი აირით 20 წელიწადში გარემოში მოხდება (20*2019/9,45*1,9) 8 ტონამდე სათბური აირი.

მოცემულია ანგარიში სამეგრელოში მდებარე გეოთერმული ჭაბურღილის თბური ენერჯიის საყოფაცხოვრებო სექტორში გათბობის ან ცხელ- წყალმომარაგების მიზნით გამოყენების დასაბუთებული ეკონომიკური და ეკოლოგიური მომგებიანობის

შესახებ: ზუგდიდ- ცაიშის რაიონში მდებარეობს 15 ყოფილი საექსპლუატაციო ჭაბურღილი, დღეს- დღეობით მათგან წყალი უსარგებლოდ იღვრება. მათი საერთო დღე- ღამური წყლის დებეტია- 24564 მ³, წყლის ტემპერატურაა- 78- 98 °C, საერთო თბური სიმძლავრეა -69,8 მვტ.სთ., ასეთი წყლის დებეტი და ტემპერატურა სრულიად საკმარისია გეოთერმული წყალი გამოვიყენოთ გათბობის სისტემებში და ცხელი- წყალმომარაგებისათვის. თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელია ასეთი წყლის რაოდენობა მცირედი თბური დანაკარგებით შევკრიბოთ კოლექტორული სისტემით ქალაქ ზუგდიდში და შემდეგ მილგაყვანილობით მივაწოდოთ მოსახლეობას კომერციული და არაკომერციული დანიშნულებით.



ნახაზი 3.10 გეოთერმული წყლის გამოყენება გათბობის სისტემებში და ცხელი- წყალმომარაგებაში. 1. წყლის საბადო; 2. პირველი ცხელი- წყალმომარაგების თერმომცველის კონტური; 3. გათბობის სისტემის თერმომცველის კონტური; 4. მეორე ცხელი- წყალმომარაგების თერმომცველის კონტური; 5. გათბობის სისტემა.

შევვიძლია ვისარგებლოთ შემდეგი სქემებით (იხ. ნახ. 3.10): 1. სახლთან მიყვანილი გეოთერმული წყალი შეგვიძლია ჯერ გავატაროთ მოცულობითი ბოილერის კონტურში, გავაცხელოთ მასში მდებარე წყლის რაოდენობა საჭიროებისამებრ, ეს დაგროვილი მოცულობა გამოვიყენოთ ცხელი- წყალმომარაგებისათვის. მოცულობითი ბოილერის გავლის შემდეგ ეს გეოთერმული წყალი ისევ გავატაროთ მეორე მოცულობით ბოილერში, მასთან შეხებაში მყოფი გათბობის სისტემის ენერგიაშემცველი გავაცხელოთ, საცირკულაციო ტუმბოს მეშვეობით ვამოძრავოთ და შესაბამისად გავათბოთ სახლი (ზამთარში), შემდეგ ჩავუშვათ განკუთვნილ გადასალვრელ ზონაში. 2. შესაძლებელია გეოთერმული წყალი გავატაროთ მხოლოდ ცხელი- წყალმომარაგებისათვის მოცულობით ბოილერში და შემდეგ გადავღვაროთ ეს წყლის მოცულობა. თუ ვიანგარიშებთ, რომ გეოთერმული წყლების ტრანსპორტირებაში წყალშემკრებამდე და შემდეგ სახლებამდე თანამედროვე თბოიზოლაციის გამოყენებით გვეკარგება ჭაბურღილების წყლის თბური პოტენციური ენერჯის 10%, კინეტიკური თბური გამოსაყენებელი ენერგია გვექნება 63 მვტ.სთ.- მდე.

ზუგდიდში მდებარე სახლის 1 მ²- ის გასათბობად ევროპული ნორმებით საკმარისი იქნება 100 ვტ.სთ ენერგია, 100 მ²- ის შენობის გასათბობად საჭიროა 10 კვტ.სთ. სიმძლავრე. 4 ადამიანისგან შემდგარი ოჯახის ცხელი- წყალმომარაგებით

დაკმაყოფილებისათვის დღე-ღამეში ვიანგარიშით 100 ვტ.სთ თბური ენერჯია. ე.ი. შევძლებთ (63 მგტ.სთ./12,4 კვტ.სთ.) 5000- ზე მეტი ასეთი სახლის ცხელი წყლით და ზამთარში გათბობით უზრუნველყოფას. წელიწადის იმ დროს, როდესაც გათბობა არ გვჭირდება (63 მგტ.სთ./2,4 კვტ.სთ.) 26000- ზე მეტი ოჯახის ცხელი წყლით უზრუნველყოფას.

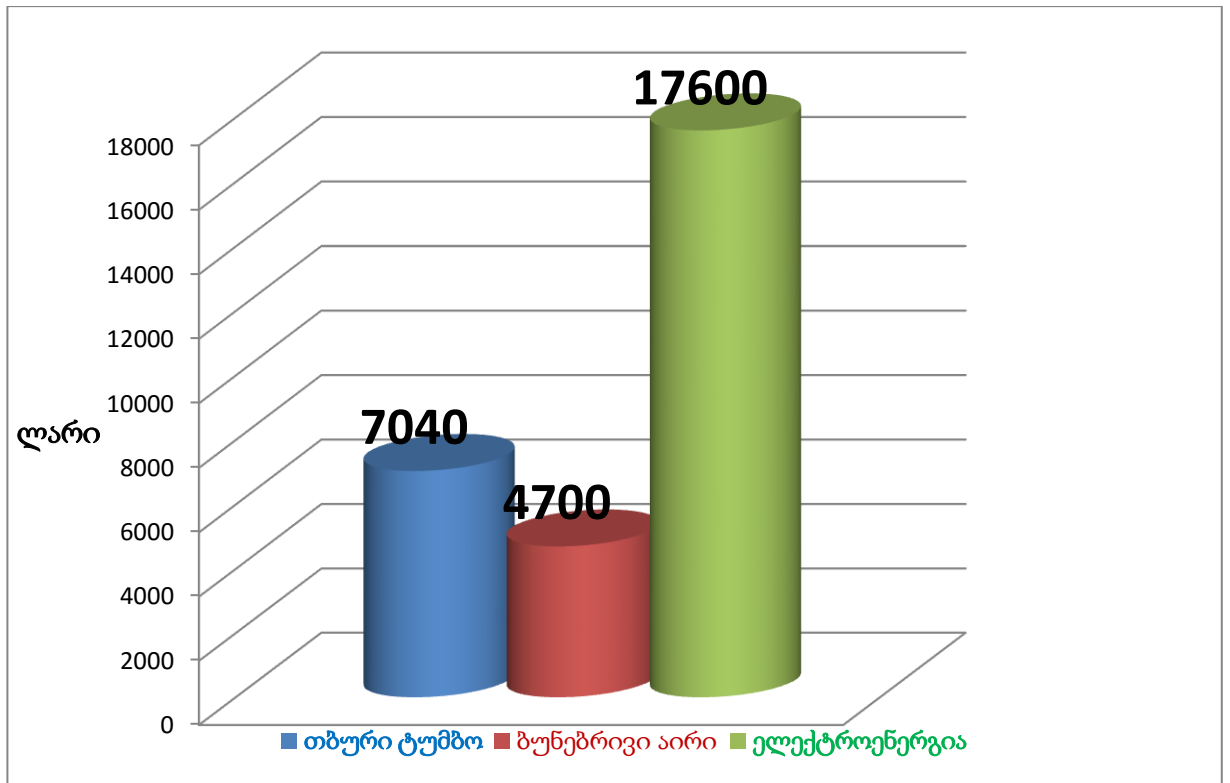
თუ ვიხელმძღვანელებთ ეხლა თბილისში მოქმედი ლისის გეოთერმული საბადოს ტარიფით (თვეში ერთი აბონენტი იხდის 3 ლარს), 5000 სახლისთვის გათბობისთვის და ცხელი წყლის მიწოდებისას მოსახლეობა წელიწადში გადაიხდის (5000*3*12) 180000 ლარს. 1 მ³ ბუნებრივი გაზი წვისას გამოყოფს 9,45 კვტ. სთ. ენერჯიას. 63 მგტ.- ის მისაღებად დაიწვებოდა საათში (63 მგტ.სთ./9,45კვტ.სთ) 6700 მ³- მდე ბუნებრივი აირი, წელიწადში იხარჯება (6700*24*365*0,54) 31,6 მილიონ ლარზე მეტი ღირებულების ბუნებრივი აირი. ანგარიში გვიჩვენებს, რომ ზუგდიდ- ცაიშის გეოთერმული წყლების თბური ენერჯიის გამოყენება საყოფაცხოვრებო სექტორში, მოსახლეობას ერთიანობაში მისცემს 30 მილიონ ლარამდე ეკონომიას წელიწადში.

დღე-ღამეში გარემოში გამოიყოფოდა (6700მ³*24*1,9) 3000 ტ.- მდე სათბური აირი, წელიწადში ატმოსფეროს დავიცავთ 1 მლნ. ტ.- მდე სათბური აირების ემისიისაგან.

მეოთხე თავში, „ენერჯეტიკის ინოვაციური მიმართულებათა განვითარების შესაძლებლობები“ გამოკვლევული გვაქვს ისეთი ალტერნატიული ენერჯიის წყაროების ტექნიკურ- ეკონომიკური მონაცემები, როგორცაა ბიომასა, წყალბადის, ოკეანის მოქცევის, გრადიენტის და ზვირთცემის, წყალბადის და თბური ტუმბოს ენერჯიები. მოცემული გვაქვს თბური ტუმბოს სიმძლავრის შერჩევის და ეკონომიკური ეფექტიანობის ანგარიში საქართველოში იმერეთის რეგიონში არსებული სათბურისათვის: გამოვთვლილია იმერეთის რეგიონში მდებარე ე.წ. „ფინური გადახურვის“ მქონე მინის სათბურის საჭირო თბური დანაკარგი, რომლის პარამეტრებია : სიმაღლე სახურავამდე H=2 მ.; საერთო სიმაღლე R=5 მ.; სახურავის დახრილი ფერდის სიგანე S=5 მ.; სიგძე L=50 მ.; სიგანე W=8 მ. გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ სრული სათბურის მინის შიდა ზედაპირის ფართობი 756 მ²- ია. გარე და სათბურში საჭირო ტემპერატურათა სხვაობა NASA RETScreen Interbational- ის მონაცემებზე დაყრდნობით მიღებულია 16 °C. სათბურის გასათბობად საჭირო იქნება (756*16*10,76) 130153 BTU, რომელიც (130153/3413) 38 კვტ.სთ. ენერჯიის ექვივალენტურია.

ზამთარში სამი თვით სათბურში სასურველი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად დაგვჭირდებოდა (38*24*30*3) 82080 კვტ.სთ. სიმძლავრე, რომლის ღირებულება იქნება (82080*21,45) 17600 ლარი. თუ იგივე სიმძლავრის მისაღებად გამოვიყენებთ თბურ ტუმბოს, რომლის მ.ე.კ. (COP) 2 °C გარე ტემპერატურის დროს 2,5- ია, ელექტროენერჯიის ხარჯი გვექნება (17606/2,5) 7040 ლარი.

ზამთრის განმავლობაში თბური ტუმბოს გამოყენებით გვექნება 10 000 ლარზე მეტი დაზოგილი თანხა სათბურის გათბობისთვის. ბუნებრივი აირით, რომ ვცადოთ იგივე ფართის გათბობა დავხარჯავდით (82080/9,45*0,54) 4700 ლარამდე, 2300 ლარით ნაკლები ვიდრე თბური ტუმბოს დახმარებით (იხ. ნახ.4.4), მაგრამ ბუნებრივი აირის დაწვის შედეგად გამოიყოფოდა (82080/9,45*1,9) 17 ტონამდე სათბური აირები გარემოში.



ნახაზი 4.4 ზამთრის სამი თვის განმავლობაში სათბურის გასათბობად გადასახდელი საფასური.

ჩატარებული ტექნიკურ- ეკონომიკური გამოკვლევის საფუძველზე დისერტაციაში გაკეთებულია შემდეგი საერთო დასკვნები:

1. თესვის მზის ელექტროსადგურებით ჩასანაცვლებად გრძელვადიანი ინვესტირება მომგებიანია სახელმწიფოსთვის და გარემოსთვის, რადგან ქვეყანა ასრულებს ნაკისრ ვალდებულებებს, გარემოში სათბური აირების ემისიის შესამცირებლად და ატმოსფერო ნაკლებად ბინძურდება; ხელსაყრელია მომხმარებლისთვის, რადგან ის ნაკლები ფინანსური დანახარჯებით მოიხმარს ელექტროენერგიას და სუნთქვას ნაკლებად დაბინძურებული ჰაერით; მომგებიანია ბიზნესის კუთხით, ბიზნესმენთა ჯგუფი იღებს მეტ მოგებას, ვიდრე თბოელექტროსადგურების გამოიმუშავებული ელექტროენერგიიდან. ჩვენმა გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ ყოველი 11 000 ლარამდე გრძელვადიანი ინვესტიციით შესაძლებელია მომხმარებელმა ნახოს 3000 ლარამდე დანაზოგი, გამანაწილებელმა კომპანიამ 1500 ლარამდე მოგება და გარემომ- 1,6 ტ.- მდე ნაკლები სათბური აირების ემისია.
2. გამართლებულია საქართველოს რეგიონებში ყურადღება მიექცეს კონკრეტულად ენერჯის იმ არატრადიციული ენერჯის წყაროს განვითარებაზე ზრუნვას, რომლის რესურსი და ხარისხი იქ მეტია.
3. საქართველოში ეფექტიანი იქნება მზის ვაკუუმირებული მილებით აღჭურვილი ჰელიოდანადგარების გამოყენება კომუნალურ- საყოფაცხოვრებო, სამრეწველო, სასოფლო- სამეურნეო და ადმინისტრაციული ობიექტების ცხელი წყალმომარაგებისათვის. ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა, რომ ოჯახი მზის ვაკუუმური მილებიანი წყალგამაცხელებლის შესაძენად გადახდილ 1900

- ლართ, კოლექტორის ექსპლუატაციის პერიოდში ეკონომიას უკეთებს 11000 ლარს ოჯახის ბიუჯეტიდან. ასევე გარემოს ვიცავთ 8 ტონამდე სათბური აირების ემისიისგან.
4. ქარის ელექტროსადგური დღეს- დღეობით გაცილებით კონკურენტუნარიანია ჰიდროელექტროსადგურთან მიმართებაში, 1 კვტ. სიმძლავრის დასადგამად თითქმის ერთნაირი ოდენობის ინვესტიცია სჭირდებათ ორივეს (ქარი- 1690 ა.შ.შ დოლარი, ჰიდრო- 1616 ა.შ.შ. დოლარი).
 5. იმერეთის რეგიონში 400 მ² ფართობის 5 მეტრი სიმაღლის მინის სათბურის ელექტროენერგიით გათბობისთვის, ზამთარში 3 თვის განმავლობაში, თბური ტუმბოების გამოყენება გვაძლევს 10000 ლარზე მეტ დაზოგილ თანხას. 2300 ლართ მეტი, ვიდრე ბუნებრივი აირით გათბობის შემთხვევაში დახარჯული თანხის, მაგრამ გარემოს ვიცავთ წელიწადში 17 ტონამდე სათბური აირების ემისიისგან. საქართველოს ზომიერი კლიმატის, აქ არსებული გრუნტის წყლების დიდი მარაგის, უამრავი მიწისზედა წყლების გათვალისწინებით შეგვიძლია თამამად განვაცხადოთ, რომ თუ მიზანმიმართული და გონივრული სამუშაოები განხორციელდება ამ მიმართულებით, შესაძლებელი იქნება იაფი, ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის დიდი მოცულობის მიღება თბური ტუმბოებიდან.
 6. გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ ზუგდიდ- ცაიშის ჭაბურღილების გეოთერმული წყლების კოლოსალური თბური ენერჯის გამოყენება პერსპექტივას გვაძლევს 5000- ზე მეტი ქ. ზუგდიდის საცხოვრებელი სახლი ზამთარში უზრუნველყოთ სითბოთი და ცხელი წყლით. წლის თბილ პერიოდში შევძლებთ ცხელი- წყალმომარაგებული გვყავდეს 26000-ზე მეტი ოჯახი. გეოთერმული წყლების თბური ენერჯის გამოყენება საყოფაცხოვრებო სექტორში, მოსახლეობას ერთიანობაში მისცემს 30 მილიონ ლარამდე ეკონომიას წელიწადში. ასევე ატმოსფეროს ყოველწლიურად დავიცავთ 1 მლნ. ტ.- მდე სათბური აირების ემისიისგან.

სადისერტაციო თემაზე ავტორის მიერ გამოქვეყნებული პუბლიკაციები:

1. საქართველოს ელექტროენერგეტიკა 2005- 2012 წლებში; აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე N1 (7). ქუთაისი. 2016 წ. გვ. 70- 81.
2. თბური ტუმბოს როლი სათბობ- ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვის საქმეში; აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე N1 (5). ქუთაისი. 2015 წ. გვ. 87- 95.
3. წყალბადი- მომავლის ენერგეტიკული რესურსი; ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ქუთაისი. 2015 წ. გვ. 119- 125.
4. თბური ტუმბოს გამოყენების ეფექტიანობა; ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ქუთაისი. 2014 წ. გვ. 283- 288.

Ministry of Education and Science of Georgia
Akaki Tsereteli State University

Faculty of Technical Engineering

Manuscript copyrights protected

Givi Kublashvili

Non-Traditional Energy Resources of Georgia and Feasibility Study of their Use

The Author's Abstract

of the Doctoral Thesis Nominated for Ph Doctor Degree

in Engineering (0405)

Kutaisi, 2017

The given work is executed at the Department of Energy and Telecommunication at the Akaki Tsereteli State University

Academic Advisors: Doctor of Economics, Professor **Demur Chomakhidze**
Doctor of Technical Science, Professor **Omar Zivzivadze**

Reviewers: Doctor of Technical Science, **Nodar Mirianashvili**
Associate Professor, **Fridon Akhaladze**

Defense of a thesis will be held _____
(date and time)

at the session of the Dissertation Commission created by Dissertation Council of the Faculty of Technical Engineering. Address: Auditorium №101, Building VII, 98 Akhlagazrdoba Avenue, 4600, Kutaisi.

Dissertation is available in the library of the Akaki Tsereteli State University at the address: 59 Tamar Mepe Street, 4600, Kutaisi

The Author's Abstract had been sent out „____“ _____

Dissertation Council

Secretary _____/N. Sakhanberidze, Associate Professor

Topicality of research. In the 21st century, mankind and the fuel and energy complex are facing the great challenges. According to experts, as a result of wasteful consumption of natural gas, oil and the so-called “easily exploited” other energy resources over the centuries, in the conditions of current rates of their consumption, hydrocarbon energy resources will be exhausted in the second half of the 21st century. At the same time, waste of energy resources led to the creation of serious environmental problems. All this makes new, radically different demands on the development of mankind and fuel and energy complex. It becomes evident that in a global scale, the world’s energy development in the 21st century should be gradually switched from consumption of non-renewable organic resources to the use of non-traditional, renewable and practically inexhaustible sources.

The issue is particularly relevant for Georgia, which is rich in non-traditional, renewable energy resources, and they, to a certain extent, are making up shortage of hydrocarbon energy resources in the country. The fact that renewable energy resources, except for hydropower resources, practically are not still used, deserves particular attention.

It is clear that in such conditions, execution of feasibility study of non-traditional renewable energy resources in Georgia is of high topicality from both theoretical and practical standpoints. Moreover, in this regard, there is a lack of the related research works carried out in the country.

The state of scientific study of problem. The problems with using non-traditional renewable energy sources in Georgia have been studied and discussed by Georgian and foreign scientists. Among them, the emphasis should be placed on G. Arabidze, father and son O. and K. Vezirishvili, A. Mirianashvili, father and son N. and N. Meladze, I. Zhordania, N. Sulin, M. Keburia, G. Tsertsvadze, R. Khachatryan, V. Jamarjashvili and other specialists engaged in this field. However, it is evident that their practical application is being delayed.

Goal of research. The identification of opportunities for increasing the level using non-traditional energy resources in Georgia and its scientific justification. To this end, there is foreseen to attain the following objectives: detailed analysis of the initial state of the development of each field of non-traditional energy;

- assessing the potential of non-traditional energy resources existing on the territory of Georgia and engineering-and-economical level of them;
- study of the achievements in the field of non-traditional energy throughout the world, and carrying out comparative analysis of it with the current situation in Georgia;
- assessing the impact of the use of non-traditional energy resources on the economic indicators of production, environmental and social status for conditions of Georgia, as compared to the use of traditional energy resources, as well as the technical and economic potential for optimizing its development.

Subject of research. Non-traditional energy resources existing on the territory of Georgia; including solar, wind and geothermal energy. Also, energy prospective directions, particularly, bioenergy, heat pumps, ocean and hydrogen energy.

Theoretical and methodological basis of research. Modern theory of economics and engineering on pattern in reproduction of material values. The following general scientific methods have been used in this dissertation work: analysis, synthesis, logic and computerized

modeling, and expert appraisals. There have been used the works of Georgian and foreign scientists on non-traditional energy.

An information base of research. There have been used the legal and normative documents of Georgia and some other countries, data of companies engaged in this field and acting in Georgia (“KARENERGO”, “SAKBURGGEOTERMIA”, SPECHELIOMONTAZHI”, “KEBULI KLIMATI”), works scientists engaged in this field, information material provided by statistics service, and so on.

Research novelty:

- There are justified the increasing role and importance of non-traditional energy in Georgia’s economy. There is deepened a view of the role of this field in the fuel and energy complex of Georgia;
- At the current development stage, there is studied the state of all sectors of non-traditional energy of Georgia, shortcomings existing in the development, reserves and opportunities; there are specified natural resources of Georgia existing in non-traditional energy by all types, as well as the degree of their use;
- There are given substantiated author’s recommendations for the development of the prospective energy fields, such as bioenergy, use of heat pumps, ocean and hydrogen energy;
- There is scientifically studied the magnitude of the total heat delivery capacity of solar, wind and thermal water resources across selected regions;
- In a given work, there have been studied the design technical and economic parameters of hydro power plants running on traditional and non-traditional resources, including the total investment required for their installation, as well as duration of useful work per year.

Author’s contribution. The author formulates novelties obtained as a result of research. In this respect, he describes the measures to be taken. There is noted that Georgia must continue to exploit again rich and currently economically acceptable hydro resources, but great attention should be paid to the use of non-traditional energy resources, in order to make it technically and economically competitive with other power supplies. The author’s conclusions are based on the development of those approaches, which are relied on the modern scientific-methodological achievements, and allow for identifying reserves existing in this sector. The components of scientific contribution have been reflected in the results of this research and brought to defense.

The author has made 4 publications, two in the Journal of the Akaki Tsereteli State University, and two presentations at the International Scientific Conference.

Volume and Structure of Dissertation. The proposed work comprises 103 printing page, containing 27 drawings and tables. It includes Introduction, four chapters, 13 paragraphs, conclusions and references. The list of references includes 92 sources.

Content of Dissertation

In the first Chapter “Non-Traditional Resources of Georgia”, the dissertation reviews non-traditional resources of Georgia, their amount and qualitative indicators. There is presented a table illustrating possible economic and energy’s benefit from non-traditional energy resources (solar, wind and geothermal energies) based on the already mentioned and available data by region (see Table 1,4): (data illustrated by this table are average data on the resources existing in the region; data of some one point of the region may exceed data of the entire region).

Table 1.4

Heat delivery capacities of Georgia’s solar, wind and thermal water resources by selected regions.

| Regions | Total annual solar radiation (kWh/m ³) | Total duration of wind equal or over 3 m/sec annually by regions | Heat delivery capacity of thermal water resources (MW) |
|--------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Tbilisi | 2107 | 4436 | 7,32 |
| Imereti | 1350-1400 | 7127 | 21 |
| Kakheti | 1349 | 3000 | 2,55 |
| Kvemo Kartli | 1400-1450 | 4131 | - |
| Mtskheta-Mtianeti | 2147 | 4591 | 0,04 |
| Abkhazia | 1451 | 3395 | 164,95 |
| Guria | 1426 | 5223 | - |
| Adjara | 1308 | 6243 | - |
| Samtskhe-Javakheti | 1400-1600 | 6740 | 5,83 |
| Shida Kartli | 1350-1450 | 5000 | 2,14 |
| Samegrelo | 1451 | 4280 | 102,1 |

In accordance with data in Table 1.4, there is presented the average declined radiation histogram on the area of 1 square meter of every region during the year ((see Fig. 1,5). 1

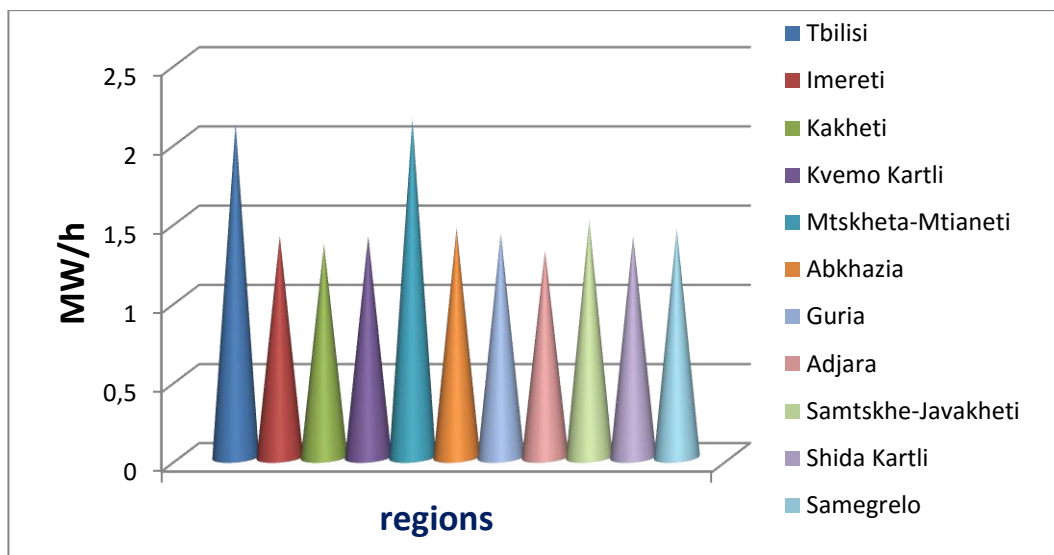


Fig 1.5. The average declined radiation on the area of 1 square meter of Georgia's region

There is given the amount of electricity generated by 1 KW of installed capacity of wind, for each region.

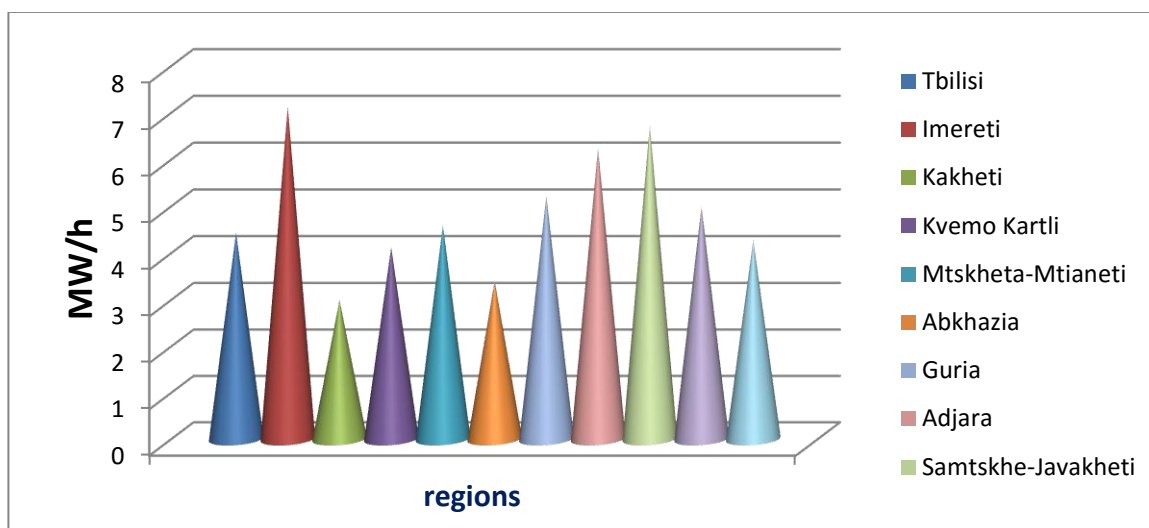


Fig. 1.6. The annual generation of wind generator with 1 KW installed capacity by Georgia's regions (MW/h).

Histogram 1.7 illustrates the total capacity of deposits of thermal waters, with account for daily flows and temperature.

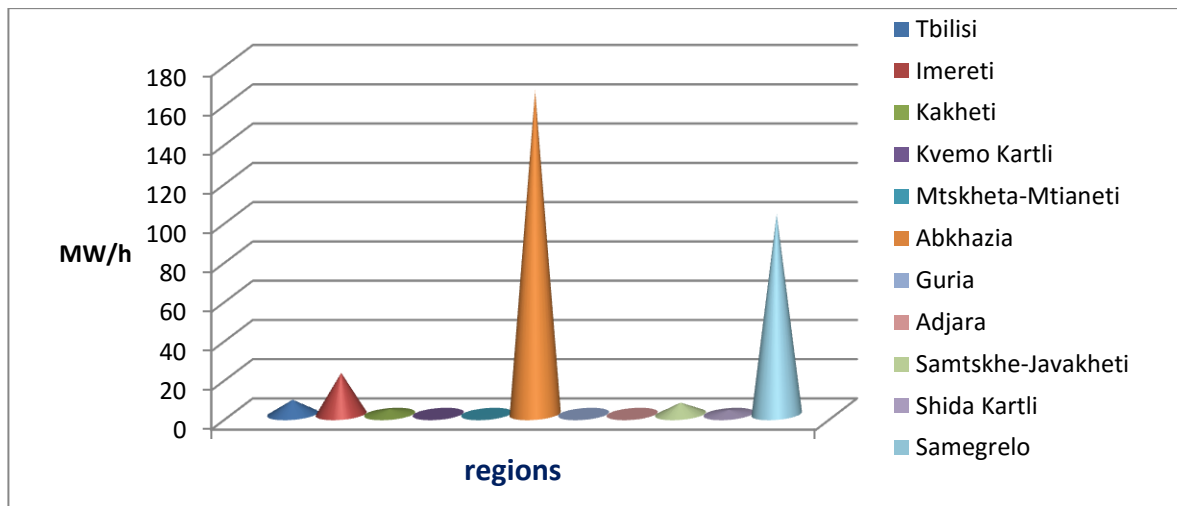


Fig. 1.7 Thermal water flows capacities in Georgia's regions (MW)

The analysis of table and histogram on non-traditional energy resources of Georgia's regions, has shown that in each region, there must be developed that alternative energy sector, whose resources and qualitative indicators are better in comparison with other regions.

Chapter 2 "Analysis of the Current State of the Use of Non-Traditional Energy Resources" provides a table on draft technical and economic indicators of power plants running on non-traditional and traditional energy resources (see Table 2,2), for comparison and conclusions: for comparison, there are selected data on hydro power plants and compared with other power plants running on non-traditional or traditional resources. There is shown installation of 1 KW capacity of solar power plant requires the largest investment - \$13715, which is 8 times higher the amount required for installation of 1 KW-capacity hydro power plant (\$1616), besides, working hours of solar power plant during the year make up only 1048 hours that is 5 times lower than working hours of HPP (5194 hours per year), and it turns out that investment in solar power plants is 40 times more unprofitable to the investor than investment in hydro power plant. Calculations have shown that the wind power plant is much more competitive than the hydropower plants, they both need almost the same amount of the investment for installing 1 KW capacity (HPP - \$5144, WPP - \$4251). These data allow for concluding that development of a particular type of renewable and non-traditional offers tremendous opportunities in our country. Table 2.2 shows that start-up of thermal power plant requires the least of the investments on 1 KW capacity (\$956,6). In addition, in comparison with all other power plants it is characterized by the longest working hours during the year (7608 hours), but it has negative environmental impacts. Economic study has shown that the operation of HPPs and TPPs is profitable to the investors, but this study also reveals the competitiveness of wind power plant relative to them.

Table 2.2

The design technical and economic parameters of power plants running on non-traditional and traditional energy resources.

| Power plants | Location | Installed capacity | Power generation | Including for 1 KW capacity (USD) | Including for 1 KW capacity (USD) | Number of used hours |
|--------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Solar | Tbilisi Airport | 350 KW | 367 KW/h. | 4,8 | 13715 | 1048 |
| Wind | Gori municipality | 20,7 MW | 88 man KW/h | 35,0 | 1690 | 4251 |
| TPP | Gardabani | 230 MW | 1750 8 mln KW/h | 220,0 | 956,6 | 7608 |
| HPP | Kazbegi districts (Tergi HPP) | 26,3 MW | 136,6 mln KW/h | 42,5 | 1616 | 5194 |

There has been studied the annually growing volume of the converters of alternative energy, which in 2015 reached 785 GW of installed capacity (see Fig. 2.4), where the WPPs bear a significant proportion, 433 GW, wind power installations are in second place – 231,8 GW, a large share belongs to bioenergy – 106,4 GW, and relatively small share belongs to geothermal energy – 13,2 GW, and the share of ocean energy is minimal – up to 0,5 GW.

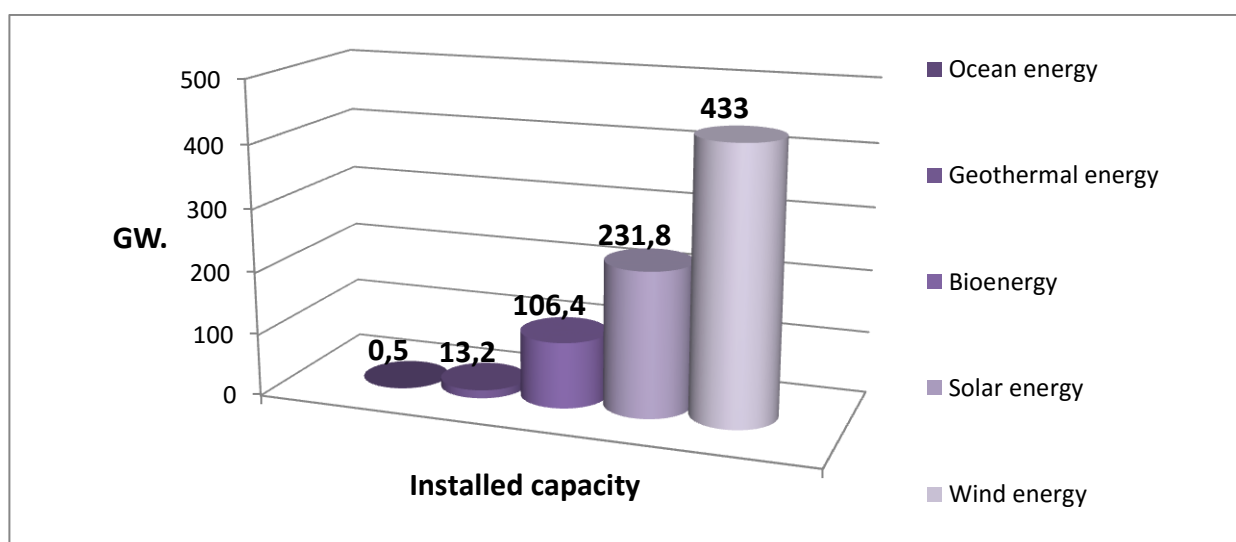


Fig 2.4 The 2015 estimates of the installed capacities of alternative energy throughout the world

The third Chapter “Basic Directions of Non-Traditional Energy Development” refers to the level of development and areas of non-traditional energy in Georgia and throughout the world. There are given the calculations of profitability of solar photovoltaic vacuum-tube collector

and geothermal energy for domestic and commercial use, and experiments have been also conducted.

There have been calculated data of three distribution companies in Georgia, the average annual expenditure per family for electricity used in the household sector and by registered consumer (1582,3 KW/h). We put forward our thought regarding the prospects for the future, which is strengthened by the following calculations: if one of the largest distribution companies in Georgia – the Emergo-pro Georgia, installs, for their own expense or by state subsidies, small solar power plants for each such consumer, for example 22 solar battery pack with 80 KW capacity each, with its “smart” bilateral electricity meters, the total cost of which will be $(1760 \cdot 6)$ 10560 GEL, and in addition to this the cost of the meter, controller, converter, iron structure and cost of installations 350 GEL, i.e. 10910 GEL in all. The installed capacity of each of them will be $(80 \cdot 22 = 1760 \text{ W})$ 1,76 KW. In Georgia, the average annual number of solar period hours is 1800, power capacity generated by such solar battery pack will be $(1800 \cdot 1,76)$ 3168 KW/h. Each such consumer, who paid annually $1582,3 \cdot 16,931$ 267,90 GEL, made a profit for Emergo-pro Georgia - $(1582,3 \cdot (16,931 - 7,534))$ 148,69 GEL (thermal power plant sells 1 KW/h of generated electricity for 7,534 tetri). The duration of service of solar batteries is 40 years, and over this period of time, the distribution company would have earned a profit $(148,69 \cdot 40)$ 5947,6 GEL. In 40 years, each solar battery pack will generate $(3168 \cdot 40)$ 126720 KW/h, the family will consume $(40 \cdot 1582,3)$ 63292 KW/h, i.e. $126720 - 63292$ 63428 KW/h will return into the network, the cost of which will be $(63428 \cdot 16,931 / 100)$ 10739 GEL. By means of “smart” bilateral meters, the distribution company can control consumer, for whom they installed solar battery pack, and let him to pay instead of 16,931 tetri, lower tariff, for example 12 tetri, i.e. such consumer, during the period of 40 years, will pay $(63428 \cdot 0,12)$ 7611,36 GEL instead of $(40 \cdot 267,9)$ 10716 GEL, and such consumer will save $(10716 - 7611,36)$ 3104,64 GEL. A profit of the distribution company will be $(10739 + 7611,36 - 10910)$ 7440,36 GEL that is $97440,36 - 5947,6$ 1492,76 GEL more than under standard conditions, i.e. by investing 10910 GEL, each consumer in the domestic sector saves up to 3000 GEL, the distribution company makes a profit about 1500 GEL on each installed solar battery pack per 1,76 KW capacity, a profit per 1000 such consumers will be $(1500 \cdot 1000)$ 1500000 higher. If the number of such houses will enable us to replace gradually the electricity generated by thermal power plants in 2015 (in 2015, thermal power plants purchased 649 mln m^3 of natural gas), in 40 years we will have in the atmosphere $(40 \cdot 649 \text{ mln. m}^3 / 1000 \cdot 1,9 = 49324000 \text{ kg})$ 49324 tons’ lighter greenhouse emissions. Also, our calculations give us reason for motivating foreign and local businessmen, funds, banks to invest in energy sector.

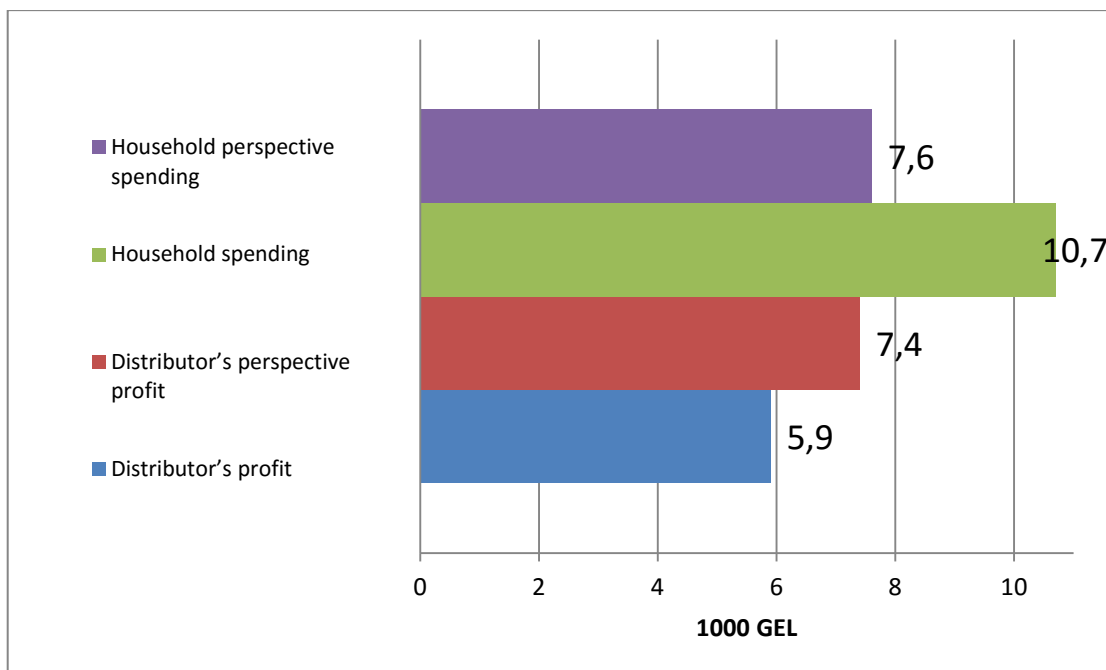


Fig. 3.4 Prospective and real profit of the distribution company and amounts paid by the family for electricity really and in case of installing solar photovoltaic batteries in 30 years (thousand GEL)

We had out experiment aiming at quantifying the savings in utility bills obtained annually by hot water supply system of living space by using the solar vacuum tube collector.

The experimental method was as follows: within 24 hours, we observed what volume of water and at what temperature was heated by solar water heater.

The observations were carried out within the year in Kutaisi on a 230-l water heater installed in a five-person family, which was operated by means of a SR500 automatic controller of solar water heater.

The connecting circuit of the controller to a solar water heater is given in Fig. 3.6, which illustrates that the SR 500 controller is connected to the electric heater installed in a water heater, condutor with heating capacity, sensors and electromagnetic valve, by means of which it runs the memorized functional commands.

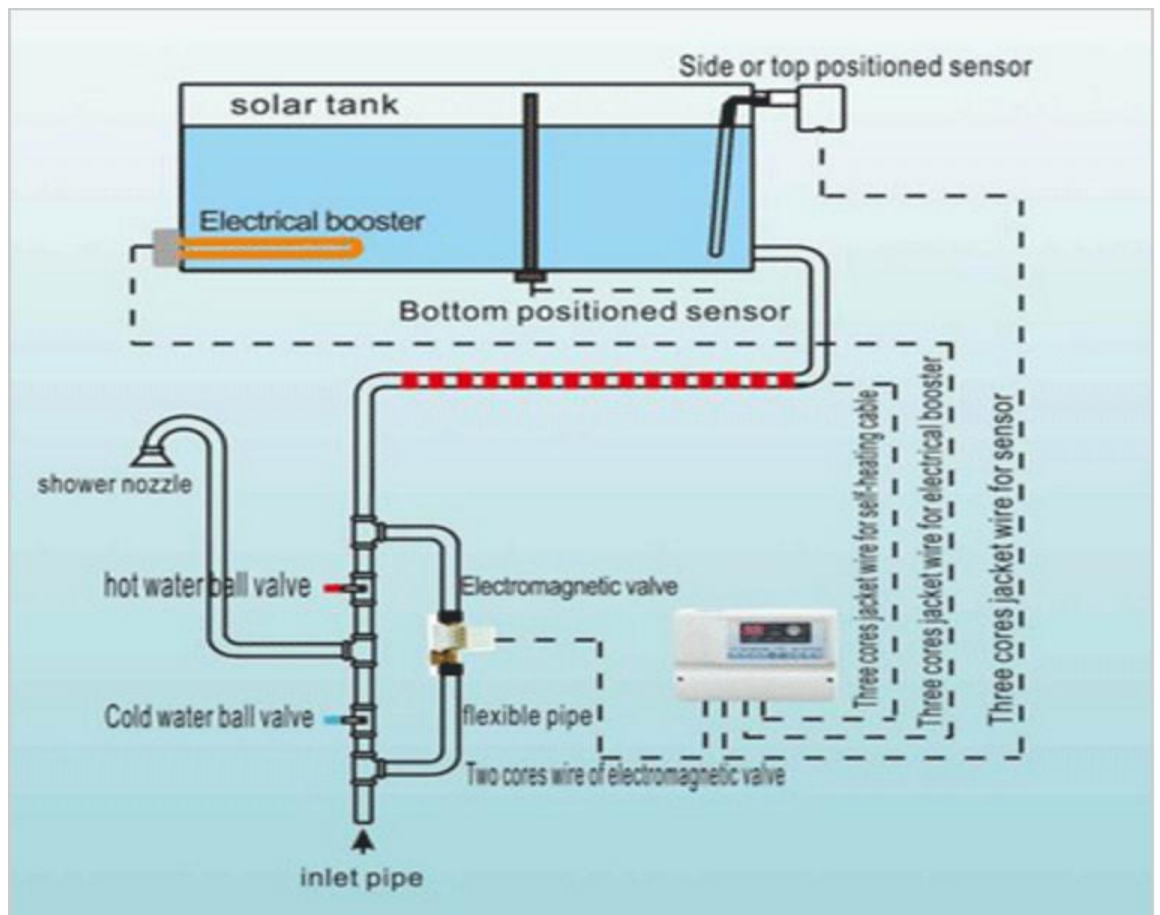


Fig. 3.6 The connection circuit of the controller to a solar water heater

The solar water heater received the following commands: displaying on the screen the water level, temperature and date. The function of filling by time mode was turned on. The tank was filling every night at 4 o'clock. There was given command to set temperature at 90 °C, and if the temperature was lower than required, the 750-KW capacity electric heater must be installed in a water heater must be turned on.

Within 24 hours, there is calculated 200 l of the 45 °C-temperature hot water per capita. The temperature of cold water in the pipeline in summer is 15°C, and in winter - 10 °C. 1 kcal thermal energy is required for heating 1 l of 1°C-temperature water. data on saving energy in a particular case of using solar energy for water heating purposes, are given in Table 3.7.

Table 3.7

Observations on solar water heater operation

| Months | Temperature of obtained water (°C) | Energy saved within 24 hours (KW/h) | Energy saved within a month (KW/h) |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| January | 23 | 3 | 90 |
| February | 30 | 4,7 | 141 |
| March | 55 | 10,5 | 315 |
| April | 65 | 11,6 | 348 |
| May | 73 | 13,5 | 405 |
| June | 85 | 16,3 | 489 |
| July | 92 | 17,9 | 537 |
| August | 92 | 17,9 | 537 |
| September | 71 | 13 | 390 |
| October | 58 | 10 | 300 |
| November | 37 | 6,3 | 189 |
| December | 18 | 1,9 | 57 |
| Total | | | 3798 |

3798 KW/h of energy had been saved in one year for water heating in an apartment building at the expense of solar energy. If we take into account that in Georgia, up 300 KW/h of energy costs 0,1693 GEL, this one family saves annually $(3798 \cdot 0,1693)$ 643 GEL from the family budget. The production costs of a water heater set will be returned $(1900/643=2,95)$ in 3 years. Operational period is 20 years, i.e. by investing 1900 GEL, the family saves $(17 \cdot 643)$ up to 11000 GEL. In order to generate the same amount of energy by using natural gas in 20 years, about 8 tons $(20 \cdot 2019/9,45 \cdot 1,9)$ of greenhouse gases will be emitted into environment.

There are given calculation data on the justified economic and environmental profitability of using energy generated by the geothermal well installed in Samegrelo for the household or water-heating purposes: in Tsaishi district, there are located 15 former operating wells, to date, water from them is pouring for nothing. Their overall flow is 24564 m³, water temperature - 78-98 °C, overall thermal capacity - 69,8 MW/h. Flow and temperature of this water are completely adequate for using geothermal water in the heating systems and for hot water supply.

If we assume that losses of potential thermal energy of water from well during transportation of geothermal waters to water collectors, and then to the apartment buildings, by using the modern thermal insulation, are estimated at 10%, the useful kinetic thermal energy will be up to 63 MW/h.

Heating of 1 m² area of a building located in Zugdidi, according to European standards, requires 100 W/h capacity. To meet the needs of a 4-person family for hot water within 24 hours, we calculate 100 W of thermal energy per hour, i.e. we'll be able to provide $(63 \text{ MW/h} / 12,4 \text{ MW/h})$ more than 5000 such buildings with hot water and with heating in winter.

During that season, when heating is not required (63 MW/h/ 2,4 MW/h), more than 26000 families can be provided with hot water.

Based on current electricity tariff in of Tbilisi on the Lisi Lake geothermal water deposits (each consumer pays monthly 3 GEL), for heating of 5000 buldings and hot water supply, the population will pay annually $(5000 \cdot 3 \cdot 12)$ 180000 GEL. When burning, 1 m³ of natural gas generates 9,45 KW/h of energy. To obtain 63 MW, up to 6700 m³ of natural gas would have been burned per hour. More than $(6700 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,54)$ 31,6 mln GEL of natural gas is spending annually. Calculations show that the use of energy of geothermal waters of Zugdidi-Tsaishi in the household sector allows the population for saving about 30 mln GEL, annually.

Up to $(6700 \cdot 24 \cdot 1,9)$ 3000 tons of greenhouse gases would have been emisitted into environment within 24 hours that allows for protecting the atmosphere from the emissions of up to 1 mln ton of greenhouse gases.

In the fourth Chapter “ Prospects for Development of Innovative Energy Fields”, we have studied the technical-economic indicators of such alternative energy sources, as biomass, hydrogen, ocean flow, gradient and ground swell, hydrogen and thermal pump energies. There is given calculation of selecting the capacity of thermal pump and economic efficiency for the greenhouses existing in the Imereti region of Georgia: let’s calculate the heat load required for the glass greenhouse with the so-called (Finnish roof” located in the Imereti region, whose parameters are as follows: with the height to the roof $H=2$ m; the total height - $R=5$ m; the width of the roof slope $S=5$ m; the length $L=50$ m; the width $W=8$ m. Calculation has shown that the inside surface area of the greenhouse glass is 756 m². Based on the NASA RETScreen Interbational, the accepted difference between the outside and inside temperatures is 16 °C. Heating of greenhouse will require $(756 \cdot 16 \cdot 10,76)$ 130153 BTU, which is equivalent to $(130153/3413)$ 38 KW/h of energy.

To keep out desired temperature within three months in winter, we would need $(38 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 3)$ 82080 KW/h capacity, the cost of which will be $(82080 \cdot 21,45)$ 17600 GEL. If we use a thermal pump with thermal efficiency 2,5 for obtaining the same capacity, when the difference between the outside and inside temperatures is 16 °C, the electric energy consumption will be $17606/2,5)$ 7040 GEL.

By using a thermal pump in during the winter, we save more than 10 000 GEL for heating greenhouse. For heating the same area with natural gas, we would spend $(82080/9,45 \cdot 0,54)$ 4700 GEL that is 2300 GEL less than by using a thermal pump (see Fig. 4.4). However, from the combustion of natural gas, up to $(82080/9,45 \cdot 1,9)$ 17 tons of greenhouse gases emit into environment.

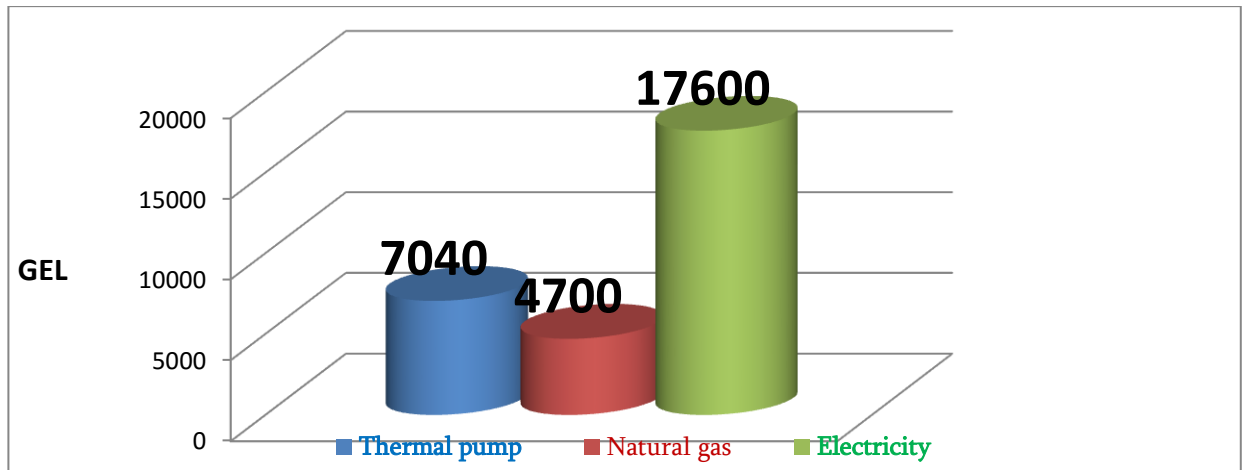


Fig 4.4 Tariff paid for heating during three months of winter

Based on the results of carried out feasibility study, the following conclusions have been made:

1. For replacing TPPs with power plants, the long-term investments are profitable to the State and environment, since the country meets its commitments to reduce greenhouse emissions, and the atmospheric pollution is reduced; power plants are also profitable to consumers, since they spend smaller financial resources for electricity and breath cleaner air; they are profitable from business standpoint, since businessmen gain higher profit than from electricity generated by thermal power plants. Our calculations have shown that by long-term investment of 11 000 GEL, consumer can save about 3000 GEL, and greenhouse emissions into environment are reduced by 1,6 t.
2. Development of those non-traditional energy sources, whose resource and quality is hogher.
3. The use of helio-installations equipped with vacuum tubes for hot water supply of public, household, industrial, agricultural and administrative utilities, would be efficient in Georgia. The experiment showed that by spending 1900 GEL for purchasing a water heater with vacuum tubes, when using the collector, the family saves 11000 GEL from the family budget, and the environment is protected from about 8 tons of greenhouse emissions.
4. To date, wind power plant is much more competitive in comparison with hydro power plant. For installing 1 KW capacity, they need almost the same amount of the investment (WPP - \$1690, and HPP - \$1616).
5. Calculations have shown that the use of thermal energy of geothermal waters from Zugdidi-Tsaishi wells allows for providing more than 5000 residential houses in Zugdidi with heat and hot water in winter. In the warm period of the year, we will be able to provide more than 26000 families with hot water. The use of thermal energy of geothermal waters in the household sector will allow the population for saving up to 30 mln GEL annually. Also, it will be possible to protect the atmosphere from 1 mln ton of gas emissions every year.

6. In the Imereti region, the use of the thermal pumps for heating glass greenhouses with the area of 400 m² and the height of 5 m with electricity, during 3 months in winter, allows for saving more than 10000 GEL, 23000 GEL more than in case of using natural gas for heating, but we protect environment from up to 17 t of greenhouse emissions annually. Taking into account moderate climate of Georgia, the existing large reserves of ground waters and abundance of surface waters, we can safely say that if the purposeful and sound activities are to be carried out in this regard, it will be possible to obtain large amount of cheap, clean energy from the thermal pumps.

Publications made by the author related to dissertation topic:

1. Georgia's power industry in 2005-2012; The Journal of the Akaki Tsereteli State University, No 1, Kutaisi, 2016.
2. The role of heat pump unit in conservation of thermal-energy resources. The Journal of the Akaki Tsereteli State University, No 1 (5), Kutaisi, 2015.
3. Hydrogen – energy resource of the future; Energy: Regional Problems and development Opportunities. Third International Scientific Conference. Kutaisi, 2015.
4. The effectiveness of the use of heat pump unit; energy resource of the future: Energy: Regional Problems and development Opportunities. Second International Scientific Conference. Kutaisi, 2014.