

ხათუნა სიჭინავა

საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში ენერგოეფექტური
ტექნოლოგიების ფართომასშტაბიანი დანერგვის
ენერგოეკონომიკური დასაბუთება

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

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

© საავტორო უფლება ხათუნა სიჭინავა
2015 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით სიჭინავა ხათუნას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების ფართომასშტაბიანი დანერგვის ენერგოეკონომიკური დასაბუთება“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი:

პროფ. თენგიზ ჯიშკარიანი

რეცენზენტი:

პროფ. ნოდარ ქევხიშვილი

რეცენზენტი:

პროფ. თეიმურაზ კანდელაკი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2015 წელი

ავტორი: სიჭინავა ხათუნა
დასახელება: „საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების ფართომასშტაბიანი დანერგვის ენერგოეკონომიკური დასაბუთება“
ფაკულტეტი : ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის
აკადემიური ხარისხი: დოქტორი
სხდომა ჩატარდა: 2015 წლის ივლისი

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

ავტორის ხელმოწერა

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

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

რეზიუმე

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მიერ განხორციელებული არაერთი ღონისძიების მიუხედავად, ზამთრის სეზონისათვის მზადება და საჯარო სკოლების თბომომარაგება კვლავ აქტუალურ პრობლემად რჩება. ეს განსაკუთრებით ეხება მცირეკონტიგენტიან საჯარო სკოლებს საქართველოს რეგიონებში, რომელთა აბსოლუტური უმრავლესობა დეფიციტურია და სამეშე მერქნის შესაძენ თანხას სამინისტროდან ღებულობს.

სტატისტიკური მონაცემების თანახმად საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების გასათბობად ყოველწლიურად გამოყენებული სამეშე მერქნის რაოდენობა და მის შესაძენად გამოყოფილი თანხები საკმაოდ სოლიდურია (სულ მცირე 40 ათასი მ³ სამეშე მერქანი და არანაკლებ 4 მლნ ლარი), რაც მძიმე ტვირთად აწევს როგორც განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს, ისე ადგილობრივ საგანმანათლებლო რესურსცენტრებსა და უშუალოდ საჯარო სკოლებს.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოს მოსახლეობა, ყოველწლიურად, მხოლოდ საოჯახო მეურნეობისათვის, 5-6 მილიონ მ³ სამეშე მერქანს მოიხმარს, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება არა მარტო მისი ჭრის ლიმიტსა (1 მლნ მ³), არამედ მის საშუალო წლიური ნამატსაც (4 მილიონ მ³) და თუ გავითვალისწინებთ იმასაც, რომ საქართველოს ტყეების უმეტესი ნაწილი (60%) გადაბერებულია და ამავე დროს, დღეისათვის პრაქტიულად არ არსებობს სრულფასოვანი მონაცემები ტყეების უსისტემო ჭრების შედეგად ქვეყანაში დარჩენილი ტყის რესურსების შესახებ, ნათელი გახდება, რომ ხეტყის ასეთი მასშტაბებით გამოყენებამ შესაძლებელია ქვეყანა ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე დააყენოს.

საჯარო სკოლების გათბობასთან (ზამთრის სეზონის მზადებასთან) დაკავშირებული პრობლემების გადასაჭრელად საჭიროა, ერთი მხრივ, თითოეული სკოლისათვის დადგენილი ლიმიტის ფარგლებში შეძენილი სამეშე მერქნის არსებული მარაგების ეფექტურად გამოყენება და ამ გზით მისი მოხმარების მასშტაბების შემცირება, ხოლო მეორე მხრივ სამეშე მერქნის ჩანაცვლება ალტერნატიული ბუნებრივი რესურსებითა და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით.

სამეშე მერქნის ხარჯი უშუალოდაა დამოკიდებული მის ენერგეტიკულ პოტენციალზე, რომელიც თავის მხრივ მისი (სამეშე მერქნის) ტენშემცველობით განისაზღვრება.

მეორე მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რომელიც გადამწყვეტ გავლენას ახდენს სამეშე მერქნის ხარჯზე, მისი წვის პროცესის სრულყოფაა. ცნობილია, რომ საჯარო სკოლებში არსებული შეშის ღუმელების უმეტესობა დაბალეფექტურია, ძალზე ადვილად გასცემს სითბოს და სწრაფად ცივდება, ოთახში საჭირო ტემპერატურის შესანარჩუნებლად მოითხოვს მუდმივ კონტროლს და შეშის განუწყვეტელ დამატებას, არ შეესაბამება მომხმარებლის საჭიროებას და უსაფთხოების ელემენტარულ

მოთხოვნებსაც კი ვერ აკმაყოფილებს. ყველა შემის ღუმელი ძირითადად ერთი და იმავე დიზაინისაა და მათი სავარაუდო ეფექტურობა 30-40%-ს არაღემატება, რაც იმას ნიშნავს, რომ მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის მხოლოდ მესამედის გამოყენებაა შესაძლებელი სასარგებლოდ.

საშეშე მერქნის ხარჯზე გადამწყვეტ გავლენას ახდენს, აგრეთვე, სკოლის შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობა. გარე კედლების დაბალი თერმული წინაღობა, სხვენიანი გადახურვების დამათბუნებელი შრის არარსებობა ან არასაკმარისი სისქე, ერთმაგი შემინვა, ფანჯრის ჩარჩოებსა და სარდაფის თავზე ან მიწისპირზე მოწყობილ იატაკებზე არსებული ღრეჩოები, განაპირობებს სკოლის შენობათა თბურ დაუცველობას და, შესაბამისად, მათი ენერგომომარებისა და საშეშე მერქნის ხარჯის გაზრდას 30-50%-ით.

საჯარო სკოლების გათბობასთან დაკავშირებული პრობლემების გადასაჭრელად შესაძლებელია, საშეშე მერქნის ჩანაცვლება ალტერნატიული ბუნებრივი რესურსებით.

ორგანული სათბობის ერთ-ერთ ალტერნატიულ სახეს წარმოადგენს ნარჩენი ბიომასა, რომელიც განიხილება, როგორც ყოველწლიურად განახლებული ენერჯის წყარო. ნარჩენი ბიომასის ტერმინის ქვეშ იგულისხმება მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ორგანული ნივთიერებების ერთობლიობა, კერძოდ: მცენარეული წარმოშობის ნარჩენებს მიეკუთვნება ხეტყის ნარჩენი ბიომასა (სატყეო მეურნეობის ექსპლუატაციისა და ხეტყის ინდუსტრიის ნარჩენები) და სოფლის მეურნეობის მოსავლისა და აგროგადამამუშავებელი ინდუსტრიის ნარჩენები (ნამჯა, სიმინდის ტაროს ნაქურჩი, მზესუმზირის ჩენჩო, თხილის ნაჭუჭი და სხვა), ხოლო ცხოველურ ნარჩენებს მიეკუთვნება მსხვილფეხა რქოსანი საქონლის, ღორის, ცხვრის, თხისა და ქათმის ნაკელი და ექსკრემენტი.

ნარჩენ ბიომასას გააჩნია უპირატესობების მთელი რიგი: ენერჯის განახლებადი წყაროა და ამიტომ აუმოუწურავია; გავრცელებულია ქვეყნის თითქმის მთელ ტერიტორიაზე; წიაღისეულ სათბობთან შედარებით იაფია; შესაძლებელია მისი პირდაპირი გამოყენება; შესაძლებელია მისგან ბრიკეტებისა და პელეტების დამზადება; მნიშვნელოვნად ამცირებს სათბური გაზების ემისიას; შეუძლია დიდი წვლილი შეიტანოს ენერგომომარაგებაში; ქმნის დამატებით სამუშაო ადგილებს რეგიონებში.

აქედან გამომდინარე, საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების ფართომასშტაბიანი დანერგვის ენერგოეკონომიკური დასაბუთებისათვის აუცილებელია საჯარო სკოლებში საშეშე მერქნის მოხმარების მასშტაბებისა და საშეშე მერქნისა და ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის დადგენა, წვის პროცესის სრულყოფის შესაძლებლობისა და სკოლის შენობების შემომზღუდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა და თანამედროვე ტექნიკით აღჭურვილი გენერატორების შერჩევა.

Abstract

Despite of a numerous measures implemented by the Ministry of Education and Science of Georgia, preparation for the winter season and the heat supply system of public schools remained as an actual problem. This is especially true with small number of public schools in the regions, of which the vast majority of the money supply and the price of firewood takes.

According to the statistics data, the public schools of the Georgian regions for heating purposes requested the sufficiently large amount of firewood and funds (at least 40 thousand m³ of wood and 4 million GEL), which is a heavy burden for the Ministry of Education and local educational resource-centers and the public schools.

It should also be noted that household's consumed 5-6 million m³ of wood for heating and cooking purposes, which greatly exceeds not only for its cutting limits (1 million m³), but its average annual increment (4 million m³) and if we considering that, the major part of forests (60%) are overgrown and at the same time, there are no real data about forest resources of the country, it is clear that such a large scale use of wood will face our country in a ecological catastrophe.

Another important factor, which is a decisive influence at the expense of firewood is improvement of its combustion process. It is known, that the most of wood stoves in the public schools are not enough effective, radiate heat and cools quickly, to reach required temperature in the classroom it's needed constant control and adding more and more amount of wood. Despite of this that school are consuming a big amount of firewood, they can not meet the simple requirements of a comfort and security. All wood stoves are basically the same design and their effectiveness is estimated of 30-40%, which means that the energy potential of wood only one third part can be used for the benefit.

The technical condition of the school building envelope influenced at the consumption of firewood. Low thermal resistance of outside walls, non- insulated roof, single glazing windows and gaps in the roof of the basement - leading to the thermal vulnerability of the school building and, therefore, reduce their energy consumption and increase wood consumption by 30-50%.

For cutting heat-related problems in the public schools its needed replacement of firewood to renewable resources and energy efficient technologies.

One of the alternative forms of organic fuel is a biomass, which is considered as a source of renewable energy. World Energy Agency predicts by 2010, the EU member countries, the share of biomass in primary energy consumption reached 9%, while by 2020 share of non-traditional renewable energy sources in the energy generation would be 42-46%.

Residual biomass refers to the combination of plant and animal origin of organic matter, namely: vegetable wastes include wood waste biomass (forestry and timber industry in the exploitation of waste) and agricultural crops and agro-processing industry residues (wheat straw, corn& sunflower husk, nut shell, etc.), while animal waste include cattle, chicken, sheep, goat and swine manure.

Residual biomass has a number of advantages: it is renewable energy source; spread in the whole territory of the country; with relatively to fossil fuel - inexpensive; It can be straightforward to use; It is possible to produce briquets and pellets; significantly reduce greenhouse gas emissions; can make a major contribution to the energy supply; creates additional jobs in the regions.

Therefore, for implementation of the energy efficiency technologies in the Georgian public schools, it is necessary ascertainment the amount of firewood consumption in the public schools, study the firewood's energy potential, the possibility of improving the combustion process and the technical condition of the school building envelope.

შინაარსი

შესავალი.....	12
თავი პირველი.....	19
1.1. საჯარო სკოლების თბომომარაგების პრობლემები	19
1.2. საშემე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალი და მისი ტენშემცველობა	22
1.3. საშემე მერქნის ხარჯი, წვის პროცესის სრულყოფა და სკოლის შენობის ტექნიკური მდგომარეობა.....	25
თავი მეორე	28
2.1. ენერგოაუდიტი შენობების სექტორში	30
2.2. ენერგომომხმარების ბიუჯეტი და ენერგეტიკული გაანგარიშებები 38	
2.2.1. განსაზღვრებები.....	39
2.2.2. მოთხოვნა ენერგიაზე გათბობისა და ვენტილაციისათვის.....	40
2.2.3. სითბოს საერთო დანაკარგები	41
2.2.4. ჯამური სითბოს ნაკადი.....	44
2.2.5. უტილიზაციის კოეფიციენტი	46
2.2.6. ცხელწყალმომარაგება საყოფაცხოვრებო საჭიროებისათვის.....	47
2.2.7 გათბობის სისტემის ვენტილატორები და ტუმბოები.....	48
2.2.8. კონდიციონერების სისტემის ვენტილატორები და ტუმბოები	49
2.2.9. განათება	49
2.2.10. სხვა მოწყობილობა.....	50
2.3. ENSI–ის პროგრამული უზრუნველყოფა „საკვანძო რიცხვები“ ენერგეტიკული გაანგარიშებებისათვის	50
2.3.2. ენერგეტიკული ბიუჯეტის პროგრამული უზრუნველყოფის ფორმატი	51
2.4. სოფ. ხიდისთავის საჯარო სკოლის ენერგოაუდიტის ანგარიში.....	53
თავი მესამე	69
3.1. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი საქართველოს რეგიონებში.....	71
3.2. სოფ. ნატახტრის საჯარო სკოლის ენერგოაუდიტი	76

3.3. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების შესაძლებლობა მცხეთა-თიანეთის რეგიონების საჯარო სკოლების თბომომარაგებისათვის	77
3.4. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენება საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში	79
თავი მეოთხე	80
4.1. მცენარეული ნარჩენების წვა მდულარე შრეში	80
4.2. მზესუმზირის ჩენჩოს დაწვა	84
4.3. დანაწევრებული ნამჯის (ჩალის) წვის თავისებურებები	87
4.4. პიროლიზური ქვაბები	93
4.5. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოება	98
თავი მეხუთე	102
5.1. ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლის ენერგოაუდიტის შედეგები	103
5.2. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების გამოყენება ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლების თბომომარაგებისათვის	106
თავი მეექვსე	109
6.1. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების რენტაბელობა	110
6.2. ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემის მოწყობის რენტაბელობა	112
6.3. პროექტის განხორციელების ხელშემწყობი ფაქტორები და პარტნიორები	116
დასკვნა	118
გამოყენებული ლიტერატურა	119

ცხრილების ნუსხა

- ცხრილი 1. მცირეკონტიგენტთან დეფიციტურ საჯარო სკოლებში ზამთრის სეზონისათვის საჭირო სახსრები;
- ცხრილი 2. სარეკონსტრუქციო ღონისძიებები სოფ.ხიდისთავის საჯარო სკოლაში;
- ცხრილი 3. შენობის მდგომარეობა;
- ცხრილი 4. შენობის განათების სისტემები;
- ცხრილი 5. სითბოს გამომყოფი სხვადასხვა მოწყობილობები;
- ცხრილი 6. ენერგეტიკული ბიუჯეტი;
- ცხრილი 7. ენერგოეფექტურობის პოტენციალი;
- ცხრილი 8. ენერგოეფექტური ღონისძიებები;
- ცხრილი 9. დანერგვის გრაფიკი;
- ცხრილი 10. მცხეთა-თიანეთის რეგიონის საჯარო სკოლებში მოხმარებული სამეშე მერქანი გათბობის სეზონისათვის;
- ცხრილი 11. ზოგადი ინფორმაცია მცხეთა-თიანეთის რეგიონის საჯარო სკოლების შესახებ;
- ცხრილი 12. სტატისტიკური მონაცემები საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების შესახებ;
- ცხრილი 13. საცდელ-სამრეწველო საცეცხლე მოწყობილობის ტექნიკური მახასიათებლები;
- ცხრილი 14. მზესუმზირის ჩენჩოსა და დანაწევრებული ნამჯის წვის ძირითადი პარამეტრები;
- ცხრილი 15. ენერგორესურსებისა და ემისიის დანაზოგი ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლაში;
- ცხრილი 16. ენერგორესურსებისა და ემისიის დანაზოგი ქ.ქუთაისის ყველა საჯარო სკოლისათვის;
- ცხრილი 17. ენერგორესურსებისა და ემისიის შემცირება საჯარო სკოლების გათბობის სისტემაში;
- ცხრილი 18. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების გეგმა და ბიუჯეტი;
- ცხრილი 19. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების გრაფიკი;
- ცხრილი 20. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების რენტაბელობის პარამეტრები;
- ცხრილი 21. ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემის მოწყობის გეგმა და ბიუჯეტი;
- ცხრილი 22. ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემის მოწყობის გრაფიკი;
- ცხრილი 23. ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემის მოწყობის რენტაბელობის პარამეტრები.

ნახაზების ნუსხა

- ნახ.1. საშემე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე;
- ნახ.2. საშემე მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე;
- ნახ.3. შენობის გასათბობი ფართის დამოკიდებულება საშემე მერქნის ტენშემცველობაზე;
- ნახ.4. საშემე მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება შემის ღუმელის მქ კოეფიციენტზე;
- ნახ.5. სოფ. ხიდისთავის საჯარო სკოლის შენობა;
- ნახ.6. მცენარეული ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი საქართველოს რეგიონებისათვის;
- ნახ.7. მცენარეული ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი მცხეთა-თიანეთის რეგიონისათვის;
- ნახ.8. ხეტყის ნარჩენი ბიომასა მცხეთა-თიანეთის რეგიონისათვის;
- ნახ.9. საცეცხლე მოწყობილობის კონსტრუქციული სქემა
- ნახ.10. ტემპერატურის ცვლილება საცეცხლე მოწყობილობის ღერძის გაწვრივ;
- ნახ.11. პიროლიზური ქვაბის სქემა
- ნახ.12. საყოფაცხოვრებო პიროლიზური ქვაბი Atmos (ჩეხეთი)
- ნახ.13. პროფ.ნ.ქეცხიშვილის პიროლიზური წყალსათბობი ქვაბი
- ნახ.14. პიროლიზური წყალსათბობი ქვაბის პრინციპული სქემა
- ნახ.15. ბრიკეტების ტექნოლოგიური პროცესის თანმიმდევრობა
- ნახ.16. ბრიკეტების წარმოების სქემა
- ნახ.17. ბრიკეტების საწარმოო ტექნოლოგიური ხაზი.
- ნახ. 18. ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლის შენობა

მადლიერება

ავტორი ავტორი მადლობას უხდის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თბო- და ჰიდროენერგეტიკული დანადგარების დეპარტამენტის პროფესორ-მასწავლებლებს მზურველობისათვის, კვლევისათვის საჭირო მასალებით უზრუნველყოფისა და გაწეული კონსულტაციებისათვის.

შესავალი

ადგილობრივი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ეფექტური გამოყენება, ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვა და ენერგოდამზოგი ღონისძიებების პრაქტიკული რეალიზება ნებისმიერი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების მამოძრავებელი ძალა და ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი ძირითადი წინაპირობაა. სწორედ შიდა ენერგორესურსების და ენერჯის ეფექტურად გამოყენების დონე და ენერგოეფექტურობის ზრდის დინამიკის, ანუ მთლიანი შიდა პროდუქტის ენერგოტევადობის შემცირების განზოგადებული მაჩვენებლები განაპირობებენ ქვეყანაში წარმოებული პროდუქციის კონკურენტუნარიანობას (როგორც შიდა, ასე გარე ბაზარზე) და ამ ქვეყნის ადგილსა და როლს მსოფლიო თანამეგობრობაში [1;2].

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესება საქართველოსათვის, სადაც საკუთარი ეკონომიკის უზრუნველსაყოფად დიდძალი რესურსები გარედან შემოიტანება (ეს არის მოხმარებული ბუნებრივი აირის მთელი რაოდენობა, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ძირითადი და ელექტროენერჯის მნიშვნელოვანი ნაწილი), ხოლო მეორე მხრივ, სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების საბოლოო გამოყენების კოეფიციენტი 45%-საც კი არ აღემატება, ანუ არსებული ენერგორესურსების ნახევარსაც კი ვერ ვიყენებთ [3].

ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენებისა და ადგილობრივი ენერგეტიკული წყაროების ათვისების საკითხი აქტუალური გახდა საქართველოს ენერგეტიკულ სექტორში ცვლილებების დაწყებისთანავე. ამ მხრივ ქვეყანაში არსებული პოტენციალის შეფასება პირველად ჩატარდა საქართველოს ელექტროენერგეტიკის სექტორის ოპტიმალური განვითარების პროექტის ფარგლებში [4].

ენერგოეფექტურობის პროექტების ფართომასშტაბიანი შესრულება საქართველოში დაიწყო 2000 წელს USAID -ის პროგრამის ფარგლებში კომპანია Hagler Baili ის მიერ (მოგვიანებით ეს პროექტები გააგრძელა კომპანიამ PA Cosulting). სამუშაოების მენეჯმენტი განახორციელა საქართველოს ინჟინერ-ენერგეტიკოსთა ასოციაციამ (GAEE) მთავარი კონტრაქტორის სტატუსით. ამ პროგრამის ფარგლებში ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში შესრულდა ენერგოეფექტურობის რამოდენიმე ათეული პროექტი მნიშვნელოვანი ეკონომიკური მაჩვენებლებით [5-7].

ბუნებრივია, რომ ადგილობრივი ენერგორესურსების ენერგეტიკული პოტენციალის დეტალური შესწავლა, ახალი ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვა და ენერგოდაზოგვის ღონისძიებების პრაქტიკული რეალიზება არა მხოლოდ ენერჯის გენერაციისა და გადაცემის, არამედ მისი მოხმარების სფეროშიც მნიშვნელოვანია არა მარტო ეკონომიკური, არამედ სტრატეგიული თვალსაზრისითაც. კერძოდ, ეს: ხელს შეუწყობს საქართველოში ამჟამად არსებული ენერგეტიკული და ეკონომიკური პრობლემების გადაწვეტას გაადიდებს ქვეყანაში წარმოებული პროდუქციის კონკურენტუნარიანობას მისი ენერგოტევადობის შემცირების ხარჯზე; შექმნის ხელშემწყობ პირობებს ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოებისა და სწრაფი ეკონომიკური განვითარების უზრუნველსაყოფად. ყოველივე აღნიშნული ენერგომომმარაგებელ კომპანიებს საშუალებას მიცემს დეტალურად შეისწავლონ სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების არსებული მდგომარეობა და წინასწარ გააანალიზონ მათი გამოყენების პერსპექტივები, რაც მათი სამოქმედო გეგმის ოპტიმიზაციისა და აქედან გამომდინარე, დამატებითი საინვესტიციო ხარჯების მინიმუმამდე დაყვანის საშუალებას იძლევა.

ორგანული სათბობის (ნავთობი, ნახშირი, ბუნებრივი აირი) დეფიციტმა და მისი ღირებულების განუწყვეტელმა ზრდამ ენერგორესურსების არაეფექტური ხარჯვა თანამედროვეობის ერთ-ერთ

აქტუალურ პრობლემად გადააქცია. ამას ემატება კლიმატის ცვლილება ანუ გლობალური დათბობა, რისი გამომწვევი ძირითადი მიზეზი არაგანახლებადი ენერჯის წყაროების (ნავთობი და სხვა წიაღისეული სათბობი) არარაციონალური გამოყენება და ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის CO₂-ის არნახული რაოდენობით დაგროვებაა, და რაც დღევანდელი მსოფლიო საზოგადოების განსაკუთრებულ შემფოთებას იწვევს.

კლიმატის ცვლილების სიჩქარის შემცირება, CO₂-ის ემისიის შეზღუდვისთან ერთად, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ამ გაზების შთანთქმის ინტენსივობაზე და, აქედან გამომდინარე, ტყეების, როგორც ატმოსფეროდან CO₂-ის მშთანთქმნელის, შენარჩუნება-გადლიერებაზე.

მიუხედავად იმისა, რომ ტყის რესურსები მიეკუთვნება განახლებად ბუნებრივ რესურსებს, ისინი მაინც არ შეიძლება ჩაითვალოს ამოუწურვად და მათი შენარჩუნება და აღდგენა-გაშენება მხოლოდ ადამიანების გონივრულ ქმედებაზეა დამოკიდებული [8-13]

გასული საუკუნის 90-იანი წლების ცნობილი მოვლენების გამო, საქართველოში უმძიმესი მდგომარეობა შეიქმნა თბომომარაგების სფეროში. ბუნებრივი აირის მოწოდების შეწყვეტამ და ქვანახშირის მოპოვების შეჩერებამ უალტერნატივო გახადა ხეტყის საწვავად გამოყენება. დაიწყო ხეტყის უსისტემო და უკონტროლო ჭრა, რაც დღემდე გრძელდება. დღესაც, მოხმარებული საშეშე მერქნის მოცულობა მრავალჯერ აღემატება სანიტარიული ნორმებით დასაშვებს. ამას ემატება ისიც, რომ საქართველოს ტყეების უმეტესი ნაწილი (60%) გადაბერებულია და ფართობის ერთეულზე მისი ყოველწლიური ნამატი მეტად დაბალია (არ აღემატება 1,44 მ3/ჰა).

თუ მხედველობაში მივიღებთ იმასაც, რომ საქართველოში საშეშე მერქნის ძირითადი მომხმარებელი სოფლის მოსახლეობაა, რომელიც მთლიანი მოსახლეობის 47,5%-ს (2085,8 ათასი) შეადგენს და რომლის უდიდესი ნაწილისათვის სათბობის სხვა ალტერნატიული წყარო უბრალოდ მიუწვდომელია (მაღალი ფასებისა და ტექნიკური საშუალებების არ

არსებობის გამო), ნათელი გახდება, რომ ხეტყის მოხმარება დღევანდელი მასშტაბებით ქვეყანას ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე დააყენებს.

ორგანული სათბობის დეფიციტის ზრდასთან დაკავშირებით, მსოფლიო მასშტაბით, ინტენსიურად მიმდინარეობს კვლევები ალტერნატიული სათბობის საძიებლად. ევროკავშირის დირექტივების შესაბამისად 2020 წლისთვის ევროკავშირის ქვეყნებში მოხმარებული ენერჯის მინიმუმ 20% ენერჯის განახლებად წყაროებზე უნდა მოდიოდეს (ბიომასა, მზე, ქარი, თბური ტუმბოები, ჰიდრო, გეოთერმული და ა.შ.).

ორგანული სათბობის ერთ-ერთ ალტერნატიულ სახეს წარმოადგენს ბიომასა, რომელიც განიხილება, როგორც ყოველწლიურად განახლებული ენერჯის წყარო. მსოფლიო ენერგეტიკული სააგენტოს პროგნოზით 2010 წლისთვის ევროკავშირში შემავალ ქვეყნებში, ბიომასის წილმა პირველადი ენერგომომცველების საერთო მოხმარების 9%-ს მიაღწია, ხოლო 2020 წლისთვის მსოფლიო მასშტაბით მასზე მოვა არატრადიციული განახლებადი ენერჯის წყაროების მიერ გამომუშავებული ენერჯის 42-46%.

ნარჩენი ბიომასის ტერმინის ქვეშ იგულისხმება მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ორგანული ნივთიერებების ერთობლიობა. მცენარეული წარმოშობის ნარჩენებს მიეკუთვნება ხეტყის ნარჩენი ბიომასა (სატყეო მეურნეობის ექსპლუატაციისა და ხეტყის ინდუსტრიის ნარჩენები) და სოფლის მეურნეობის მოსავლისა და აგროგადამამუშავებელი ინდუსტრიის ნარჩენები (ნამჯა, სიმინდის ტაროს ნაქურჩი, მზესუმზირის ჩენჩო, თხილის ნაჭუჭი და სხვა), ხოლო ცხოველურ ნარჩენებს მიეკუთვნება მსხვილფეხა რქოსანი საქონლის, ღორის, ცხვრის, თხისა და ქათმის ნაკელი და ექსკრემენტი.

ნარჩენ ბიომასას გააჩნია უპირატესობების მთელი რიგი: ენერჯის განახლებადი წყაროა და ამიტომ აუმოუწურავია; გავრცელებულია ქვეყნის თითქმის მთელ ტერიტორიაზე; წიაღისეულ სათბობთან შედარებით იაფია; შესაძლებელია მისი პირდაპირი გამოყენება;

შესაძლებელია მისგან ბრიკეტებისა და პელეტების დამზადება; მნიშვნელოვნად ამცირებს სათბური გაზების ემისიას; შეუძლია დიდი წვლილი შეიტანოს ენერგომომარაგებაში; ქმნის დამატებით სამუშაო ადგილებს რეგიონებში.

სათანადო კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ საქართველოს რეგიონში მცენარეული წარმოშობის (სიმინდი, ხორბალი, ლობიო, სოია, ქერი და შვრია) ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის საშუალო წლიური მნიშვნელობა 1.1×10^6 მგვტ.სთ-ს შეადგენს, ანუ შესაძლებელია წელიწადში დაახლოებით 280 ათასი ტ ნარჩენი ბიომასის მიღება.

ამას ემატება საშეშე მერქანი, რომლის ენერგეტიკული პოტენციალი 800 ათას მგვტ.სთ-ს უტოლდება და რაც დაახლოებით 260 ათას ტ ბიონარჩანს შეესაბამება.

აღსანიშნავია ისიც, რომ საქართველოში დიდ წარმატებას აღწევს თხილის ბიზნესი. ქართული თხილის გასაღების ბაზარი ძირითადად ევროკავშირის ქვეყნებია. უცხოეთის ბაზარზე გაჩენილმა მოთხოვნამ გლეხებსა და მეწარმეებს თხილის მოსავლის მოცულობისა და თხილის გადამამუშავებელი ქარხნების სიმძლავრეების გაზრდის სტიმული მისცა. სტატისტიკა აჩვენებს, რომ თხილს საქართველოში სახნავ-სათესი ფართობის 42.1% აქვს დაკავებული და საქართველო ამ მაჩვენებლით თხილის მწარმოებელ ქვეყნებს შორის მეოთხე ადგილზეა თურქეთის, იტალიისა და აზერბაიჯანის შემდეგ. დასავლეთ საქართველოს თითქმის ყველა რეგიონში ფუნქციონირებს თხილის ჩამბარებელი პუნქტები, საიდანაც პროდუქტი გადამამუშავებელ ქარხანაში ხვდება. აქ თხილს გამოაშრობენ, აკალიბრებენ და ამტვრევენ. თხილის გული, მზა პროდუქტის სახით, ექსპორტზე გადის, ხოლო ნაჭუჭი ადგილობრივ ბაზარზე იყიდება და მას მოსახლეობა საცხოვრებელი სახლების გათბობის მიზნით იყენებს.

დღეისათვის ქ.ზუგდიდში ფუნქციონირებს 6 დიდი, 10 საშუალო და 20-მდე მცირე მწარმოებლურობის თხილის გადამამუშავებელი საწარმო.

დიდ საწარმოები დღეში 10-ტონაზე მეტი თხილის გადამუშავებაა შესაძლებელი, საშუალო სიმძლავრის საწარმოებში 5-10 ტონის, ხოლო მცირე საწარმოებში 1-5 ტონის.

2012-2013 წლებში ზუგდიდში მომუშავე თხილის საწარმოების მიერ გადამუშავებულმა თხილის რაოდენობამ 30 000- 40 000 ტონა შეადგინა, ხოლო ნარჩენი ნაჭუჭის რაოდენობამ - 18 000-25 000 ტონა. თხილის ნაჭუჭის მაღალი თბოუნარიანობისა და დაბალი ფასების გამო (8-15 თეთრი/კგ) ზუგდიდის მოსახლეობა აქტიურად მოიხმარს მას როგორც საცხოვრებელი ფართის გასათბობად, ისე სხვა მცირე საწარმოებში (თონეები, სათბურები).

თხილის ნაჭუჭის დაწვის სითბო დამოკიდებულია მის ტენიანობაზე. გამომშრალი თხილის ნაჭუჭის ტენიანობა არ აღემატება 8-12%-ს, ამიტომ ის ხასიათდება მაღალი ტბოუნარიანობით, რომელიც 16200-18000 კჯ/კგ-ს უტოლდება. შესაბამისად მაღალია მისი ენერგეტიკული პოტენციალიც -4.5-5.0 კვტ.სთ/კგ.

ნარჩენი ბიომასის სოლიდური რაოდენობის არსებობა საქართველოს რეგიონებში მისი ფართომასშტაბიანი გამოყენების საშუალებას იძლევა. კერძოდ, ბიონარჩენების წვის თანამედროვე, მსოფლიოში უკვე აღიარებული ტექნოლოგიების შერჩევის ან სამამულო წარმოების დანადგარების შექმნისა და რეგიონებში მათი დანერგვის შემთხვევაში, შესაძლებელი იქნება ბიონარჩენების ბრიკეტირება ვაწარმოოთ უშუალოდ ადგილებზე, რაც მკვეთრად შეამცირებს პროდუქციის თვითღირებულებას (ცნობილია, რომ ბრიკეტების დამზადებისას თვითღირებულების ხარჯებში ძალზე დიდია ბიომასის ტრანსპორტირებაზე გაწეული დანახარჯები).

თავი პირველი

საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების თბომომარაგების პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები

მიუხედავად იმისა, რომ ტყე თვითგანახლებადი ბუნებრივი რესურსია, ის მაინც არ შეიძლება ჩაითვალოს ამოუწურვად და მისი შენარჩუნება და აღდგენა-გაშენება მხოლოდ ადამიანების გონივრულ ქმედებაზეა დამოკიდებული.

ტყის, როგორც ეროვნული საგანძურის, დაცვა განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსათვის, სადაც სოფლის მოსახლეობის უდიდესი ნაწილი, ყოველწლიურად, მხოლოდ საოჯახო მეურნეობისათვის, 5-6 მილიონ მ³ საშუალო მერქანს მოიხმარს, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება არა მარტო მისი ჭრის ლიმიტსა (1 მლნ მ³) და ენერგეტიკული მოთხოვნილების თეორიულ (შესაძლო-გამოსაყენებელ) რაოდენობას (2,3 მილიონი მ³), არამედ მის საშუალო წლიური ნამატსაც (4 მილიონ მ³).

თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველოს ტყეების უმეტესი ნაწილი (60%) გადაბერებულია და ამავე დროს, დღეისათვის პრაქტიკულად არ არსებობს სრულფასოვანი მონაცემები ტყეების უსისტემო ჭრების შედეგად ქვეყანაში დარჩენილი ტყის რესურსების შესახებ, ნათელი გახდება, რომ ხეტყის ასეთი მასშტაბებით გამოყენება ქვეყანას ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე დააყენებს [14].

1.1. საჯარო სკოლების თბომომარაგების პრობლემები

გარდა საყოფაცხოვრებო სექტორისა, საქართველოს რეგიონებში საშუალო მერქანი ფართოდ გამოიყენება ადმინისტრაციული დაწესებულებების, მათ შორის საჯარო სკოლების გასათბობად.

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მიერ განხორციელებული არაერთი ღონისძიების მიუხედავად, ზამთრის სეზონისათვის მზადება და საჯარო სკოლების გათბობა კვლავ აქტუალურ პრობლემად რჩება. ეს განსაკუთრებით ეხება მცირეკონტიგენტიან საჯარო სკოლებს საქართველოს რეგიონებში, რომელთა აბსოლუტური უმრავლესობა დეფიციტურია და საშემე მერქნის შესაძენ თანხას სამინისტროდან ღებულობს.

რამდენიმე მცირეკონტიგენტიან საჯარო სკოლაში გამოყენებული საშემე მერქნის რაოდენობა და მის შესაძენად გამოყოფილი თანხა 2010-2011 სასწავლო წლის ზამთრის სეზონისათვის მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

მცირეკონტიგენტიან დეფიციტურ საჯარო სკოლებში ზამთრის სეზონისათვის საჭირო სახსრები

№	მუნიციპალიტეტი	სკოლების რაოდენობა	საშემე მერქანი		
			წლიური რაოდენობა, მ ³	ერთეულის საშუალო ფასი, ლარი	ღირებულება, ლარი
1	ახმეტის	11	223	81,8	18250
2	გურჯაანის	24	731	65,5	47844
3	დედოფლისწყაროს	9	485	53,4	25900
4	თელავის	22	800	65,0	52013
5	ლაგოდეხის	13	342	86,7	29650
6	საგარეჯოს	11	315	80,5	25370
7	სიღნაღის	9	298	46,8	13940
8	ყვარლის	19	605	76,9	46515
9	დუშეთის	34	1761	56,4	99385
10	თიანეთის	13	1205	60,0	72300
11	მცხეთის	13	479	96,8	46350
12	ბოლნისის	19	475	120,0	57000
13	გარდაბნის	11	295	64,9	19135
14	დმანისის	27	246	140,0	34440
15	თეთრიწყაროს	23	567	121,5	68900
16	მარნეულის	51	654	99,8	65280
17	წალკის	23	932	100,0	93200
18	გორის	25	509	107,2	54590
19	კასპის	17	246	95,9	23600
20	ქარელის	20	311	99,3	30875
21	ხაშურის	16	386	81,3	31365
22	ტყიბულის	21	481	60,0	28860
23	წყალტუბოს	33	820	80,0	65600
24	ჭიათურის	26	368	60,0	22080
25	ზესტაფონის	25	620	60,0	37200
26	თერჯოლის	17	705	60,0	42300
27	ბაღდათის	17	245	60,0	14700
28	ვანის	35	303	60,0	18180
29	ხელვაჩაურის	20	264	100,0	26400
30	ქედის	26	508	100,0	50800
31	ხულოს	42	1685	100,0	168500
	სულ	672	17864	80,1	1430522

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 2010-2011 ზამთრის სეზონისათვის მხოლოდ 31 მუნიციპალიტეტის 672 საჯარო სკოლაში დაიხარჯა 1 430 522 ლარის ღირებულების 17 864 მ3 საშემე მერქანი. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ქვეყნის მასშტაბით, საერთო ჯამში, 57 მუნიციპალიტეტი და 1200-მდე დეფიციტური სკოლა ფუნქციონირებს, მაშინ ეს უკანასკნელი მომაცემები, მინიმუმ, უნდა გაორმაგდეს.

გასათვალისწინებელია ისიც, რომ, გარდა დეფიციტური სკოლებისა, საშემე მერქანი გამოიყენება არადეფიციტურ სკოლებშიც. მაგალითად, ახალციხის დეპარტამენტის 38 საჯარო სკოლიდან 5 სკოლა არადეფიციტურია. მათ გააჩნიათ საკუთარი სახსრები და შეშას თავად ყიდულობენ. ადგილობრივი საგანმანათლებლო რესურსცენტრის მონაცემებით, 2010-2011 სასწავლო წლისათვის სკოლების გათბობას, საერთო ჯამში, 127197 ლარი ღირებულების 1781 მ3 საშემე მერქანი დასჭირდა. მართალია სამინისტროს მიერ გადასახდელ ამ თანხას გამოაკლდა არადეფიციტური სკოლების მიერ გადახდილი თანხა, მაგრამ ამით გამოყენებული საშემე მერქნის რაოდენობა არ შეცვლილა.

საერთო ჯამში, არასრული სტატისტიკური მონაცემების ანალიზიდანაც კი აშკარაა, რომ საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების გასათბობად ყოველწლიურად გამოყენებული საშემე მერქნის რაოდენობა და მის შესაძენად გამოყოფილი თანხები საკმაოდ სოლიდურია (სულ მცირე 40 ათასი მ3 საშემე მერქანი და არანაკლებ 3 მლნ ლარი), რაც მძიმე ტვირთად აწევს როგორც განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს, ისე ადგილობრივ საგანმანათლებლო რესურსცენტრებსა და უშუალოდ საჯარო სკოლებს.

საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების გათბობასთან (ზამთრის სეზონის მზადებასთან) დაკავშირებული პრობლემების გადასაჭრელად საჭიროა, ერთი მხრივ, თითოეული სკოლისათვის დადგენილი ლიმიტის ფარგლებში შეძენილი საშემე მერქნის არსებული მარაგების

ეფექტურად გამოყენება და ამ გზით მისი მოხმარების მასშტაბების შემცირება, ხოლო მეორე მხრივ მისი ჩანაცვლება განახლებადი ბუნებრივი რესურსებითა და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით.

საჯარო სკოლებში საშემე მერქნის ეფექტურად გამოყენებას საფუძვლად უნდა დაედოს მისი ენერგეტიკული პოტენციალის, წვის პროცესის სრულყოფის შესაძლებლობისა და სკოლის შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა.

1.2. საშემე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალი და მისი ტენშემცველობა

საშემე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალი მისი თბოუნარიანობით ანუ დაწვის სითბოთი განისაზღვრება. მიღებულია, რომ ერთი კგ ნებისმიერი ჯიშის აბსოლუტურად გამომშრალი საშემე მერქნის დაწვის დროს, მათი ქიმიური შედგენილობის იდენტურობის გამო, გამოიყოფა დაახლოებით ერთი და იმავე რაოდენობის სითბო – 18600 კჯ/კგ, რომლის კუთრი ენერგია 5,17 კვტ.სთ/კგ-ის ტოლია.

საშემე მერქნის თბოუნარიანობაზე გადამწყვეტ გავლენას ახდენს მისი ტენშემცველობა. მერქნის თბოუნარიანობის გადაანგარიშება ტენიანობის ერთი მნიშვნელობიდან (W_1) სხვა ტენიანობის (W_2) მქონე იმავე მასის თბოუნარიანობაზე შესაძლებელია ფორმულით:

$$Q_2 = (Q_1 + 25,1 * W_1) * [(100 - W_2) / (100 - W_1)] - 25,1 * W_2, \quad (1)$$

სადაც Q_1 საშემე მერქნის თბოუნარიანობაა W_1 ტენშემცველობის დროს, კჯ/კგ.

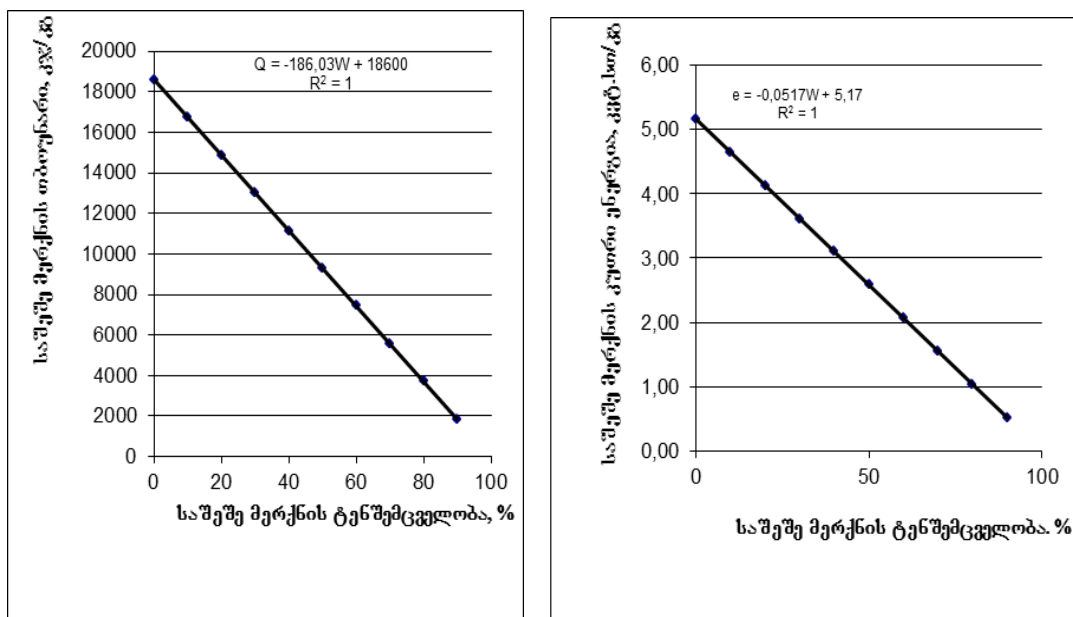
რადგან აბსოლუტურად გამომშრალი საშემე მერქნისათვის $Q_1=18600$ კჯ/კგ და $W_1=0$, მარტივი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ სხვადასხვა ტენშემცველობის მქონე საშემე მერქნის თბოუნარიანობის გამოსათვლელ გამოსახულებას:

$$Q^w = 18600 - 211 * W \quad (2)$$

(2)

სადაც Q^w საშუალო მერქნის თბოუნარიანობაა წინასწარ განსაზღვრული W ტენშემცველობის დროს (საშუალო მერქნის ტენშემცველობის განსაზღვრა შესაძლებელია საანალიზოდ აღებული მერქნის ნიმუშის გამოშრობით საშრობ კარადაში, მყარი სათბობის ტენიანობის განსაზღვრის ცნობილი მეთოდის მიხედვით).

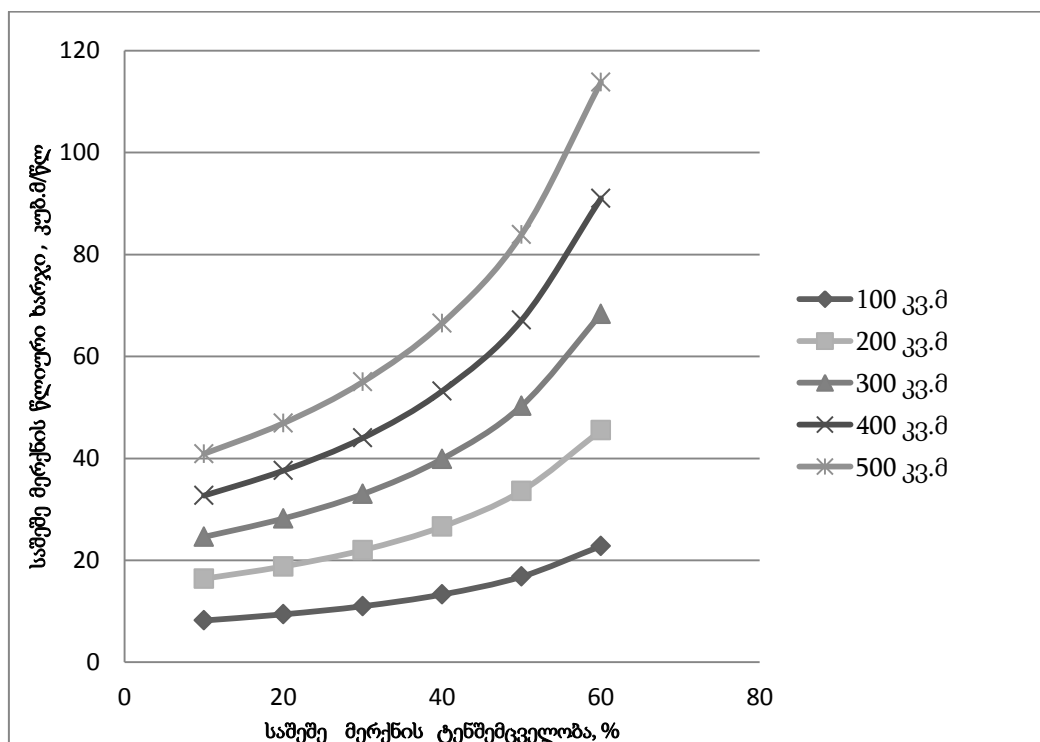
საშუალო მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. საშუალო მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე

როგორც ნახ. 1-დან ჩანს, საშუალოდ, ყოველ 10% ტენიანობაზე თბოუნარიანობა მცირდება დაახლოებით 2100 კგ/კგ-ით. ამიტომ, ახლადმოჭრილი საშუალო მერქნის თბოუნარიანობა, მისი მაღალი ტენშემცველობის (55-60%) გამო, 5934 კგ/კგ-მდე ეცემა. შესაბამისად, მცირდება კუთრი ენერჯიაც (1,65 კკტ.სთ/კგ-მდე) ანუ მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალიც, რაც, ბუნებრივია, მისი ხარჯის გაზრდასაც იწვევს [15;16].

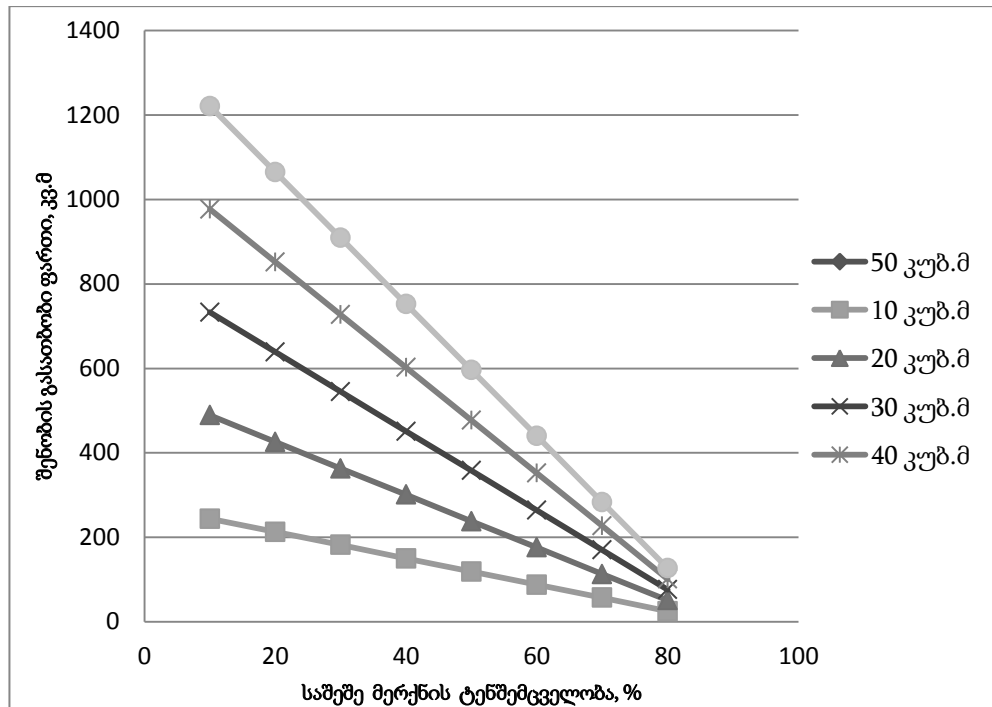
საშუალო მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე მოცემულია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2. საშუალო მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება მის ტენშემცველობაზე

ნახ. 2-ზე მოცემული გრაფიკიდან ჩანს, რომ სკოლის შენობის ერთი და იმავე ფართის გასათბობად 60% ტენშემცველობის მქონე საშუალო მერქნის ხარჯი თითქმის 3-ჯერ აღემატება 10% ტენშემცველობის მქონე საშუალო მერქნის ხარჯს. მაგალითად, სასკოლო შენობის 500 მ² ფართის გათბობა, ერთნაირ პირობებში, შესაძლებელია როგორც 60% ტენშემცველობის მქონე 114-115 მ³ საშუალო მერქნით, ისე 10% ტენშემცველობის მქონე 40-41 მ³ საშუალო მერქნითაც.

თავის მხრივ, საშუალო მერქნის ტენშემცველობაზე დამოკიდებული სასკოლო შენობის გასათბობი ფართიც. მაგალითად, გათბობის სეზონში მოხმარებული 50 მ³ 10%-იანი ტენშემცველობის საშუალო მერქნით შესაძლებელია სასკოლო შენობის 1200 მ² ფართის გათბობა, მაშინ როდესაც 60% ტენშემცველობის მქონე საშუალო მერქნით მხოლოდ 440 მ² ფართის გათბობაა შესაძლებელი (ნახ.3).



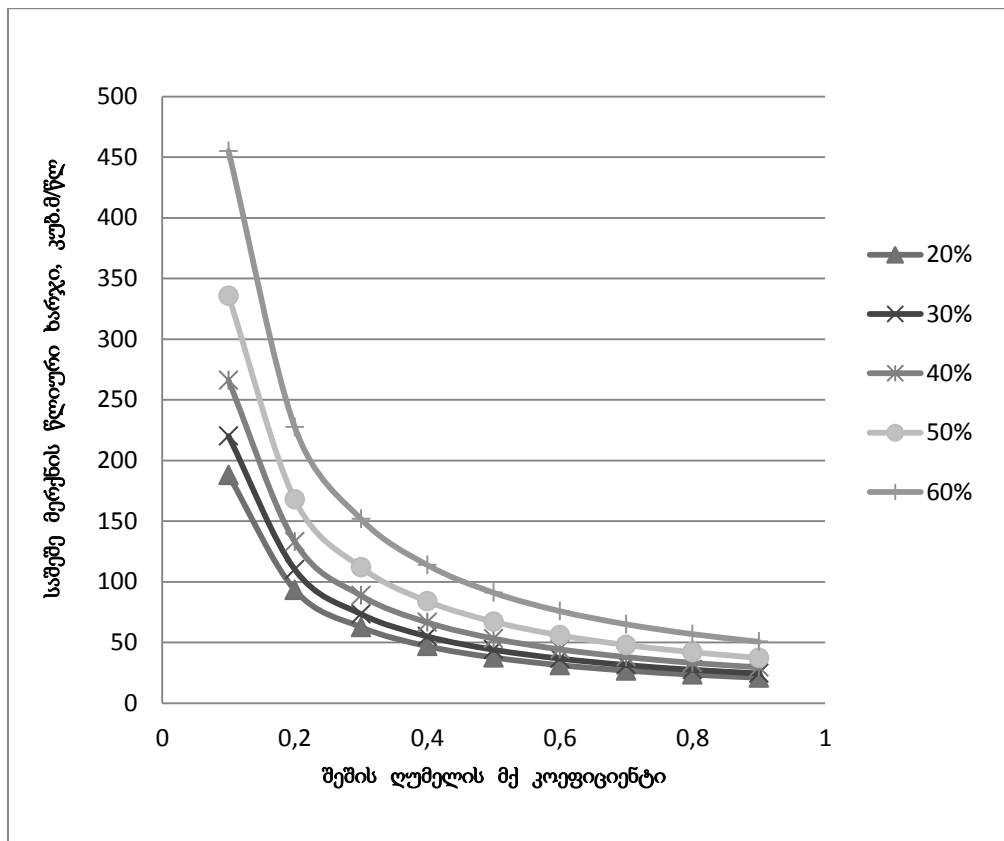
ნახ.3. შენობის გასათბობი ფართის დამოკიდებულება საშუალო მერკურის ტენზომცველობაზე

1.3. საშუალო მერკურის ხარჯი, წვის პროცესის სრულყოფა და სკოლის შენობის ტექნიკური მდგომარეობა

მეორე მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რომელიც გადამწყვეტ გავლენას ახდენს საშუალო მერკურის ხარჯზე, მისი წვის პროცესის სრულყოფაა. ცნობილია, რომ საჯარო სკოლებში არსებული შეშის ღუმელების უმეტესობა დაბალეფექტურია, ძალზე ადვილად გასცემს სითბოს და სწრაფად ცივდება, ოთახში საჭირო ტემპერატურის შესანარჩუნებლად მოითხოვს მუდმივ კონტროლს და შეშის განუწყვეტელ დამატებას, არ შეესაბამება მომხმარებლის საჭიროებას და უსაფრთხოების ელემენტარულ მოთხოვნებსაც კი ვერ აკმაყოფილებს. ყველა შეშის ღუმელი ძირითადად ერთი და იმავე დიზაინისაა და მათი სავარაუდო ეფექტურობა 30-40%-ს არ აღემატება, რაც იმას ნიშნავს, რომ მერკურის ენერგეტიკული პოტენციალის (მაგალითად, 18600 კჯ/კგ) მხოლოდ

მესამედის (საშუალოდ 6500 კჯ/კგ) გამოყენებაა შესაძლებელი სასარგებლოდ.

ნახ.4-ზე ნაჩვენებია საშეშე მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება შეშის ღუმელის მქ კოეფიციენტზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ღუმელების ენერგოეფექტურობის გაზრდა მნიშვნელოვნად ზრდის საშეშე მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების შესაძლებლობას და შესაბამისად, მნიშვნელოვნად შეამცირებს მასზე მოთხოვნილებას საჯაროს კოლებში. მაგალითად, საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელების ენერგოეფექტურობის (მქ კოეფიციენტის) 30%-დან 60%-მდე გაზრდა, სასკოლო შენობის 500 მ² ფართის 40% ტენშემცველობის მქონე საშეშე მერქნით გათბობის შემთხვევაში საშუალებას იძლევა ყოველწლიურად დაიზოგოს 40-45 მ³ საშეშე მერქანი [17].



ნახ. 4. საშეშე მერქნის წლიური ხარჯის დამოკიდებულება შეშის ღუმელის მქ კოეფიციენტზე

საშეშე მერქნის ხარჯზე გადამწყვეტ გავლენას ახდენს, აგრეთვე, სკოლის შენობის შემომზადული კონსტრუქციების (კედლები, სახურავი, იატაკი, ფანჯრები) ტექნიკური მდგომარეობა. გარე კედლების დაბალი თერმული წინაღობა, სხვენიანი გადახურვების დამატბუნებელი შრის არარსებობა ან არასაკმარისი სისქე, ერთმაგი შემინვა, ფანჯრის ჩარჩოებსა და სარდაფის თავზე ან მიწისპირზე მოწყობილ იატაკებზე არსებული ღრეჩოები, განაპირობებს სკოლის შენობათა თბურ დაუცველობას და, შესაბამისად, მათი ენერგომოხმარებისა და საშეშე მერქნის ხარჯის გაზრდას 30-50%-ით.

ზემოთ აღნიშნული სამივე ფაქტორის (მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალი, საშეშე ღუმელის მქ კოეფიციენტი და სკოლის შენობის შემომზადული კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობა) გათვალისწინებით, საჯარო სკოლებში საშეშე მერქნის წლიური ხარჯის გამოსათვლელად შეიძლება გამოვიყენოთ გამოსახულება:

$$B = (3600 \cdot N_{\text{შენ}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_2) / (Q_w \cdot \eta_{\text{შ.ღ}} \cdot \rho_{\text{ს.გ}}),$$

სადაც $N_{\text{შენ}}$ სკოლის შენობის ენერგომოხმარებაა, კვტ; τ_1 —სკოლის შენობის გათბობის სეზონის ხანგრძლივობა, დღე/წლ; τ_2 —ყოველდღიური სამუშაო საათები, სთ/დღე; Q_w —საშეშე მერქნის თბოუნარიანობა წინასწარ განსაზღვრული W ტენშემცველობის დროს, კჯ/კგ; $\eta_{\text{შ.ღ}}$ —შეშის ღუმელის მქ კოეფიციენტი; $\rho_{\text{ს.გ}}$ —საშეშე მერქნის სიმკვრივე, კგ/მ³.

სკოლის შენობის ენერგომოხმარების დადგენა მოითხოვს ოპტიმალური მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენებას ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად. ენერგოაუდიტი მოიცავს შენობათა გამოკვლევას, არსებული სიტუაციის შეფასებასა და ანალიზს, აგრეთვე სხვა ღონისძიებებს, რომლებიც უნდა განხორციელდეს ენერგის მოხმარების შესამცირებლად და შენობაში მიკროკლიმატის გასაუმჯობესებლად. შედეგები აისახება ენერგოაუდიტის ანგარიშში,

რომელიც უნდა აღწერდეს სარეკომენდაციო ღონისძიებებს შესატყვისი ინვესტიციებით, დანაზოგებით, ეკონომიკური გათვლებითა და ინვესტიციის ამოგების პერიოდით.

თავი მეორე

შენობის ენერგოაუდიტის ოპტიმალური მეთოდები და საშუალებები

შენობა-ნაგებობებს, როგორცაა საცხოვრებელი სახლები, სკოლები, საავადმყოფოები, საბავშვო ბაღები, სასტუმროები, სასწავლო დაწესებულებები, მაღაზიები, ოფისები, და ა.შ, ენერგოდაზოგვის მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნიათ. ენერგოდაზოგვის ფაქტობრივი პოტენციალის განსაზღვრა მოითხოვს ოპტიმალური მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენებას ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად, რომელიც თავის მხრივ, მოიცავს შენობათა გამოკვლევას, არსებული სიტუაციის შეფასებასა და ანალიზს, აგრეთვე სხვა ღონისძიებებს, რომლებიც უნდა განხორციელდეს ენერგის მოხმარების შესამცირებლად და შენობაში მიკროკლიმატის გასაუმჯობესებლად. შედეგები აისახება ენერგოაუდიტის ანგარიშში, რომელიც უნდა აღწერდეს სარეკომენდაციო ღონისძიებებს შესატყვისი ინვესტიციებით, დანაზოგებით და მოგებით. ენერგოაუდიტი უნდა ჩაატარონ სპეციალურად მომზადებულმა და გამოცდილმა ენერგოაუდიტორებმა [18].

შეუძლებელია შენობაში ენერგოდაზოგვის პოტენციალის შეფასება წელიწადში მოხმარებული ენერგის რაოდენობის უბრალო აღრიცხვით/დაფიქსირებით (მაგალითად, 700 000 კვტ*სთ/წლ). ეს რიცხვი არ გვიჩვენებს შენობა დიდია თუ პატარა. შენობის ენერგოეფექტურობაზე ნათელ წარმოდგენას იძლევა ენერგის კუთრი მოხმარება, ანუ შენობის ერთ კვ.მ-ზე დაყვანილი მოხმარებული ენერგის რაოდენობა, მაგალითად 130 კვტ*სთ/(მ2წლ). მაგრამ, არსებობს სხვა მრავალი ფაქტორიც, როგორცაა შენობის ტიპი

(ადმინისტრაციული, საავადყოფო, სკოლა და სხვ.), კლიმატური პირობები, ნაგებობის თბოიზოლაციის დონე და ა.შ., რომლებიც გავლენას ახდენენ მოხმარებული ენერჯის რაოდენობაზე და შესაბამისად შენობის კუთრ ენერგომოხმარებაზე, რომლის შედარება უნდა მოხდეს მოცემული ქვეყნისათვის „სტანდარტულ“ საკვანძო რიცხვებთან.

საკვანძო რიცხვები უნდა ასახავდეს შენობის კუთრი ენერგომოხმარების ეტალონურ მნიშვნელობებს, რომლებიც ითვალისწინებენ ყველა აღნიშნულ ფაქტორს. ენერგომოხმარების გაზომილი და გაანგარიშებული სიდიდეების შედარება საკვანძო რიცხვებთან შენობის ენერგოეფექტურობის და ენერგოდაზოგვის პოტენციალის სწრაფი შეფასების საშუალებას იძლევა. კუთრი ენერგომოხმარების მნიშვნელობა ისევე მიუთითებს შენობის ენერგოეფექტურობაზე, როგორც, მაგალითად, ერთ მილ მანძილზე დახარჯული საწვავის რაოდენობა საზღვრავს ავტომობილის ენერგოეფექტურობას.

მუნიციპალურ და სხვა კომერციულ შენობებში ენერჯიაზე დანახარჯების მნიშვნელოვანი შემცირება შესაძლებელია ენერგოდაზოგვის სხვადასხვა ღონისძიებების რეალიზაციით. ენერჯის სამომხმარებლო მოთხოვნილებათა მართვა, ფანჯრების ღიობების შემჭიდროვების ხარისხის გაუმჯობესება, მართვის ავტომატური რეგულირება, გათბობის სისტემის ჰიდრავლიკური ბალანსირება, რადიატორებზე თერმოსტატიკური სარქველების დაყენება, შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების დამატებითი თბოიზოლაცია და სხვა მსგავსი ღონისძიებების განხორციელება, ენერგომოხმარების შემცირებასთან ერთად, ამცირებს ემისიებს და მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს გამწვავებულ ეკოლოგიურ სიტუაციას როგორც ლოკალური, ისე გლობალური მასშტაბით.

2.1. ენერგოაუდიტი შენობების სექტორში

მუნიციპალურ და სხვა შენობებიდან ენერგორესურსების დაზოგვის შეფასების სტრუქტურაში განსაკუთრებული ყუდადრება ექცევა ენერგოაუდიტის ჩატარებას ენერგომომხმარებელთან. სწორედ მისი შედეგების საფუძველზე ისაზღვრება ენერგომომხმარების მიმდინარე მდგომარეობა, ენერგოდაზოგვის სხვადასხვა ღონისძიებები, ამ ღონისძიებების რეალიზაციისათვის საჭირო ტექნიკური საშუალებები და შრომითი რესურსები, იგეგმება ფინანსური დანახარჯები პროექტის განსახორციელებლად, პროექტის რეალიზაციის ვადები და უკუგების პერიოდი და, რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, ენერგოაუდიტის ჩატარების პროცესში საფუძველი ეყრება ე.წ. „ნდობის ფაქტორს“ მხარეებს შორის, რის გარეშეც შეუძლებელია საქმიანი ურთიერთობების გაგრძელება და მისი წარმატებით დაგვირგვინება.

ენერგოდაზოგვის პროცესი (ედ)

ყოველი შენობა უნიკალურია. ამიტომ ენერჯის ეკონომიის სპეციფიკური შესაძლებლობების განსასაზღვრავად ყოველი პროექტი ინდივიდუალურად უნდა განიხილებოდეს. პროექტი უნდა დამუშავდეს ეტაპებად – “ნაბიჯ-ნაბიჯ”. ყოველი ნაბიჯის შედეგი აუცილებლად უნდა შეფასდეს და ამის შემდეგ გადაწყდება, ხელსაყრელია თუ არა პროცესის გაგრძელება. ენერგოაუდიტის ჩატარების დროს უნდა შეფასდეს ყველა ის ფაქტორი, რომელიც გავლენას ახდენს ენერჯის მოხმარებასა და გარემოზე:

- შენობის შემომზღული კონსტრუქციები;
- გათბობის სისტემა;
- ვენტილაციის სისტემა;
- ცხელწყალმომარაგების სისტემა;
- მართვის ავტომატური სისტემა;
- განათება;

- სხვადასხვა მოწყობილობა;
- კონდიციონერების სისტემა.

გარდა ამისა, აუცილებელია მხედველობაში იქნეს მიღებული თუ როგორ მიმდინარეობს შენობისა და მისი საინჟინრო სისტემების მართვა და ექსპლუატაცია. ენერგოდაზოგვის საერთო პროცესი ექვს მნიშვნელოვან ნაბიჯად იყოფა:

1. პროექტის იდენტიფიკაცია;
2. სკანირება;
3. ენერგოაუდიტი;
4. ბიზნესგეგმა;
5. დანერგვა (რეალიზაცია);
6. ექსპლუატაცია.

თუ პროექტის იდენტიფიკაციის ეტაპზე მოპოვებული ინფორმაცია მიუთითებს ენერგოდაზოგვის პროექტის პერსპექტიულობაზე, მაშინ სრულდება სკანირება. სკანირება განსაზღვრავს შესრულდება თუ არა რენტაბელური ღონისძიებები ენერგოდაზოგვის ზოგადი პოტენციალის, საჭირო ინვესტიციებისა და ამოგების შესაბამისი ვადის ჩათვლით.

თუ სკანირების შემდეგ დადგინდა, რომ ენერგოდაზოგვის გამოვლენილი შესაძლებლობები ყურადსაღებია, პროცესი გრძელდება ენერგოაუდიტის შესრულებით, რომელიც უფრო ღრმად გამოიკვლევს შემოთავაზებულ ღონისძიებებს, მათი რეალიზაციის საკითხებს და ფინანსურ გეგმას.

პროექტის გარე დაფინანსების საჭიროების შემთხვევაში ენერგოდაზოგვის პროცესი უნდა გაგრძელდება ბიზნესგეგმის დამუშავებით.

დანერგვის პროცესში მნიშვნელოვანია ყველა მოქმედების შესრულება დაგეგმილი გრაფიკის, ბიუჯეტის, ხარისხის მოთხოვნების, საკანონმდებლო მოთხოვნილებებისა და ნორმატივების შესაბამისად,

რაც, თავის მხრივ, მოითხოვს კარგ საპროექტო მენეჯმენტს და ხარისხის უზრუნველყოფას. გარდა ამისა, აუცილებელია ტრენინგების ჩატარება იმ პერსონალთან, რომელიც პასუხისმგებელია შენობის მომსახურებასა და ექსპლუატაციაზე. ექსპლუატაციისა და მომსახურების კვალიფიციურად შემუშავებული პროცედურები, აგრეთვე ენერგომონიტორინგი, თბური და ელექტროენერჯის ეფექტურად გამოყენების საშუალებას იძლევა ხანგრძლივი დროის მანძილზე.

პროექტის იდენტიფიკაცია

პროექტის იდენტიფიკაცია ეტაპი მოიცავს:

- შენობის მეპატრონესთან შეხვედრებს და განხილვებს;
- შენობის შესახებ ტექნიკური ინფორმაციისა და ძირითადი ცნობების შეგროვებას;
- წინა წლებში ენერჯის მოხმარების შესახებ სტატისტიკური მონაცემების შეგროვებას;
- მფლობელის დაინტერესების შეფასებას პროექტის განხორციელებით;
- მფლობელის საქმიანი შესაძლებლობების შეფასებას.

სკანირება

სკანირების დროს მიმდინარეობს (ხორციელდება):

- მოსამზადებელი სამუშაოები;
- ობიექტის ინსპექტირებას/გამოკვლევა;
- არსებული სიტუაციის აღწერა;
- ენერგეტიკული და ეკონომიკური გაანგარიშებები ენერგოდაზოგვის ღონისძიებების მიმართულებით;
- სკანირების ანგარიშის დამუშავება;
- შედეგების პრეზენტაცია.

სკანირების ანგარიშში მითითებული უნდა იყოს მხოლოდ

ძირითადი ეკონომიკური პარამეტრები:

- ენერგოდაზოგვა (კვტ*სთ/წლ),
- ინვესტიცია (ლარი),
- წმინდა ეკონომია (ლარი/წლ) და
- ამოგების ვადა (წელი).

სკანირების ანგარიშში წარმოდგენილი შედეგების სიზუსტეა + 20 %.

გარდა ამისა, სკანირების ანგარიშში ჩამოთვლილი უნდა იყოს მოცემული პროექტში ჩართული ენერგოდაზოგვის ყველა ღონისძიება, მაგალითად:

- სხვენისა და იატაკის თბოიზოლაცია;
- გათბობის სისტემის ბალანსირება და თერმოსტატიკური სარქველების მონტაჟი;
- მილების, ურდულების და ა.შ. თბოიზოლაცია;
- რეგულირების ავტომატური სისტემის მოწყობა;
- ექსპლუატაციისა და მომსახურების ენერგომონიტორინგის სისტემის შექმნა;
- სითბოს უტილიზაცია სავენტილაციო სისტემაში;
- ენერგოეფექტური საშხაპე საცმების მონტაჟი.

შესაძლებელია შენობის მფლობელმა მოინდომოს რეკონსტრუქციის და/ან შენობის შიგნით მიკროკლიმატის გაუმჯობესების ღონისძიებების გატარება. ეს ღონისძიებებიც ჩამოთვლილ უნდა იქნეს სკანირების ანგარიშში, მაგალითად:

- გარე კედლების თბოიზოლაცია;
- ახალი ფანჯრების დაყენება.

სკანირების პროცესის დასრულების შემდეგ, შენობის მფლობელის თანხმობის გათვალისწინებით, ხელი უნდა მოეწეროს კონტრაქტს ენერგოაუდიტის ჩატარებაზე.

ენერგოაუდიტი

მფლობელის დაკვეთისა და გარანტიის მოთხოვნის შესაბამისად არსებობს ენერგოაუდიტის ორი ვარიანტი:

- გამარტივებული ენერგოაუდიტი, რომელიც ნაკლებ ხარჯსა და შესაბამისად ნაკლებ სიზუსტეს მოითხოვს (+ 10-15%);
- დეტალური ენერგოაუდიტი, რომელიც შედარებით ძვირია, მაგრამ იძლევა ენერგოდაზოგვის გარანტიებს + 5-10% სიზუსტით.

ენერგოაუდიტის ანგარიშში მითითებული უნდა იყოს ყველა ღონისძიების დეტალური ეკონომიკური მაჩვენებელი.

ენერგოდაზოგვის ღონისძიებების გარდა, ხშირად საჭიროა შენობებს რეკონსტრუქცია და შენობაში მიკროკლიმატის გაუმჯობესება. ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ ყველა აუცილებელი ღონისძიება შეფასებულ და ჩართულ იქნეს ერთ პროექტში:

- ენერგოდაზოგი ღონისძიებები;
- რეკონსტრუქცია;
- შენობაში მიკროკლიმატის გაუმჯობესება.

ენერგოაუდიტორი დარწმუნებული უნდა იყოს, რომ რეკონსტრუქცია და მიკროკლიმატის გაუმჯობესება ენერჯის გამოყენების თვალსაზრისით ძალზე ეფექტურადაა შესრულებული.

ახალი ფანჯრების ჩაყენება ჩვეულებრივ არ არის მომგებიანი ღონისძიება მხოლოდ ენერჯის ეკონომიის თვალსაზრისით. მაგრამ თუ ფანჯრები ცუდ მდგომარეობაშია, მისი ნაწილი ჩამტვრეულია ანდა აქვს მაღალი ინფილტრაცია, მაშინ აუცილებელია ამ ღონისძიებე ჩართვა პროექტში.

ამ შემთხვევაში ენერგოაუდიტორმა უნდა განიხილოს ახალი ენერგოეფექტური ფანჯრების გამოყენება, და არა არსებულის შეცვლა იმავე ტიპის ფანჯრებით. გაზრდილი ინვესტიციებს გაზრდილ ეკონომიასთან (თბოგადაცემის უფრო დაბალი კოეფიციენტი ძვანჯარა)

მიმართებაში ხშირ შემთხვევაში კარგი რენტაბელობა აქვს. ამასთან, თუკი შენობის ფასადი დაზიანებულია და საჭიროებს შეკეთებას, ფასადის რემონტთან ერთად დამატებითი გარე თბოიზოლაცია მომგებიანი იქნება.

ბიზნესგეგმა

თუკი შენობის მფლობელს არ შეუძლია საკუთარი სახსრებით დააფინანსოს ენერგოდაზოგვისა და რეკონსტრუქციის ღონისძიებები, საჭიროა გახდეს გარე დაფინანსება (სესხი). სესხის მისაღებად დიდი პროექტებიდან, განსაკუთრებით საერთაშორისო საფინანსო ორგანიზაციებიდან, მოითხოვს ბიზნესგეგმის შედგენას.

სტანდარტული ბიზნესგეგმის ძირითად ნაწილები:

- რეზიუმე;
- სესხის აძლები;
- ინფორმაცია პროექტზე;
- ეკოლოგიური დასკვნები (სარგებელი);
- ბაზარი;
- ფინანსური გეგმა;
- ფინანსური პროგნოზი;
- პროექტის რეალიზაცია.

ენერგოეფექტურობის პატარა პროექტებისათვის, აგრეთვე პროექტებისათვის, რომლებიც ფინანსდებიან სპეციალური პროგრამების მექანიზმებით ნაციონალური ბანკებიდან (საფინანსო ორგანიზაციებიდან), ენერგოაუდიტის ანგარიშში საკმარისია ჩაერთოს ტიპური თავი “დაფინანსება”. ხშირად ენერგოდაზოგვის ფონდები შეიმუშავენ თავის ტიპურ ფორმებს, რომელთა შესავსებად საკმარისია ინფორმაცია ენერგოაუდიტის ანგარიშიდან.

რეალიზაცია

შენობის მფლობელისათვის ენერგოაუდიტის ანგარიშის წარდგენისა და დაფინანსების განსაზღვრის შემდეგ ხელი მოეწერება რეალიზაციის პროექტს, რომელიც მოიცავს შემდეგ მიმართულებებს:

- პროექტის ორგანიზაცია;
- დაპროექტება/დაგეგმარება;
- კონტრაქტის დადება;
- აღჭურვილობის დაყენება;
- კონტროლი და გამოცდა;
- ექსპლუატაციაში ჩაბარება;
- აღმასრულებელი დოკუმენტაცია;
- პერსონალის მომზადება.

პროექტის რეალიზაცია შესაძლებელია როგორც ენერგოაუდიტორის, ისე შენობის მფლობელის ხელმძღვანელობით. თუკი საჭიროა ენერგეტიკულ გარანტიები, შესაძლებელია ხელი მოეწეროს “ენერგომოსახურების კონტრაქტს” ენერგომოსახურების კომპანიებთან (ЭКО) , რომელიც, როგორც წესი ენერგოაუდიტსაც ჩაატარებს. ძალზე მნიშვნელოვანია ხარისხის კონტროლი რეალიზაციის პერიოდში - დაწყებული დაპროექტება/დაგეგმარებიდან ექსპლუატაციაში გაშვებით დამთავრებული.

ექსპლუატაცია და მომსახურება

ენერგომოწყობილობისა და დანადგარების სწორი ექსპლუატაციის უზრუნველსაყოფად და მათ მომსახურებასა და რემონტზე ხარჯების შესამცირებლად, რეკომენდებულია ექსპლუატაციისა და მომსახურების სათანადო პროცედურეს დანერგვა. ამგვარი პროცედურების დანერგვის მიზანია:

- შენობაში კომფორტული სამუშაო პირობების უზრუნველყოფა;
- საექსპლუატაციო ხარჯების (ენერჯის ჩათვლით) შენარჩუნება შესაძლო დაბალ დონეზე;
- დიდი და ძვირადღირებული რემონტების თავიდან აცილება.

შენობის სწორი ექსპლუატაციისა და მომსახურებისათვის აუცილებელია იმის ცოდნა, თუ:

- როგორ არის გათვალისწინებული დანადგარების გამოყენება;
- რომელი დანადგარები მოითხოვს მომსახურებას;
- როგორ გამოვიყენოთ (როგორ გაუწიოთ ექსპლუატაცია) და მოვემსახუროთ დანადგარებს;
- როდის გამოვიყენოთ და მოვემსახუროთ დანადგარებს;
- ვინ არის პასუხისმგებელი ამ სამუშაოებზე.

ენერგომონიტორინგი

ენერგომონიტორინგი – ეს არის ენერჯის მოხმარებისა და შენობის ექსპლუატაციის პირობების ყოველკვირეული რეგისტრაციისა და კონტროლის სისტემატური პროცედურა. ენერჯის მოხმარების მიზნობრივ მნიშვნელობასთან ერთ კვირის მანძილზე მოხმარებული გაზომილი ენერჯის შედარების გზით, ექსპლუატაციისა და მომსახურების პერსონალს შეუძლია უზრუნველყოს შენობის საინჟინრო სისტემების ოპტიმალური ექსპლუატაცია.

ენერგომონიტორინგის სისტემის ძირითადი ინსტრუმენტია დიაგრამა “ენერჯია-ტემპერატურა” (ეტ), რომელიც მიუთითებს, თუ როგორი უნდა იყოს ენერჯის მოხმარება გარე ტემპერატურის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს. ყოველ შენობას აქვს საკუთარი, მხოლოდ მისთვის ნიშანდობლივი (ეტ)-მრუდი.

თუკი კვირის განმავლობაში მოხმარებული გაზომილი ენერგია 10%-ზე მეტად აღემატება მოხმარების მიზნობრივ მნიშვნელობას, საჭიროა მიზეზის გამოვლენა და აუცილებელი კორექტივების შეტანა.

ექსპლუატაციისა და მომსახურე პერსონალის მიერ შესასრულებელი ყოველკვირეული პროცედურები მოიცავს:

1. შენობაში ენერგიის მრიცხველებიდან მონაცემების აღებას და ენერგიის კუთრი მოხმარების გაანგარიშებას;
2. შესაბამის პერიოდში გარე ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობის რეგისტრაციას;
3. ამ ორი მონაცემის დატანას (ეტ)-დიაგრამაზე;
4. ამ მონაცემების შედარებას (ეტ)-მრუდთან. (ეტ)-მრუდიდან გადახრა მიუთითებს არასწორად მომუშავე დანადგარზე ან მის არასწორ მონტაჟზე. აამ შემთხვევაში აუცილებელია მიზეზის გამოვლენა და საჭირო სარემონტო ან სამონტაჟო სამუშაოების ჩატარება.

შენობის ენერგომონიტორინგის დანერგვა საექსპლუატაციო პერსონალს საშუალებას აძლევს:

- სწრაფად აღმოაჩინოს შეცდომა/გაუმართაობა ტექნიკური აღჭურვილობის მუშაობაში;
- კორექტირება გაუკეთოს ტექნიკური აღჭურვილობის მუშაობას;
- შეამციროს ენერგიის მოხმარება;
- დოკუმენტურად გააფორმოს ენერგოეფექტურობის ღონისძიებების დანერგვის შედეგები.

2.2. ენერგომოხმარების ბიუჯეტი და ენერგეტიკული გაანგარიშებები

ენერგიისა და სიმძლავრის მოხმარების ბიუჯეტების სტანდარტები შემუშავებულია შენობებში ენერგიის მოხმარების ერთიანი

და შედარებითი დოკუმენტაციის საწარმოებლად. ენერჯისა და სიმძლავრის მოხმარების ბიუჯეტების საფუძველია მათი მოხმარების სპეციფიკაცია ცალკეული დატვირთვებისათვის ან ბიუჯეტის მუხლებისათვის.

ენერგომოხმარების ბიუჯეტს საფუძვლად უდევს რვა მუხლი:

1. გათბობა;
2. ვენტილაცია;
3. ცხელწყალმომარაგება;
4. ვენტილატორები/ტუმბოები;
5. განათება;
6. სხვადასხვა მოწყობილობა;
7. გაციება;
8. გარე დანადგარები.

ბიუჯეტის დაყოფა 8 მუხლად აიოლებს ენერჯისა და სიმძლავრის მოხმარების ცვლილების ანალიზს წლის (დროის) განმავლობაში. ბიუჯეტის თითოეული მუხლისათვის უნდა განისაზღვროს წლიური ენერგომოხმარებისა (კვტ.სთ/წლ) და კუთრი წლიური ენერგომოხმარების (გასათბობი ფართის ერთ კვ.მ-ზე დაყვანილი ენერგომოხმარება, კვტ.სთ/მ²წლ) სიდიდეები.

ცალკეული საცხოვრებელი და საყოფაცხოვრებო შენობებისათვის ბიუჯეტი შეიძლება გამარტივდეს სამ მუხლამდე: გათბობა (ბუნებრივი ვენტილაციის ჩათვლით) ცხელწყალმომარაგება და საოჯახო მეურნეობა (განათება, მეურნეობის სამართავი მოწყობილობები და სხვ.)

2.2.1. განსაზღვრებები

გათბობა - ენერჯის ან სიმძლავრის მოხმარება თბოგამტარობისა და ინფილტრაციის შედეგად სითბოს საერთო დანაკარგების დასაფარავად.

ვენტილაცია - ენერჯის ან სიმძლავრის მოხმარება სავენტილაციო თბური დანაკარგების დასაფარავად.

ცხელწყალმომარაგება - ენერჯის ან სიმძლავრის მოხმარება წყლის გასათბობად საყოფაცხოვრებო საჭიროებისათვის.

ვენტილატორები და ტუმბოები - ენერჯის ან სიმძლავრის მოხმარება, რომელიც საჭიროა სავენტილაციო სისტემის ვენტილატორების ანდა გათბობის, ვენტილაციის ან გაცივების სისტემის საცირკულაციო ტუმბოებისათვის.

განათება - განათებისათვის საჭირო ენერჯის ან სიმძლავრის მოხმარება.

სხვა დანადგარები - ყველა იმ დანადგარის მუშაობისათვის საჭირო ენერჯის ან სიმძლავრის მოხმარება, რომელიც არ შედის ბიუჯეტის სხვა მუხლებში.

გაცივება - გაცივების სისტემის მიერ მოხმარებული ენერჯია ან სიმძლავრე, რომელიც დამოიყენება შენობაში შესაბამისი მიკროკლიმატის უზრუნველსაყოფად.

გარე მოწყობილობა - შენობის გარე მოწყობილობის მიერ მოხმარებული ენერჯია ან სიმძლავრე (გარე განათება, ძრავის გამათბობელი და სხვა).

2.2.2. მოთხოვნა ენერჯიაზე გათბობისა და ვენტილაციისათვის.

გათბობისა და ვენტილაციისათვის საჭირო ენერჯის რაოდენობა Q_h გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_h = Q_L - \eta Q_g, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც

Q_L – სითბოს საერთო დანაკარგების დასაფარავად საჭირო ენერჯის რაოდენობა (თბოგადაცემა, ინფილტრაცია, ვენტილაცია)

Q_g – საერთო თბომიწოდება რადიაციისაგან სინათლის ღიობის საშუალებით, განათებისაგან და სხვა აღჭურვილობიდან მიღებული სითბოს გამოყოფით, აგრეთვე მეტაბოლური სითბო.

η – თბომიწოდების უტილიზაციის კოეფიციენტი.

2.2.3. სითბოს საერთო დანაკარგები

სითბოს საერთო დანაკარგების დასაფარავად საჭირო ენერჯის რაოდენობა Q_L -ს გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_L = H (\theta_i - \theta_e) t, \text{ (ვტ*სთ)}$$

სადაც

H - სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი, ვტ/K

θ_i - შიგა ტემპერატურა, °C

θ_e - გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა საანგარიშო პერიოდში, °C

t - საანგარიშო პერიოდის ხანგრძლივობა, სთ

თუ გავითვალისწინებთ ტემპერატურის დაწევას (დამით, გამოსასვლელ და სადღესასწაულო დღეებში), სითბოს საერთო დანაკარგების დასაფარავად საჭირო ენერჯის რაოდენობა Q_L გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_L = H (\theta_{i,\text{setpoint}} - \theta_e) t_{\text{setpoint}} + H (\theta_{i,\text{setback}} - \theta_e) t_{\text{setback}}, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც:

$\theta_{i,\text{setpoint}}$ - მოცემული შიგა ტემპერატურა, °C

$\theta_{i,\text{setba}}$ - დაწვევის შიგა ტემპერატურა, °C

t_{setpoint} - საანგარიშო პერიოდის ხანგრძლივობა მოცემული შიგა ტემპერატურით, სთ

t_{setback} - საანგარიშო პერიოდის ხანგრძლივობა დაწვევის შიგა ტემპერატურით, სთ

თუ გავითვალისწინებთ ტემპერატურის დაწევას, გამოიყენება $\Delta\theta$ და საანგარიშო პერიოდის დაყოფის ანალოგიური ხერხი შემდეგი განტოლებებისათვის.

სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი H , შედგება ორი ელემენტისაგან:

$$H = H_T + H_V, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც

H_T - სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი თბოგადაცემით

H_V - სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი ვენტილაციით

კოეფიციენტი H_V შეიძლება გაიყოს ორ ნაწილად:

$$H_V = H_{iV} + H_{mV}, \text{ (ვტ*სთ),}$$

სადაც

H_{iV} - სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი ინფილტრაციისა და ბუნებრივი ვენტილაციის გათვალისწინებით

H_{mV} - სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი მექანიკური ვენტილაციის გათვალისწინებით

აქედან გამომდინარე, სითბოს საერთო დანაკარგების დასაფარავად

საჭირო ენერჯის რაოდენობა Q_L , შედგება სამი ელემენტისაგან:

$$Q_L = Q_T + Q_{iV} + Q_{mV}, \text{ (ვტ*სთ),}$$

ენერჯის რაოდენობა, რომელიც ფარავს სითბოს დანაკარგებს თბოგადაცემისას :თ გაიანგარიშება ფორმულით:

$$Q_T = H_T (\theta_i - \theta_e) t, \text{ (ვტ*სთ),}$$

სადაც

H_T -სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი თბოგადაცემით, ვტ/K

$\theta_i - \theta_e$ - სხვაობა შიგა საშუალო და გარე ტემპერატურებს შორის საანგარიშო პერიოდში, °C

t - საანგარიშო პერიოდი, სთ

$$H_T = \Sigma(U_{eqv,i} A_i) + U_{eqv,g} A_g, \text{ ვტ/K}$$

სადაც

$U_{eqv,i}$ – თბოგადაცემის ეკვივალენტური კოეფიციენტი შენობის გარსის ელემენტებისათვის (კედლები, სახურავი, ფანჯრები), ვტ/მ2K

$U_{eqv,g}$ - თბოგადაცემის ეკვივალენტური კოეფიციენტი შენობის საძირკვლის ელემენტებისათვის (სარდაფი), ვტ/მ2კK

A_i, A_g - შენობის გარსის ელემენტების ფართობი, მ²

ინფილტრაციითა და ბუნებრივი ვენტილაციით გამოწვეული სითბოს დანაკარგების Q_{iV} , დასაფარავად საჭირო ენერჯის რაოდენობა გამოითვლებ ფორმულით:

$$Q_{iV} = H_{iV} (\theta_i - \theta_e) t, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც

$$H_{iV} = \rho_a c_a \dot{V}_{iV}, \text{ ვტ/K},$$

სადაც

$$\dot{V}_{iV} = n V, \text{ (მ}^3\text{/სთ)}$$

$\rho_a c_a$ – ჰაერის თბოტევადობა $\approx 0,34$ ვტ*სთ/მ³K

\dot{V}_{iV} - ჰაერის ნაკადი გასათბობი სივრციდან, მ³/სთ

n - ინფილტრაციის ჯერადობა შენობაში, /სთ⁻¹

V - ჰაერის მოცულობა გასათბობ სივრცეში, მ³

$\theta_i - \theta_e$ - სხვაობა შიგა საშუალო და გარე ტემპერატურებს შორის
საანგარიშო პერიოდში, °C

t - საანგარიშო პერიოდი, /სთ.

მექანიკური ვენტილაციით სითბოს დანაკარგების :მგ

დასაფარავად საჭირო ენერჯის რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{mV} = H_{mV} (\theta_i - \theta_r) t, \text{ (ვტ*სთ.)},$$

სადაც

$$H_{mV} = \dot{V}_{mV} \rho_a c_a, \text{ (ვტ/K)},$$

სადაც

$\rho_a c_a$ – ჰაერის თბოტევადობა $\approx 0,34$ ვტ*სთ/მ³K

\dot{V}_{mV} - ჰაერის ხარჯი მექანიკური ვენტილაციით, მ³/სთ.

$\theta_i - \theta_r$ - სხვაობა საშუალო შიგა ტემპერატურასა და სითბოს

უტილიზატორის შემდეგ ტემპერატურას შორის საანგარიშო
პერიოდში, °C

t - საანგარიშო პერიოდი, სთ.

სითბოს უტილიზატორის შემდეგ θ_r ტემპერატურა გამოითვლება ფორმულით:

$$\theta_r = \theta_e (1 - \eta_v) + \theta_i \eta_v \text{ (}^\circ\text{C)}$$

სადაც

θ_e - გარე საშუალო ტემპერატურა საანგარიშო პერიოდში, $^\circ\text{C}$

θ_i - შიგა საშუალო ტემპერატურა, $^\circ\text{C}$

η_v - სითბოს უტილიზატორის ტემპერატურული მ.ქ კოეფიციენტი, %

სავენტილაციო გამონაბოლქვის უტილიზირებული სითბოს რაოდენობა, Q_{vr} , -iT მხედველობაში მიიღება θ_r -ით

2.2.4. ჯამური სითბოს ნაკადი

ჯამური სითბოს ნაკადი, Q_g , გამოიანგარიშება ფორმულით:

$$Q_g = Q_s + Q_i \text{ , (ვტ}^\circ\text{სთ),}$$

სადაც:

Q_s - სითბოს ნაკადი მზის გამოსხივებიდან (რადიაციული სითბოს ნაკადი)

Q_i - განათებიდან და სხვა სხვა მოწყობილობებიდან გამოყოფილი სითბოსა და შენობის მაცხოვრებელთა მეტაბოლური სითბოს ჯამი (სითბოს შიგა ნაკადი).

რადიაციული სითბოს ნაკადი, Q_s , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_s = Q_{sd} + Q_{si} \text{ , (ვტ}^\circ\text{სთ),}$$

სადაც

Q_{sd} - რადიაციული სითბოს პირდაპირი ნაკადი, (ვტ $^\circ$ სთ)

Q_{si} - რადიაციული სითბოს არაპირდაპირი ნაკადი, (ვტ $^\circ$ სთ)

რადიაციული სითბოს პირდაპირი ნაკადი, Q_{sd} , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{sd} = \sum (I_\alpha A_s) t \text{ , (ვტ}^\circ\text{სთ),}$$

სადაც

I_{α} - ზედაპირზე მზის გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივე ღრუბლიანობის გათვალისწინებით, ვტ/მ²

t - საანგარიშო პერიოდი, სთ.

შენობის შემომზღული კონსტრუქციების (მაგალითად ფანჯრების) ეფექტური ფართი

$$A_s = A_w (F_s F_F g)$$

სადაც

A_w - შემინვის ელემენტების საერთო ფართი (მაგალითად, ფანჯრის ფართობი), მ²

F_s - დაჩრდილვის შემასწორებელი კოეფიციენტი

F_F - ჩარჩოს კოეფიციენტი, ფანჯრის გამჭვირვალე ფართობის ფარდობა შემინვის ელემენტის საერთო ფართობთან

g - ჯამური მზის რადიაციის ნაკადის გატარების კოეფიციენტი შემინვის გავლისას;

რადიაციული სითბოს არაპირდაპირი ნაკადი, Q_{si} , გაუმჭვირვალე ელემენტების გავლით, ჩვეულებრივ ძალიან მცირეა და ნაწილობრივ კომპენსირდება დანაკარგებით თვითონ შენობის გამოსხივებაზე გარემოში. საერთაშორისო სტანდარტების მიხედვით ამგვარი ზემოქმედება მხედველობაში არ მიიღება ენერჯის წლიური მოთხოვნილების გაანგარიშებისას.

სითბოს შიგა ნაკადი, Q_i , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_i = \Phi_l t_l + \Phi_v t_v + \Phi_m t_m, \text{ (ვტ*სთ),}$$

სადაც

Φ_l – განათების საშუალო სიმძლავრე, ვტ

Φ_v – სხვა მოწყობილობების საშუალო სიმძლავრე, ვტ

Φ_m – შენობის მაცხოვრებელთა მეტაბოლური სითბო, ვტ

t_i – გათბობის სიტემის ექსპლუატაციის პერიოდი, სთ

t_v - სხვა მოწყობილობების ექსპლუატაციის პერიოდი, სთ

t_m - შენობაში ადამიანების ყოფნის პერიოდი – შენობის დაკავების გრაფიკი, სთ

2.2.5. უტილიზაციის კოეფიციენტი

უტილიზაციის კოეფიციენტი η გამოიანგარიშება ფორმულით:

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad \text{или} \quad \gamma \neq 1$$

$$\eta = \frac{a}{a+1} \quad \text{или} \quad \gamma = 1$$

სადაც

γ - სითბოს ნაკადის ფარდობა სითბოს დანაკარგებთან

a – დროის მუდმივაზე τ დამოკიდებული რიცხვითი პარამეტრი (იხ.ქვემოთ)

სითბოს ნაკადის ფარდობა სითბოს დანაკარგებთან γ გამოიანგარიშება ფორმულით

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L}$$

სადაც

Q_g - ჯამური სითბოს ნაკადი, ვტ*სთ

Q_L - ჯამური სითბოს დანაკარგები, ვტ*სთ

დროის მუდმივაზე τ დამოკიდებული რიცხვითი პარამეტრი, a , გამოითვლება ფორმულით:

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

სადაც

a_0 - გაანგარიშების მეთოდიკაზე დამოკიდებული რიცხვითი კონსტანტა.

ყოველთვიური გაანგარიშებებისათვის $a_0 = 1$

τ - დროის მუდმივა

τ_0 - გაანგარიშების მეთოდოლოგიაზე დამოკიდებული რიცხვითი კონსტანტა.

$$\tau_0 = 15$$

დროის მუდმივა, τ , რომლითაც ხასიათდება გასათბობი სივრცის შიგა სითბური ინერცია, გამოითვლება ფორმულით:

$$\tau = \frac{C}{H}, \text{ (სთ)}$$

სადაც

C – შიგა თბოტევადობა, გულისხმობს შენობის კონსტრუქციაში დაგროვილ სითბოს, თუკი შიგა ტემპერატურა ირყევა სინუსოიდალურად 24 საათის განმავლობაში 1 გრაუდისი კელვინის ამპლიტუდით.

H - სითბოს დანაკარგების კოეფიციენტი, ვტ/კ

გასათბობი მოცულობის შიგა თბოტევადობა C შეიძლება გამოითვალოს შენობის ყველა იმ შიგა ელემენტის ეფექტური თბოტევადობის შეჯამებით, რომლებიც უშუალო თერმულ შეხებაში არიან ზონის შიგა ჰაერთან

$$C = \sum \chi_j \cdot A_j, \text{ (ჯ/კ)}$$

სადაც

χ_j – შიგა თბოტევადობა შენობის ელემენტის ფართობზე, j , შესაბამისი დროის პერიოდისა და მაქსიმალური ეფექტური სისქის გამოყენებით, ჯ/მ³კ. უტილიზაციის კოეფიციენტის განსასაზღვრავად მაქსიმალური სისქე შეადგენს 10 სმ-ს

A_j - ელემენტის ფართობი j , მ²

2.2.6. ცხელწყალმომარაგება საყოფაცხოვრებო საჭიროებისათვის

ცხელწყალმომარაგებისათვის საჭირო ენერჯიის რაოდენობა, Q_W ,

გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_W = 4,182 V_W (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) a_1, \text{ (ვტ*სთ)}$$

სადაც

V_w - საყოფაცხოვრებო ცხელწყალმომარაგების მიწოდებული წყლის მოცულობა გასათბობი/კონდიციონირებული სივრცის ფართობზე, ლ/მ²

$\theta_{w,del}$ - ცხელწყალმომარაგების სისტემის მიწოდებული ხცხელი წყლის ტემპერატურა, °C

$\theta_{w,0}$ - ცხელწყალმომარაგების სისტემის მიწოდებული ცივი წყლის ტემპერატურა, °C

a - გადასაყვანი კოეფიციენტი კჯ-დან ვტ*სთ-ში ($= 0,278 \cdot 10^{-3}$ ვტ*სთ /კჯ).

2.2.7 გათბობის სისტემის ვენტილატორები და ტუმბოები

ვენტილატორის მუშაობისათვის საჭირო ენერგია, Q_{fh} , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{fh} = \Phi_{fh} t_{fh}, \text{ (ვტ*სთ),}$$

სადაც

Φ_{fh} – გათბობის ვანტილატორის ნუშაობისათვის საჭირო საშუალო სიმძლავრე, ვტ

t_{fh} - გათბობის სისტემის ვენტილატორების ექსპლუატაციის პერიოდი, სთ

ტუმბოების მუშაობისათვის საჭირო ენერგია, Q_{ph} , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{ph} = \Phi_{ph} t_{ph}, \text{ (ვტ*სთ),}$$

სადაც

Φ_{ph} - გათბობის სიტემის ტიმბოების საშუალო მოხმარებული სიმძლავრე, ვტ

t_{ph} - გათბობის სისტემის ტუმბოების ექსპლუატაციის პერიოდი, სთ.

2.2.8. კონდიციონების სისტემის ვენტილატორები და ტუმბოები

ვენტილატორების მუშაობისათვის საჭირო ენერგია, Q_{fc} , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{fc} = \Phi_{fc} t_{fc}, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც

Φ_{fc} - კონდიციონების სისტემის ვენტილატორის საშუალო მოხმარებული სიმძლავრე, ვტ

t_{fc} - კონდიციონების სისტემის ვენტილატორის ექსპლუატაციის პერიოდი, სთ

ტუმბოების მუშაობისათვის საჭირო ენერგია, Q_{pc} , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{pc} = \Phi_{pc} t_{pc}, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც

Φ_{pc} - კონდიციონების სისტემის ტუმბოების ვენტილატორის საშუალო მოხმარებული სიმძლავრე, ვტ

t_{pc} - კონდიციონების სისტემის ტუმბოების ექსპლუატაციის პერიოდი, სთ

2.2.9. განათება

განათების სისტემის მუშაობისათვის საჭირო ენერგია Q_l , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_l = \Phi_l t_l, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც

Φ_l - განათებისათვის საჭირო საშუალო სიმძლავრე, ვტ

t_l - განათების ექსპლუატაციის პერიოდი (ხანგრძლივობა), სთ.

2.2.10. სხვა მოწყობილობა

სხვა მოწყობილობების მუშაობისათვის საჭირო ენერგია , Q_v , გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_v = \Phi_v t_v, \text{ (ვტ*სთ)},$$

სადაც

Φ_v - სხვა მოწყობილობების საშუალო სიმძლავრე, ვტ;

t_v - სხვა მოწყობილობების ექსპლუატაციის პერიოდი (ხანგრძლივობა), სთ.

2.3. ENSI–ის პროგრამული უზრუნველყოფა „საკვანძო რიცხვები“

ენერგეტიკული გაანგარიშებებისათვის

შენობათა ენერგეტიკული მახასიათებლების სწრაფი გაანგარიშების მიზნით 1992 წელს დაარსებულმა ნორვეგიულმა კონსალტინგურმა კომპანია ENSI–იმ (Energy Saving International) შეიმუშავა გამოსაყენებლად მარტივი პროგრამა “საკვანძო რიცხვები” (Key number), რომელიც მისაღებია როგორც ახალი შენობების დაპროექტების და შენობების რეკონსტრუქციის დროს, ისე არსებული შენობების ენერგოდამზოგი ღონისძიებების შეფასებისათვის.

საპროგრამო პროდუქტი გამოიყენება დაპროექტების სხვადასხვა სტადიაზე. საწყის ეტაპზე წინასწარმა გათვლებმა შეიძლება გვიჩვენოს შენობის ენერგომოხმარების პროფილი მხოლოდ ყველაზე მნიშვნელოვანი პარამეტრების განსაზღვრისა და შეცვლის გზით. პროექტზე მუშაობის მსვლელობაში და სხვა პარამეტრებზე ინფორმაციის მიღების შემდეგ პროგრამის გამოყენება შესაძლებელია უფრო დეტალური გაანგარიშებების საწარმოებლად.

პროგრამა გაანგარიშებებს აწარმოებს ზემოთ მოყვანილი განტოლებების მიხედვით, რომლებიც ევროპულ სტანდარტებსა და რეკომენდაციებს შეესაბამება.

2.3.1. პროგრამაზე მუშაობის დაწყება

პროგრამაზე მუშაობის დაწყებით შესაძლებელია როგორც ახალი პროექტის შექმნა, ისე გაანგარიშებების გაგრძელება ადრე შენახული პროგრამის თანახმად. უპირველეს ყოვლის საჭიროა სტანდარტული მნიშვნელობების შერჩევა აქ მოყვანილი მონაცემებიდან:

- პროექტის სახელწოდება;
- კლიმატური მონაცემები,
- შენობის ტიპი (დანიშნულება);
- ეტალონური პირობები;
- გამოსასვლელი დღეების გრაფიკი.

2.3.2. ენერგეტიკული ბიუჯეტის პროგრამული უზრუნველყოფის ფორმატი

ENSI-ის პროგრამის მიხედვით გაანგარიშებები იყოფა შემდეგ მუხლებად:

- გათბობა
- ვენტილაცია
- ცხელწყალმომარაგება
- ვენტილატორები და ტუმბოები
- განათება
- სხვა
- გაცივება და გარე აღჭურვილობა

ენერგეტიკული ბიუჯეტის თითოეული მუხლისათვის ENSI-ის პროგრამა უზრუნველყოფს მონაცემთა ბაზის შექმნას და ენერგოდამზოგი ღონისძიებების განხორციელების შემდეგ მიღებული მონაცემების თვალსაჩინოებას. მაგალითად, ენერგეტიკული ბიუჯეტის მუხლში „გათბობა“ ENSI-ის პროგრამული უზრუნველყოფის ფორმატი შემდეგნაირად გამოიყურება: პირველ სვეტში ჩამოთვლილია ყველაზე მნიშვნელოვანი “პარამეტრები”, რომლებიც გავლენას ახდენენ

გათბობისათვის საჭირო ენერგომომხმარებაზე. მმეორე სვეტში ნაჩვენებია ყველა ამ პარამეტრის ე.წ. „საეტალონო“ მნიშვნელობა, რომელიც ნაწილობრივ ეფუძვნება სამშენებლო ნორმებს, წესებსა და ნორმატივებს და ნაწილობრივ – სხვადასხვა პროექტებიდან მიღებულ გამოცდილებას.

პროგრამული უზრუნველყოფის ფორმატის მესამე სვეტში „მდგომარეობა“ თავმოყრილია ენერგოაუდიტისათვის შერჩეული შენობის რეალური ტექნიკური მდგომარეობის ამსახველი პარამეტრები და მათ მიხედვით გაანგარიშებული გათბობისათვის საჭირო ე.წ. „გაზომილი ენერგომომხმარება“ (კვტ.სთ/მ²წ).

დღევანდელ საქართველოში, შენობის ექსპლუატაციის რეალური პირობები არსებითად განსხვავდება საპროექტო/ნორმატიული პირობებისგან. ამიტომ, გაზომილი ენერგომომხმარება შესაძლოა იყოს გაანგარიშებულ ენერგომომხმარებაზე მეტი (მაგალითად, გათბობის სისტემაში წყლის გაჟონვის ან ამ სისტემის არასწორი ექსპლუატაციის გამო) ან ნაკლები (მაგალითად, გათბობის ან ვენტილაციის სისტემის გამორთვის გამო). გარდა ამისა, შესაძლებელია, ენერგოდამზოგი ღონისძიების გატარებასთან ერთად, მესაკუთრემ მოისურვოს შენობაში მიკროკლიმატის გაუმჯობესება, ან იძულებითი ვენტილაციის დაყენება და ვენტილაციის არსებული სისტემის წარმადობის ამაღლება, ანდა გაათბოს ზოგი გაუთბობელი სათავსი, მაგალითად, საკუჭნაო გადააკეთოს ოფისად. ბუნებრივია, რომ ეს ცვლილებები გამოიწვევს ენერგიის მოხმარების ზრდას.

იმის გამო, რომ „გაზომილი ენერგომომხმარება“ უმეტეს შემთხვევაში არ შეესაბამება „გაანგარიშებულ ენერგომომხმარებას“, ენერგიის ეკონომიის კორექტული მნიშვნელობის მისაღებად საჭიროა ე.წ. „საბაზისო ხაზად“ ენერგომომხმარების გაანგარიშებული მნიშვნელობების გამოყენება, რაც ENSI-ის პროგრამული უზრუნველყოფის ფორმატის მეოთხე სვეტშია გათვალისწინებული. ამავე ფორმატის სვეტში „ედ ღონისძიებები“, აღწერილია

ენერგოდაზოგვის ალტერნატიული გადაწყვეტილებები და ენერგოდამზოგი ღონისძიებები, ხოლო სვეტში „ედ-ს შემდეგ“ (დაზოგვა ყოველი პარამეტრის/ღონისძიების მიხედვით), ჩამოთვლილია თვითონ დანაზოგები.

ანალოგიური სტრუქტურა გამოიყენება ენერგეტიკული ბიუჯეტის სხვა დანარჩენი მუხლებისათვისაც (ვენტილაცია, ცხელწყალმომარაგება, ვენტილატორები და ტუმბოები, განათება, სხვა მოწყობილობები, გაცივება და გარე აღჭურვილობა)

2.4. სოფ. ხიდისთავის საჯარო სკოლის ენერგოაუდიტის ანგარიში

(გორის რაიონი)



ნახ.5. სოფ. ხიდისთავის საჯარო სკოლის შენობა

რეზუმე

გორის რაიონის სოფელი ხიდისთავის საჯარო სკოლის ბაზისური ენერგომომხმარება დაახლოებით 95 000 კვტსთ/წ გათბობისათვის და 11 281 კვტსთ/წ ელექტრო მოწყობილობებისათვის, (7480 კვტ.სთ ელექტროლუმენები, 3252 განათება და კომპიუტერები) ან ჯამური 106 281 კვტსთ წელიწადში.

ენერგო აუდიტის შედეგად გამოვლენილია ამ შენობაში ენერგოეფექტური ღონისძიებების დანერგვის შედეგად შესაძლებელი დაზოგვის პოტენციალი:

მიწოდებული ენერჯის დაზოგვა	80464	კვტსთ/წ
სუფთა დაზოგვა	4832	ლარი/წ
ინვესტიციები	66400	ლარი
ამოგების პერიოდი	32	წლები

სარეკონსტრუქციო ღონისძიებები ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში:

ცხრილი 2

სარეკონსტრუქციო ღონისძიებები სოფ.ხიდისთავის საჯარო სკოლაში

ეე პოტენციალი-ენერგოაუდიტი					
სოფ. ხიდისთავის საჯარო სკოლა			შერჩეული ფართობი: 1795 მ ²		
ეე ღონისძიებები	ინვესტიცია ლარი]	სუფთა დაზოგვა [კვტსთ/წ] [ლარი/წ]		ამოგება [წელი]	NPVQ *
1. წყალსატბობი ქვაბებისა და გათბობის სისტემის დამონტაჟება	33200	7480	1032	32	-0,97
2. ხის ფანჯრების გამოცვლა მეტალოპლასტმასის პროფილის ჩარჩოიანი ორკამერიანი მინა პაკეტის ფანჯრებით	33200	72984	3800	13	-0,56
სულ ყველა ღონისძიება	66400	80464	4832	32	

* საფუძველი 9,5 % რეალური საპროცენტო განაკვეთი

ინვესტიციისა და დაზოგვის დასაბუთების შემდგომ, ყველა ღონისძიებები უნდა დაინერგოს როგორც ერთი პროექტი. მოცემული რიცხვების სიზუსტე 10-15 %-შეესაბამება.

მომგებიანი ღონისძიებების დანერგვის შედეგად მიღებული ენერჯის დაზოგვა მოცემულია თითოეული ენერგომატარებლისათვის.

ენერგომატარებელი	ერთეული	არსებული	ღონისძიებ. შემდეგ	დაზოგვა
ელექტროენერჯია	კვტსთ/წ	11281	3801	7480
შენობის გათბობა	კვტსთ/წ	95 000	158760	72984
შეშა	მმ3/წ(კვწ)	40 (22000)	84 (45943)	38 (21091)

*დღეისათვის შენობის გასათბობად გამოყენებულია 40 მ³ შეშა.

შესავალი

ზოგადი ინფორმაცია

შენობა, რომელშიც ჩატარებულ იქნა ენერგოაუდიტი მდებარეობს გორის

რაიონის სოფ. ხიდისთავში. 1973 წელს აგებულ შენობაში ფუნქციონირებს საჯარო სკოლა. დღეისათვის სკოლაში სწავლობს 475 მოსწავლე, რომლებსაც ემსახურება 49 პედაგოგი. სწავლის პროცესი მიმდინარებს ორ ცვლად 9-დან 17 საათამდე. ზამთრის არდადეგები 29 დეკემბრიდან 22 იანვრამდე გრძელდება. შაბათს და კვირას სწავლის პროცესი არ მიმდინარეობს

სკოლის შენობა წარმოადგენს მართკუთხა ფორმის სამსართულიან აგურის ნაგებობას, გაუმთბარი სარდაფით და შიფერით დაფარული სხვეწური სახურავით. შენობის მთლიან პერიმეტრზე განლაგებულია ხის ერთხარჩოიანი ფანჯრები ერთმაგი შემინვით.

შენობის გასათბობად გამოყენებულია საკლასო ოთახებში შემის ღუმელები. შენობას არ გააჩნია გათბობის, ცხელწყალმომარაგების, ვენტილაციის და კონდიციონერების სისტემები. განათების სისტემა შედგება ვარვარა ნათურებისაგან. ელექტროენერგიის მომხმარებლებია 24 ცალი კომპიუტერი და 2.2 კვტ სიმძლავრის 5 ელექტროღუმელი.

საინჟინრო სისტემების არ არსებობა უკავშირდება ცუდ მიკროკლიმატს და კომფორტის გაუარესებას. ამიტომ ექსპლუატაციის პირობების კორექტირებისათვის, აუცილებელია გარკვეული სამუშაოების ჩატარება მიკროკლიმატის გაუმჯობესების მიზნით.

ენერგოაუდიტის მონაცემების ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ სკოლის შენობის საკლასო ოთახებში არსებული ხის ფანჯრები შეიცვალოს მეტალოპლასტმასის პროფილის ჩარჩოიანი ორკამერიანი მინა პაკეტის ფანჯრებით და დამონტაჟდეს წყალსათბობი ქვაბები და გათბობის სისტემა.

ამ ანგარიშში ნაჩვენებია იდენტიფიცირებული ღონისძიებების შეფასებები.

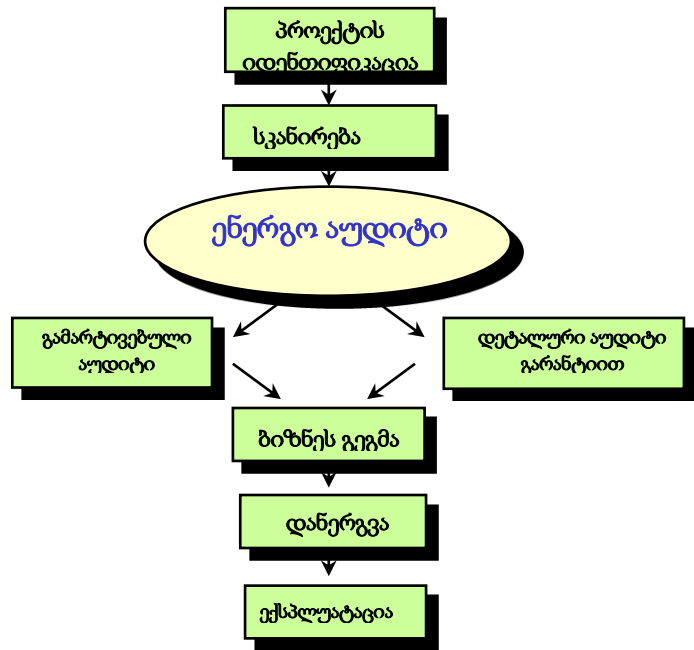
პროექტის მიზანია შენობაში მიკროკლიმატისა და კომფორტის გაუმჯობესება.

პროექტის განვითარების პროცესი

პროექტის განვითარების პროცესი შეიცავს მომგებიანი ენერგოეფექტური ღონისძიებების შეფასებისა და დანერგვის პროცესს. რადგანაც ყოველი შენობა ინდივიდუალურია, ამიტომ ყოველი შენობისათვის პროექტი უნდა იყოს განხილული ცალ-ცალკე, რათა მოიძებნოს ინდივიდუალური ენერგო დაზოგვის პოტენციალი. შენობის მესაკუთრეს ასევე შესაძლებელია ჰქონდეს სხვადასხვა რეკონსტრუქციის გეგმები და განსხვავებული მოთხოვნები ენერგოეფექტური ღონისძიებებით მიღებულ მოგებაზე.

პროექტის განვითარების პროცესი დაყოფილია ექვს ძირითად ეტაპად, რომლებიც ქვემოთაა ილუსტრირებული

1. პროექტის იდენტიფიკაცია
2. სკანირება
3. ენერგო აუდიტი
4. ბიზნეს გეგმა
5. დანერგვა
6. ექსპლუატაცია



პროექტის ორგანიზება

პროექტის/შენობის/ობიექტის დასახელება:

მისამართი:	გორის რაიონი სოფ.ხიდისთავი
საკონტაქტო პირი:	ბესარიონ ცერცვაძე
ტელეფონი:	+99593245562 (მობ)
ფაქსი:	
რა სტატუსით მონაწილეობს პროექტში:	სკოლის დირექტორი
შენობის მფლობელი:	განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
საკონტაქტო პირი:	თემურ მაჩაიძე
მისამართი:	თბილისი, უზნაძის ქ. 58
ტელეფონი:	995 77171104
ფაქსი:	განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
რა სტატუსით მონაწილეობს პროექტში:	ხელი შეუწყოს სადემონსტრაციო პროექტის განხორციელებას

ვე კონსულტანტი:

საკონტაქტო პირი: ხათუნა სიჭინავა, მე-3კურსის დოქტორანტი
 მისამართი:
 ტელეფონი: +995 599 567178
 ფაქსი:
 რა სტატუსით მონაწილეობს პროექტში: ენერგოაუდიტისა და ანგარიშის მომზადება

ვე კონსულტანტი:	
საკონტაქტო პირი:	თენგიზ ჯიშკარიანი, სტუ, კონსულტანტი
მისამართი:	
ტელეფონი:	+995 93790084
ფაქსი:	
რა სტატუსით მონაწილეობს პროექტში:	ენერგოაუდიტის მომზადება

სტანდარტები და წესები

შემდეგი სტანდარტები და წესები თან ახლავს შესაბამის ენერგოეფექტურ და რეკონსტრუქციის ღონისძიებებს:

- გათბობა, ვენტილაცია და კონდიციონერება SNIP 2.04.05-86
- საქვაბე
- წყლით მომარაგება SNIP II-3-79*

ამ სტანდარტებსა და წესებს შეესაბამება შემდეგი მოთხოვნები:

- გათბობა, ვენტილაცია და კონდიციონერება SNIP 2.04.05-86
- საქვაბე
- წყლით მომარაგება SNIP II-3-79*

შენობის მდგომარეობის აღწერა

ცხრილი 3

შენობის მდგომარეობა

შენობის ტიპი	სკოლა								
აშენების თარიღი	1973			სისტემატიურად ექსპლუატაციაშია (წელი)				1973	
გრაფიკი	სამუშაო დღეები			შაბათი	კვირა				
სამუშაო გრაფიკი	8სთ / 5დღე			0	0		სთ/დღ		
სამუშაო გრაფიკი	8სთ / 5დღე			0	0		სთ/დღ		
გათბობის გრაფიკი		მდე	13.00	სთ	2 ცვლა საიდან:	13.00	მდე	17.00	სთ
1 ცვლა საიდან:	9.00	მდე	-	სთ	4 ცვლა საიდან:	-	მდე	-	სთ
3ცვლა საიდან:	-								

მოზინადრეთა რ-ბა (საავადმყოფო, სკოლა და ა.შ. შეიტანეთ ავადმყოფთა, სტუდენტთა რაოდენობა და ა.შ.)					
მულტივალ მყოფი	475 მოსწავლე და 49 პედაგოგი			ადამიანი	
დროებითი მომსვლელები	5-10 მშობელი			ადამიანი	
შენობაში საშუალო შიდა ტემპერატურა					
მდგომარეობა			ნორმები		
ტემპ.როცა თბება	15	°C	ტემპ.როცა თბება	18 საკლასო ოთახებში	°C
ტემპ. როცა დაწეულია	10	°C	ტემპ. როცა დაწეულია	15	°C
მრიცხველების მონტაჟი და მათი მდებარეობა					
არსებული სერვისი ექსპლემომსახურებისათვის			ექსპლემომსახურებისათვის შესაძლებელია მექანიკურად		
არ არის			არ არის		

დღეისათვის, როდესაც შენობა დატვირთულია, იქ ყოველდღიურად იმყოფება 475 მოსწავლე, 49 პედაგოგი და 5-10 მშობელი. შენობას არ გააჩნია გათბობის, ცხელწყალმომარაგების, ვენტილაციის და კონდიციონერების სისტემები. განათების სისტემა შედგება ვარვარა ნათურებისაგან. სკოლაში არის 24 ცალი კომპიუტერი და 2.2 კვტ სიმძლავრის 5 ელექტროლუმენი.

შენობის გასათბობად გამოყენებულია საკლასო ოთახებში და სამასწავლებლოში განლაგებული შეშის ღუმელები. ხუთი ოთახი თბება ელექტროლუმენით. შიდა გარემო ტემპერატურა არ შეესაბამება ნორმით დაშვებულ ტემპერატურას.

შენობის მონაცემები

საერთო ფართი	2427	მ ²	კონდიციონერული ფართი	2427	მ ²
საერთო მოცულობა	• 887	მ ³	გასათბობი მოცულობა	4715	მ ³
იატაკის ფართი	• 09	მ ²	სართულების რ-ბა	3	

შენობის სიგრძე	71,6 მ
შენობის სიგანე	11,3 მ
შენობის სიმაღლე	9,75 მ
1 სართულის გასათბობი ფართი	463 მ ²
2 სართულის გასათბობი ფართი	494 მ ²
3 სართულის გასათბობი ფართი	494 მ ²

შიდა კედლები								
კედლების მდგომარეობის ძირითადი შეფასება								
შიდა კედლების საერთო ფართი	1483			ρ	U value(საშ)		1,39	ვტ/მ ² კ
მიმართულება	ჩრდილოეთი	ჩრდ.აღმ	აღმოს	სამხრ.აღმ	სამხრ	სამხ.დას	დასავ	ჩრდ.დას
კედლის ფართი, მ ²	94,5	-	553,31	-	94,5	-	740,31	-
მასალის ტიპი	აგური	-	აგური	-	აგური	-	აგური	-
იზოლაციის ტიპი	არ არის	-		არ არის	-		არ არის	-
U value, ვტ/მ ² გრად	1,39	-	1,39	-	1,39	-	1,39	-
მასალის ტიპი	აგურის თბოგამტარობის კოეფიციენტი $\lambda=0,77$ ვტ/მგრად. აგურის კედლის სისქე $\delta=0,4$ მ, შიგა შელესვის სისქე $\delta=0,02$ მ, ხოლო შიგა შელესვის თბოგამტარობის კოეფიციენტი $\lambda=0,7$ ვტ/მ ² გრად. $R_{\text{შე}}=1/8,3 + 0,4/0,77 + 0,02/0,7 + 1/20=0,719$ მ ² გრად/ვტ $U=1/0,719=1,39$ ვტ/მ ² გრად							
იზოლაციის ტიპი 1	არ არის							

შენიშვნის კედლები აშენებულია აგურით იზოლაციის გარეშე. აგურის კედლის სისქე $\delta=40$ სმ–ია. U-value ანგარიშში გათვალისწინებულია შიგა შელესვის სისქე და მისი თბოგამტარობის კოეფიციენტი.

ფანჯრები									
ფანჯრების არსებული მდგომარეობის ძირითადი შეფასება:									
ფანჯრების საერთო ფართი:			268			ρ^2	Uvalue(საშ)	5,8	ვტ/მ ² გრად.
მიმართულება	მასალა 1	ტიპი 2	ზომა A x B	ფართი	რ-ბა ცალი	მზის ენერჯის წილი g	შეერთების სიგრძე	U value	
			a	ρ			ρ	ვტ/მ ² კ	
N	W	1G	1,4x1,9	23,94	9	0,7	59	5,8	
E	W	1G	2,1x1,9	208	52	0,7	416	5,8	
S	W	1G	1,4x1,9	23,94	9	0,7	59	5,8	
W	W	1G	2,1x1,9	12	3	0,7	24	5,8	
სულ				267,8	73		558		
მასალა 1		ხე (W), ალუმინი (Al), პლასტიკური (P), ფოლადი (St)							
ტიპი 2		ერთჩარჩოიანი (S), ორმაგი ჩარჩო (D), დაპრესილი მასალის ჩარჩო(B) ერთ შუშიანი (1G), ორმაგი შუშით (2G), სამმაგი შუშით (3G)							

ხის ერთხარხოიანი ფანჯრები ერთმაგი შემინვით. ფანჯრები არ არის დაგმანული. ზოგიერთი მინა ჩამსხვრეულია. ინფილტრაციის სიდიდით შეიძლება მივიღოთ 20-25%.

კარები							
კარების არსებული მდგომარეობის ძირითადი შეფასება:				მისაღები			
კარების ტიპი				რკინის კარები			
კარების რ-ბა	1	კარების საერთო ფართი	9	შ	Uvalue (საშუალო)	2,5	ვტ/მ ² გრად

სახურავი							
სახურავის მდგომარეობის ძირითადი შეფასება				ცუდი			
სახურავის საერთო ფართი	809	მ ²	Uvalue (საშ)	0,44	მ ² კ/ვტ		
სახურავის ტიპი	მასალის ტიპი	იზოლაციის ტიპი	იზოლაც. სისქე. m	ფილისისსისქემ	საშ. ტემპ. °C	ფარ. m ²	U ვტ/მ ² კ
ს3	მ1	არ არის	არ არის	0,185		608	2,27
მასალის ტიპი m1	ბეტონის პანელი δ=14 სმ; λ=0,99 ვტ/მ ² კ სახურავის მასალა შიფერი; δ=1სმ; λ=0,17 ვტ/მ ² კ ცემენტის შრე δ=2,5 სმ ; λ=0,93 ვტ/მ ² კ						
იზოლაციის ტიპი i1	არ არის						

სასწავლებლის სახურავი შიფერთაა დაფარული, მოძველებულია, იზოლაციის გარეშე და საკლასო ოთახების ზემოთ განლაგებულია ბეტონის პანელები. სახურავის U value გაანგარიშდა და განისაზღვრა რომ ტოლია 2,27 ვტ/მ²კ

ქვემოთ მოცემულია U value გაანგარიშება. $R^{req} = 1/8,7 + 0,14/0,99 + 0,01/0,17 + 0,025/0,93 + 0,01/0,17 + 1/23 = 0,44$ მ²კ/ვტ

$U = 1/0,44 = 2,27$ ვტ/მ²კ

სახურავზე არ არის განლაგებული ფანჯრები.

იატაკი(სითბოს დანაკარგებით გარეთ, მიწაში ან სარდაფში რომელიც არ თბება)							
იატაკის არსებული მდგომარეობის ძირითადი შეფასება:				იატაკის ქვეშ მდებარე სარდაფი არ თბება			
იატაკის საერთო ფართი:	809	შ	U value (საშ)	1,3	ვტ/მ ² გრად		
იატაკის ტიპი	იატაკის ტიპი 2 , სარდაფი ფანჯრებით, სარდაფის ფართი არ თბება						
მასალა რითიც იატაკია დამზადებული	არ მოიძებნება						

შენობის სარდაფს არა აქვს ფანჯრები და არ თბება.

გათბობის სისტემები

შენობაში არ არსებობს გათბობის სისტემები

ვენტილაციის სისტემა

შენობაში არ არის დამონტაჟებული ვენტილაციის სისტემა.

ცხელწყალმომარაგების სისტემა

შენობაში არ არის ცხელწყალმომარაგების სისტემა.

ცხრილი 4

შენობის განათების სისტემები

ნათურები	რ-ბა ცალი	დადგმულისიმძლავრე კვტ	ერთდროული დატვირთვა ვტ/მ ²	კონტროლის ტიპი/კომენტარი
ვარვარა	80	4,8	1,9	80 ვარვარა 60 ვტ-იანი ნათურა, დღეში 2 სთ-ის განმავლობაში ხარჯავს 1689 კვტ.სთ ენერჯის (1 სთ=4800 ვტ)
სხვა				
სულ				

განათება		
ერთდროული დატვირთვა	1,9	ვტ/მ ²
მუშაობის პერიოდი	10	სთ/კვირა
მუშაობის პერიოდი	25	კვირა/წელი
მაქს. ერთდროული დატვირთვა	1,9	ვტ/მ ²

შენობაში განათების სისტემა არაეფექტურია.

ცხრილი 5

სითბოს გამომყოფი სხვადასხვა მოწყობილობები

სხვადასხვა გამოყენებული მოწყობილობები	რ-ბა ცალი	დადგმული სიმძლავრე კვტ	ერთდროული დატვირთვა ვტ/მ ²	კომენტარი
კომპიუტერები	24	6	2,4	კვირაში 10 საათით რთავენ 20 კომპიუტერს (300ვტ), 2112 კვტსთ/წ (1 სთ 6000 ვტ)
ელექტროქურა	5	11	4,5	რთავენ ხუთ ცალ 2,2 სიმძლავრის ელექტროქურას 85 დღის განმავლობაში დღეში 8 სთ ხარჯავენ 7480 კვტ სთ/წ (1სთ=11 კვტ)
სულ		18,2	10	

გაგრილების სისტემა

არ არსებობს

შენობის გარე მოწყობილობები

შენობას არ გააჩნია გარე მოწყობილობები, გარე განათებაც კი არ არის დამონტაჟებული.

ენერჯის მოხმარება

გაზომილი ენერჯო მოხმარება

ელექტროენერჯის ტარიფი 0,138 ლარია

წელი 2008	ცენტრალური გათბობა	ელ ენერჯია	გაზი	სხვა	სულ
ენერჯის ფასი	-	0,138	-	-	1556ლარი
ენერჯო მოხმარება	-	11281	-	-	11281კვტსთ
კუთრი მოხმარება	-	4,6	-	-	4,6კვტსთ/მ ²
წყლის მოხმარება	-	მ ³	-	-	-
ტარიფი ძალაშია	ელ ენერჯისათვის 15.05.2006				

*) ელ ენერჯია, ფიქსირებული გადასახადი და ა. შ.

შენობის მიერ მოხმარებული ელ. ენერჯია განათებასა და კომპიუტერების მუშაობას ხმარდება.

თბოუნარიანობა:

	თბოუნარიანობა:	ერთეული	კომენტარი
შეშა	15550	კვ/კვ	

გამოანგარიშებული და საბაზისო ენერჯო მოხმარება

სოფ. ხიდისთავის საჯარო სკოლის შენობის ბაზისური ენერჯომოხმარება დაახლოებით 95000 კვტ სთ/წ გათბობისათვის და 11281 კვტსთ/წ ელექტრო- მოწყობილობებისათვის, რაც ჯამში შეადგენს 106281 კვტსთ წელიწადში.

სკოლის შენობა წარმოადგენს მართკუთხა ფორმის სამსართულიან აგურის ნაგებობას, გაუმთბარი სარდაფით და შიფერით დაფარული სხვენური სახურავით. შენობის მთლიან პერიმეტრზე განლაგებულია ხის ერთჩარჩოიანი ფანჯრები ერთმაგი შემინვით. შენობა ექსპლუატაციაშია 1973 წლიდან. შენობის სიგრძეა 72,7 მ, ხოლო სიგანე – 11,3 მ. აგურის კედლები გარედან შელესილი არ არის. სახურავი ცუდ მდგომარეობაშია, წვიმის დროს ადგილი აქვს წყლის გაჟონვას. ფანჯრები არ არის დაგმანული. ზოგიერთი მინა ჩამსხვრეულია.

დღეისათვის სკოლაში სწავლობს 475 მოსწავლე, რომლებსაც ემსახურება 49 პედაგოგი. სწავლის პროცესი მიმდინარებს ორ ცვლად 9-დან 17 საათამდე. ზამთრის არდადეგები 29 დეკემბრიდან 22 იანვრამდე გრძელდება. შაბათს და კვირას სწავლის პროცესი არ მიმდინარეობს.

შენობის გასათბობად გამოყენებულია საკლასო ოთახებში შეშის ღუმელები. შენობას არ გააჩნია გათბობის, ცხელწყალმომარაგების,

ვენტილაციის და კონდიციონერების სისტემები. განათების სისტემა შედგება ვარვარა ნათურებისაგან. ელექტროენერჯის მომხმარებლობა 24 ცალი კომპიუტერი და 2.2 კვტ სიმძლავრის 5 ელექტროლუმელი.

საინჟინრო სისტემების არ არსებობა და შეშის არასაკმაო რაოდენობით გამოყენება უკავშირდება ცუდ მიკროკლიმატს და კომფორტის გაუარესებას. ამიტომ ექსპლუატაციის პირობების კორექტირებისათვის, აუცილებელია გარკვეული სამუშაოების ჩატარება მიკროკლიმატის გაუმჯობესების მიზნით.

ენერგეტიკული ბიუჯეტი

ენერგეტიკული ბიუჯეტი მოიცავს მნიშვნელობებს ეტალონური შენობისათვის (გათბობის ეტალონური ენერგომოთხოვნილება შეადგენს 127,6 კვტსთ/მ² წელი), არსებული მდგომარეობისათვის, საბაზო ხაზისათვის ენერგოდამზოგი ღონისძიებების დანერგვამდე და მათი დანერგვის შემდეგ.

ცხრილი 6

ენერგეტიკული ბიუჯეტი

ენერგო ბიუჯეტი – ენერგო აუდიტი				
ბიუჯეტის საგანი	ეტალონი კვტ.სთ/მ ² წ	არსებული მდგომარეობა [კვტსთ/მ ² წელი]	საბაზისო ხაზი [კვტსთ/მ ² წელი]	ედ-ს შემდეგ [კვტსთ/მ ² წელი]
გათბობა	127,6	39,1	29,1	88,4
ვენტილაცია	0	0	0	0
ცხელწყალ მომარაგება	0	0	0	0
ვენტილატორი	0	0	0	0
ელ.ლუმელი	-	4,1	-	0
განათება	-	0,9	-	0,9
კომპიუტერები	-	1,1	-	1,1
გაგრილება	0	0	0	0
ჯამი				

ენერგო ბიუჯეტი – ენერგო აუდიტი				
ბიუჯეტის საგანი	ეტალონი (თბილისისათ ვის) [კვტსთ/წელი]	მდგომარეობა [კვტსთ/წელი]	საბაზისო ხაზი [კვტსთ/წელი]	ედ-ს შემდეგ [კვტსთ/წელი]
გათბობა	229042	95000	231744	151280
ვენტილაცია	0	0	0	0
ცხელწყალმომარაგება	0	0	0	0
ვენტილატ/ტუმბო	0	0	-	-
ელ.ლუმელი	-	7480	-	0
განათება	-	1689	-	1689
კომპიუტერები	-	2112	-	2112
გაგრილება	0	0	0	0
ჯამი		106281	231744	154954

231744 კვტ სთ/წ გათბობისათვის და 10732 კვტსთ/წ ელექტრო-მოწყობილობებისათვის, რაც ჯამში შეადგენს 242476 კვტსთ წელიწადში.

ენერგოაუდიტის მონაცემების ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ სკოლის შენობის საკლასო ოთახებში არსებული ხის ფანჯრები შეიცვალოს მეტალოპლასტმასის პროფილის ჩარჩოიანი ორკამერიანი მინა პაკეტის ფანჯრებით და დამონტაჟდეს წყალსათბობი ქვაბები და გათბობის სისტემა. ამ ღონისძიებების დაწერვა მცირე დაზოგვას მისცემს სკოლის ადმინისტრაციას, მაგრამ ეს გააუმჯობესებს სკოლაში არსებულ მიკროკლიმატსა და კომფორტს. მონაცემებზე დაყრდნობით გაკეთებული იქნა შენობის ენერგო მოხმარების ანგარიში კომპიუტერული პროგრამის საკვანძო რიცხვების (Key Numbers Software Program) გამოყენებით.

ენერგოეფექტურობის პოტენციალი

ქვემოთ წარმოდგენილი მონაცემები მიღებულია კომპიუტერული პროგრამის ეკონომიკური (Economy Software Program) გამოთვლებით. მიღებულ ენერგო აუდიტის ჩატარების შემდეგ შენობაში გამოვლენილ იქნა შემდეგი დაზოგვის პოტენციალი:

მიწოდებული ენერგიის დაზოგვა	80464	კვტსთ/წ
სუფთა დაზოგვა	4832	ლარი/წ
ინვესტიციები	66400	ლარი
ამოგების პერიოდი	32	წლები

ენერგიის დაზოგვის პოტენციალი, ქვემოთ წარმოდგენილ ცხრილში (NPVQ):

ცხრილი 7

ენერგოეფექტურობის პოტენციალი

ეე პოტენციალი-ენერგო აუდიტი					
სოფ. ხიდისთავის საჯარო სკოლა		შერჩეული ფართობი: 1795 მ ²			
ეე ღონისძიებები	ინვესტიცია [ლარი]	სუფთა დაზოგვა [კვტსთ/წ]	სუფთა დაზოგვა [ლარი/წ]	ამოგება [წელი]	NPVQ *
1. წყალსათბობი ქვაბებისა და გათბობის სისტემის დამონტაჟება	33200	7480	1032	32	- 0,97
2. ხის ფანჯრების გამოცვლა მეტალოპლასტმასის პროფილის ჩარჩოიანი ორკამერიანი მინა პაკეტის ფანჯრებით	33200	72284	3800	13	-0,57
სულ ყველა ღონისძიება	66400	80464	4832	32	

* საფუძველი 9,5 % რეალური საპროცენტო განაკვეთი

ენერგოეფექტური ღონისძიებები

ღონისძიებების ჩამონათვალი

ენერგოეფექტური და სარეკონსტრუქციო ღონისძიებები შეფასებულია და დეტალურადაა აღწერილი ქვემოთ მოცემულ თავებში:

ენერგოეფექტური და სარეკონსტრუქციო ღონისძიებები	
1.	წყალსათბობი ქვაბებისა და გათბობის სისტემის დამონტაჟება
2	ხის ფანჯრების გამოცვლა მეტალოპლასტმასის პროფილის ჩარჩოიანი ორკამერიანი მინა პაკეტის ფანჯრებით

ცხრილი 8

ენერგოეფექტური ღონისძიებები

ღონისძიება.	1	-	წყალსათბობი ქვაბებისა და გათბობის სისტემის დამონტაჟება
არსებული მდგომარეობა	სკოლის შენობა წარმოადგენს მართკუთხა ფორმის სამსართულიან აგურის ნაგებობას, გაუმთბარი სარდაფით და შიფერით დაფარული სხვენური სახურავით. შენობის მთლიან პერიმეტრზე განლაგებულია ხის ერთჩარჩოიანი ფანჯრები ერთმაგი შემინვით. გათბობისათვის იყენებენ არაეფექტურ შემის წვის ღუმელებს და 5 ცალ 2,2 კვტ სიმძლავრის ელექტრო გამათბობელს. შემის ღუმელები, რომლებსაც ძირითადად კუსტარულად ამზადებენ უსაფრთხოების თვალსაზრისით საშიშია მოსწავლეებისათვის. მიუხედავად იმისა, რომ		
ღონისძიების აღწერა	სკოლის შენობაში საკლასო ოთახებში გათბობის სისტემის მონტაჟი და შემის წვაზე მომუშავე გამათბობელი ძაბის დამონტაჟება.		
დაზოგვის ანგარიში (ENSI® საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამა ან სხვა საშუალებები)			
სრული ინვესტიცია		33200	ლარი
ექსპლუატაცია და მომსახ. ყოველწლიური		150	ლარი/წ
წმინდა დაზოგვა		1032	ლარი/წ
ეკონომიური სიცოცხლისუნარიანობა		32	წელი
ღონისძიება.	2	-	ხის ფანჯრების გამოცვლა მეტალოპლასტმასის პროფილის ჩარჩოიანი ორკამერიანი მინა პაკეტის ფანჯრებით
არსებული მდგომარეობა	სკოლის შენობა წარმოადგენს მართკუთხა ფორმის სამსართულიან აგურის ნაგებობას, გაუმთბარი სარდაფით და შიფერით დაფარული სხვენური სახურავით. შენობის მთლიან პერიმეტრზე განლაგებულია ხის ერთჩარჩოიანი ფანჯრები ერთმაგი შემინვით. ფანჯრები არ არის დაგმანული. ზოგიერთი მინა ჩამსხვრეულია. ზამთრის პერიოდში ცივი ჰაერი შემოდინება		
ღონისძიების აღწერა	გადაწყდა, რომ გამოიცვალოს ხის ჩარჩოიანი ერთმაგი მინის ფანჯრები მეტალოპლასტმასის		
დაზოგვის ანგარიში (ENSI® საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამა ან სხვა საშუალებები)			
არსებული მდგომარეობით სკოლის გასათბობად იხარჯება 231744 კვტს/წ ენერგია. დაზიანებული ფანჯრების U value = 5,8 ვტ/მ ² კ-ის ტოლია. მეტალოპლასტმასის პროფილის ჩარჩოიანი ორკამერიანი მინაპაკეტის ფანჯრების U value = 2,2 ვტ/მ ² კ. ENSI® საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამის რეზულტატებზე დაყრდნობით შესაძლებელი გახდება 72284 კვტს/წ დაზოგვა ანუ 3800 ლარი. ამ ღონისძიების დაწერვით აღარ			
ინვესტიცია:			
სრული ინვესტიცია		33200	ლარი
ექსპლუატაცია და მომსახ. ყოველწლიური		100	ლარი/წ
წმინდა დაზოგვა		3800	ლარი/წ
ეკონომიური სიცოცხლისუნარიანობა		13	წელი

დანერგვა და ორგანიზაცია

ქვემოთ მოცემული ცხრილი წარმოადგენს პროექტის განვითარებისა და

დანერგვის გრაფიკი

საქმიანობა	დრო (დღე თვე წელი)
კონტრაქტზე ხელმოწერა; მიზანი/გეგმა	10.03.09
სატენდერო დოკუმენტების დაგეგმვა და მომზადება	25.04.09
გამოთვლები კონტრაქტორების მიერ	01.05.09
კონტრაქტორისაგან დაბრუნებული სატენდერო დოკუმენტები	05.05.09
შეფასება	15.05.09
კონტრაქტის დადება კონტრაქტორთან	25.05.09
პროექტის მართვისათვის კონტრაქტი	28.05.09
კონტრაქტორის მომზადება	01.06.09
დანერგვა	15.06.09
დანერგვის დამთავრება	30.07.09
ექსპლუატაციაში შესვლა	03.08.09
გაშვება: ექსპლუატაცია და მომსახურება	04.08.09
გაშვება: ენერგო მონიტორინგი	04.08.09
ექსპლუატაციის დამთავრება	25.08.09

დანერგვის ფაზის ორგანიზებისათვის საჭირო წინადადებები

<ეე კონსულტანტი> შემდეგი სამუშაოებისათვის საჭირო სამუშაოები:

- მიზანი/გეგმა ან/და სატენდერო დოკუმენტების მომზადება
- პროექტის მართვა/ხარისხის კონტროლი
- ექსპლუატაციისა და მომსახურების სახელმძღვანელოს შექმნა, ტრენინგების ჩათვლით
- ენერგომონიტორინგის სისტემის ჩამოყალიბება ტრენინგების ჩათვლით შენობის მფლობელი ზედამხედველობას გაუწევს შემდეგ საქმიანობას:
- ტენდერების შეფასებას და შესრულებას
- კონტრაქტებზე ხელმოწერებს

<სხვა ქვეკონტრაქტორები/პარტნიორები> ზედამხედველობას გაუწევენ შემდეგ საქმიანობას:

- დანერგვას

ექსპლუატაცია და მომსახურება

შესავალი

როდესაც დაიწყება შენობის ექსპლუატაცია, ძალიან მნიშვნელოვანია, ვუზრუნველყოთ სწორი და ეფექტური ფუნქციონირება. თუმცა, გარემოება შესაძლებელია ისეთი არ იყოს, როგორც ეს დაგეგმილი იყო მთელი სიცოცხლისუნარიანობის პერიოდისათვის, თუ შესაფერისი ექსპლუატაციისა და მომსახურების სისტემა და გარკვეული წესები დაცული არ იქნება.

ქვემოთ ჩამოთვლილია სამი ძირითადი ამოცანა ექსპლუატაციისა და მომსახურების წესების დანერგვისათვის:

1.	წარმოადგინეთ შესაბამისი ექსპლუატაციის პირობები შენობაში.
2.	ექსპლუატაციის ფასები აკონტროლეთ, ენერჯის ფასებთან ერთად, ევაღეთ რაც შეიძლება დაბალი იყოს
3.	თავიდან აიცილეთ დიდი და ძვირადღირებული რემონტები

ექსპლუატაცია; დღიური, კვირეული და თვიური საქმიანობა, რაც ერთი წლის განმავლობაში ჩატარდება შენობაში და ასევე ტექნიკური სისტემების დათვალიერება მოგვცემს უსაფრთხო მუშაობისა და მოთხოვნების დაკმაყოფილების საშუალებას.

მომსახურება: აქტიურობა და ძალღონე უნდა მოვიხმართ ერთ წელიწადზე მეტი პერიოდისათვის

რეკონსტრუქცია: უნდა აღვადგინოთ რაც დაზიანებულია ან გაფუჭებულია ისე რომ დაუბრუნოთ ეს მოწყობილობები მათ სტანდარტებს და ხარისხს.

შენობის ექსპლუატაცია და მომსახურებისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ:

- **როგორ** უნდა ვმართოთ მოწყობილობები
- **რომელი** მოწყობილობები ითხოვენ მომსახურებას
- **როგორ** უნდა გავაკეთოთ მოწყობილობების ექსპლუატაცია და მომსახურება
- **როდის** შეგვიძლია მოწყობილობების ექსპლუატაცია და მომსახურება
- **ვინ** არის პასუხისმგებელი პირი

ეს დოკუმენტაცია აუცილებლად უნდა იყოს შესული ექსპლუატაციისა და მომსახურების სახელმძღვანელოში.

ექსპლუატაცია და მომსახურების სახელმძღვანელო და პროგრამა

<ეე კონსულტანტმა> უნდა მოამზადოს (თუ კონტრაქტში ამის თაობაზე მოთხოვნა იქნება) ექსპლუატაციისა და მომსახურების სახელმძღვანელო მანამდე, სანამ ეე ღონისძიებები დაიწერება. სახელმძღვანელო უნდა შეიცავდეს სამ ძირითად თავს:

1. ადმინისტრაციული ნაწილი (ორგანიზაცია, პასუხისმგებლობა, შესაბამისობა კანონმდებლობასთან და წესებთან, მისამართი, ტელეფონის ცნობარი და ა.შ)
2. ექსპლუატაციის ნაწილი (სამოქმედო გეგმა, დადგენილი წესები და აუცილებელი დოკუმენტების ჩამონათვალი)
3. დოკუმენტაცია (ანგარიშები და დოკუმენტაცია მეორე ნაწილიდან -2)

დამატებით, უნდა იყოს ასევე დამხმარე დოკუმენტების საქალაქდეს <მოწესრიგება>:

- სისტემების, ძირითადი კომპონენტების და ექსპლუატაციის სფეროს მიმოხილვა.
- ხელმძღვანელის ნახაზები
- გეგმები/ჩამონათვლები
- სათადარიგო ნაწილების ჩამონათვალი
- ბროშურა
- ნახაზები
- ხელშეკრულება

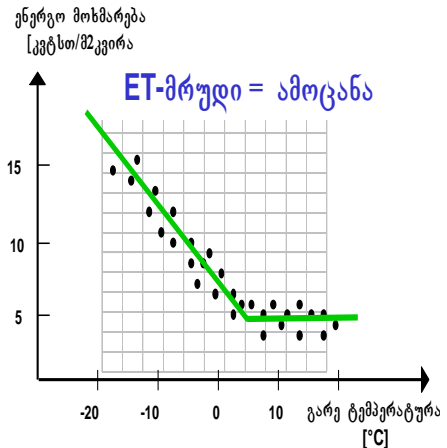
<ეე კონსულტანტმა> უნდა უზრუნველყოს ტრენინგები მომსახურე პერსონალისათვის, რათა წარუდგინოს მათ ექსპლუატაცია და მომსახურებისათვის დადგენილი წესები

ენერგო მონიტორინგი

ენერგომონიტორინგი სისტემატიური რუტინაა შენობის ენერჯის მოხმარებისა და ექსპლუატაციის მდგომარეობის ყოველკვირეული აღწერისა და

კონტროლისათვის. ენერგომომხმარების ყოველკვირეული კონტროლით და გაანგარიშებით, ექსპლუატაცია და მომსახურეობის მომსახურე პასუხისმგებელი პერსონალის შერჩევით, შესაძლებელია შენობაში დამონტაჟებული ტექნიკური მოწყობილობების ოპტიმალური მართვა.

ენერგო მონიტორინგის სიტემის ძირითადი ინსტრუმენტი ენერჯის-ტემპერატურის (ET) დიაგრამაა. ყველა შენობას თავისი თ დიაგრამა აქვს, ET მრუდი ენერგო გამოთვლების შედეგად მიიღება. ET დიაგრამა შეიცავს ET მრუდს და დარეგისტრირებულ გაზომილ ენერგო მოხმარებას კვირის შესაბამისი საშუალო გარე ტემპერატურის მიხედვით. ET მრუდი გვიჩვენებს თუ როგორი ენერგო მოხმარება (მნიშვნელოვანი მიზანი) გვაქვს სხვადასხვა გარე ტემპერატურეს დროს.



ენერგო მონიტორინგისათვის სახელმძღვანელო და პროგრამა

<ეე კონსულტანტი> მოამზადებს (თუ ხელმოწერილია ცალკე კონტრაქტი) ენერგო მონიტორინგის სახელმძღვანელოს ვიდრე მოხდება ეე ღონისძიებების დაწერვა. სახელმძღვანელო პროექტის მიხედვით იქნება გაკეთებული და მასში იქნება:

- მომხმარებლისათვის ინსტრუქცია
- რეგისტრაციისა და ანგარიშების ფორმები
- ET-მრუდი
- გადახრების საკონტროლო ცხრილი

ენერჯის დანახარჯების რეგისტრირება მოხდება არსებული მრიცხველებით “ცენტრალური გათბობისათვის” და “ელ ენერჯის” (შესაძლებელია ახალი) მრიცხველებით. საშუალო გარე ტემპერატურ გაზომილი იქნება ახალი ”თერმომეტრის” საშუალებით, რომელიც დამონტაჟებული იქნება შენობაზე (ან ინფორმაცია ტემპერატურეს შესახებ მოწოდებული იქნება ეე კონსულტანტის მიერ ან მეტეოროლოგიური სადგურიდან)

ყოველკვირეული დაკვირვებები გაკეთებული იქნება შენობის ექსპლუატაცია და მომსახურეობის პასუხისმგებელი პერსონალის მიერ, რომელსაც ევალება:

1. წაიკითხოს შენობაში არსებული ენერგო მრიცხველების ჩვენება და გამოიანგარიშოს კუთრი ენერგო მოხმარება;
2. დააფიქსიროს გარე ტემპერატურა შესაბამისი პერიოდისათვის;
3. ინფორმაცია ზემოთ ხსენებული მონაცემების შესახებ დაიტანოს ET - დიაგრამაზე;

4. გადახრა ET -მრუდიდან მიგვითითებს მოწყობილობების არასწორ მუშაობაზე ან არასწორ ექსპლუატაციაზე. ამისათვის, სასწრაფოდ საჭიროა მიზეზის გამოკვლევა და სარეკონსტრუქციო სამუშაოების ჩატარება ან მოწესრიგება.

<ეე კონსულტანტი> ჩაატარებს ტრენინგს, რომლის საშუალებითაც პერსონალს წარუდგენს ექსპლუატაციისა და მომსახურების პრაქტიკას.

თუ ექსპლუატაციისა და მომსახურების პერსონალი ვერ აღმოაჩენს გადახრის მიზეზებს, <ეე კონსულტანტს> შეუძლია დაეხმაროს მათ.

თავი მესამე

ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების შესაძლებლობა საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების თბომომარაგებისათვის

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს მიერ განხორციელებული არაერთი ღონისძიების მიუხედავად, ზამთრის სეზონისათვის მზადება და საჯარო სკოლების თბომომარაგება კვლავ აქტუალურ პრობლემად რჩება. ეს განსაკუთრებით ეხება მცირეკონტიგენტიან საჯარო სკოლებს საქართველოს რეგიონებში, რომელთა აბსოლუტური უმრავლესობა დეფიციტურია და საშემე მერქნის შესაძენ თანხას სამინისტროდან ღებულობს.

სტატისტიკური მონაცემების თანახმად საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების გასათბობად ყოველწლიურად გამოყენებული საშემე მერქნის რაოდენობა და მის შესაძენად გამოყოფილი თანხები საკმაოდ სოლიდურია (სულ მცირე 40-45 ათასი მ³ საშემე მერქანი და არანაკლებ 4 მლნ ლარი), რაც მძიმე ტვირთად აწევს როგორც განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს, ისე ადგილობრივ საგანმანათლებლო რესურსცენტრებსა და უშუალოდ საჯარო სკოლებს [19].

პრობლემის უკეთ წარმოჩენის მიზნით ცხრილში 10 წარმოდგენილია მონაცემები მცხეთა-თიანეთის რეგიონის საჯარო სკოლებში მოხმარებული საშემე მერქნისა და მასზე გაწეული ხარჯების შესახებ ერთი გათბობის სეზონისათვის [20].

მცხეთა-თიანეთის რეგიონის საჯარო სკოლებში მოხმარებული
საშემუ მერქანი გათბობის ერთი სეზონისათვის

№	მუნიციპალიტეტი	სკოლის საფეხური	საშემუ მერქანი		
			რაოდენობა, მ ³ /წლ	საშუალო ფასი, ლარი	ღირებულება ლარი
1	2	3	4	5	6
1	დუშეთის მუნიციპალიტეტი	-	1 761	56.5	99 385
1.1	აბანოსხევის საჯარო სკოლა	საშუალო	60	55	3 300
1.2	ანანურის საჯარო სკოლა	საშუალო	60	55	3 300
1.3	არაგვისპირის საჯარო სკოლა	საშუალო	60	55	3 300
1.4	არლენის საჯარო სკოლა	საბაზო	40	55	2 200
1.5	ბაზალეტის საჯარო სკოლა	საშუალო	60	55	3 300
1.6	ბარისახოს საჯარო სკოლა	საშუალო	70	60	4 200

(ცხრილი 1 (გაგრძელება))

1	2	3	4	5	6
1.7	ბულაჩაურის საჯარო სკოლა	საშუალო	50	55	2 750
1.8	გრემისხევის საჯარო სკოლა	საშუალო	50	55	2 750
1.9	გრიგოლანთაკარის საჯ. სკოლა	საბაზო	40	55	2 200
1.10	გუდამაყრის საჯარო სკოლა	საშუალო	60	60	3 600
1.11	გუდრუხის საჯარო სკოლა	საბაზო	40	55	2 200
1.12	კაიშაურების საჯარო სკოლა	საბაზო	40	60	2 400
1.13	ლამივანის საჯარო სკოლა	საბაზო	30	55	1 650
1.14	ლაფანანთაკარის საჯ. სკოლა	საშუალო	70	55	3 850
1.15	მლაროსკარის საჯარო სკოლა	საშუალო	70	60	4 200
1.16	მლეთის საჯარო სკოლა	საშუალო	6	60	360
1.17	მჭადიჯვრის საჯარო სკოლა	საშუალო	70	55	3 850
1.18	თბისის საჯარო სკოლა	საშუალო	70	55	3 850
1.19	პავლეურის საჯარო სკოლა	საშუალო	70	55	3 850
1.20	პირმისანთაკარის საჯ. სკოლა	საშუალო	50	55	2 750
1.21	საკრამულის საჯარო სკოლა	საბაზო	50	55	2 750
1.22	საშაბუროს საჯარო სკოლა	საშუალო	60	55	3 300
1.23	ქვეშეთის საჯარო სკოლა	საშუალო	70	60	4 200
1.24	ყვავილის საჯარო სკოლა	საბაზო	40	55	2 200
1.25	შატილის საჯარო სკოლა	საშუალო	40	60	2 400
1.26	შუაფხოს საჯარო სკოლა	საბაზო	40	55	2 200
1.27	შუახევის საჯარო სკოლა	საბაზო	30	55	1 650
1.28	ჩარგლის საჯარო სკოლა	საბაზო	35	55	1 925
1.29	ჩირიკის საჯარო სკოლა	საბაზო	60	60	3 600
1.30	წითლიანების საჯარო სკოლა	საბაზო	50	60	3 000
1.31	ჭართლის საჯარო სკოლა	საშუალო	70	55	3 850
1.32	ჭილურტის საჯარო სკოლა	საბაზო	60	55	3 300
1.33	ჭოპორტის საჯარო სკოლა	საშუალო	50	55	2 750
1.34	ხანდოს საჯარო სკოლა	საბაზო	40	60	2 400
2.	თიანეთის მუნიციპალიტეტი	-	1 205	60.0	72 300
2.1	თიანეთის #1 საჯარო სკოლა	საშუალო	180	60	10 800
2.2	თიანეთის #2 საჯარო სკოლა	საშუალო	90	60	5 400
2.3	ახალსოფლის საჯარო სკოლა	საშუალო	100	60	6 000
2.4	ბოჭორმის საჯარო სკოლა	საბაზო	25	60	1 500
2.5	ზარიძეების საჯარო სკოლა	საშუალო	100	60	6 000
2.6	ნაქალაქარის საჯარო სკოლა	საშუალო	100	60	6 000
2.7	აგბიტის საჯარო სკოლა	საშუალო	70	60	4 200
2.8	სიმონიანთხევის საჯ. სკოლა	საშუალო	100	60	6 000
2.9	სიონის საჯარო სკოლა	საშუალო	80	60	4 800
2.10	ტუმურების საჯარო სკოლა	საშუალო	100	60	6 000
2.11	ღულღულების საჯარო სკოლა	საშუალო	100	60	6 000
2.12	ჩეკურანთგორის საჯ. სკოლა	საბაზო	50	60	3 000
2.13	ხევსურთსოფლის საჯ. სკოლა	საშუალო	110	60	6 600

3.	მცხეთის მუნიციპალიტეტი		479	97,0	46 350
3.1	ზიწმინდის საჯარო სკოლა	საბაზო	30	100	3 000
3.2	ლისის საჯარო სკოლა	საშუალო	50	90	4 500
3.3	მსხალდიდის საჯარო სკოლა	საბაზო	35	70	2 450
3.4	მუხრანის #2 საჯარო სკოლა	საშუალო	30	100	3 000
3.5	მუხრანის #3 საჯარო სკოლა	საბაზო	25	100	2 500
3.6	ნავაზის საჯარო სკოლა	საბაზო	42	100	4 200
3.7	ნიზბისის საჯარო სკოლა	საშუალო	45	100	4 500
3.8	ნატახტარის საჯარო სკოლა	საბაზო	35	100	3 500
3.9	პატარა ქანდას საჯარო სკოლა	საბაზო	42	100	4 200
3.10	ქსოფრისის საჯარო სკოლა	საშუალო	35	100	3 500
3.11	ჩარდახის საჯარო სკოლა	საბაზო	35	100	3 500
3.12	მველი ქანდას საჯარო სკოლა	საშუალო	40	100	4 000
3.13	წეროვანის #2 საჯარო სკოლა	საშუალო	35	100	3 500
	სულ რეგიონში	საბაზო	3 604	63.3	218 035

როგორც ცხრილი 10-დან ჩანს, მცხეთა-თიანეთის რეგიონის საჯარო სკოლებში მხოლოდ ერთი ზამთრის სეზონისათვის დაიხარჯა 218 035 ლარის ღირებულების 3 604 მ³ საშუალო მერქანი.

საჯარო სკოლების გათბობასთან (ზამთრის სეზონის მზადებასთან) დაკავშირებული პრობლემების გადასაჭრელად საჭიროა, ერთი მხრივ, თითოეული სკოლისათვის დადგენილი ლიმიტის ფარგლებში შეძენილი საშუალო მერქნის არსებული მარაგების ეფექტურად გამოყენება და ამ გზით მისი მოხმარების მასშტაბების შემცირება, ხოლო მეორე მხრივ საშუალო მერქნის ჩანაცვლება ალტერნატიული ბუნებრივი რესურსებითა და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით.

3.1. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი

საქართველოს რეგიონებში

ორგანული სათბობის ერთ-ერთ ალტერნატიულ სახეს წარმოადგენს ბიომასა, რომელიც განიხილება, როგორც ყოველწლიურად განახლებული ენერჯის წყარო. მსოფლიო ენერგეტიკული სააგენტოს პროგნოზით 2010 წლისთვის ევროკავშირში შემავალ ქვეყნებში, ბიომასის წილმა პირველადი ენერგომომცველების საერთო მოხმარების 9%-ს მიაღწია, ხოლო 2020 წლისთვის მსოფლიო მასშტაბით მასზე მოვა

არატრადიციული განახლებადი ენერჯის წყაროების მიერ გამოიმუშავებული ენერჯის 42-46%.

ნარჩენი ბიომასის ტერმინის ქვეშ იგულისხმება მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ორგანული ნივთიერებების ერთობლიობა, კერძოდ: მცენარეული წარმოშობის ნარჩენებს მიეკუთვნება ხეცის ნარჩენი ბიომასა (სატყეო მეურნეობის ექსპლუატაციისა და ხეცის ინდუსტრიის ნარჩენები) და სოფლის მეურნეობის მოსავლისა და აგროგადამამუშავებელი ინდუსტრიის ნარჩენები (ნამჯა, სიმინდის ტაროს ნაქურჩი, მზესუმზირის ჩენჩო, თხილის ნაჭუჭი და სხვა), ხოლო ცხოველურ ნარჩებებს მიეკუთვნება მსხვილფეხა რქოსანი საქონლის, ღორის, ცხვრის, თხისა და ქათმის ნაკელი და ექსკრემენტი.

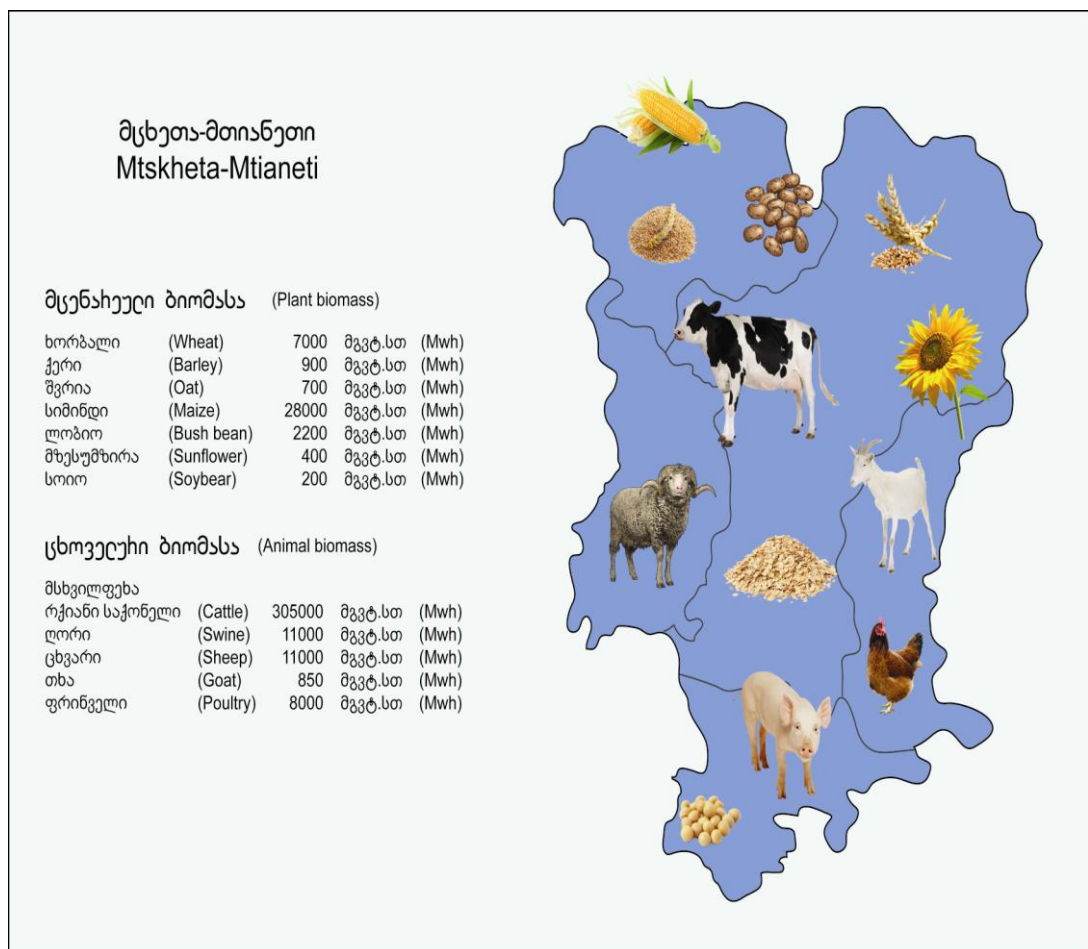
სათანადო კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ საქართველოს რეგიონში მცენარეული წარმოშობის (სიმინდი, ხორბალი, ლობიო, სოია, ქერი და შვრია) ნარჩენი ბიომასის ენერჯეტიკული პოტენციალის საშუალო წლიური მნიშვნელობა 1.1×10^6 მგვტ.სთ-ს შეადგენს, ანუ შესაძლებელია წელიწადში დაახლოებით 280 ათასი ტ ნარჩენი ბიომასის მიღება.

ნარჩენ ბიომასას გააჩნია უპირატესობების მთელი რიგი: ენერჯის განახლებადი წყაროა და ამიტომ აუმოუწურავია; გავრცელებულია ქვეყნის თითქმის მთელ ტერიტორიაზე; წიაღისეულ სათბობთან შედარებით იაფია; შესაძლებელია მისი პირდაპირი გამოყენება; შესაძლებელია მისგან ბრიკეტებისა და პელეტების დამზადება; მნიშვნელოვნად ამცირებს სათბური გაზების ემისიას; შეუძლია დიდი წვლილი შეიტანოს ენერგომომარაგებაში; ქმნის დამატებით სამუშაო ადგილებს რეგიონებში.

ნარჩენი ბიომასის ეფექტურად გამოყენების მიზნით 2012-2013 წლებში, USAID-ის მიერ დაფინანსებულ „თანამედროვე ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და განათების ინიციატივის პროექტის“ ფარგლებში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

კულტურათა ცალკეული სახეობების მიხედვით ეს მაჩვენებელი შემდეგნაირად გამოიყურება: ხორბალი – 7 000 მგვტ.სთ (1 707 ტ); ქერი 900 მგვტ.სთ (220 ტ); შვრია – 700 მგვტ.სთ (171 ტ). სიმინდი – 28 000 მგვტ.სთ (6 830 ტ); ლობიო – 2 200 მგვტ.სთ (537 ტ); მზესუმზირა – 400 მგვტ.სთ (97 ტ), სოია – 200 მგვტ.სთ (48 ტ).

მცენარეული წარმოშობის ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი კულტურათა ცალკეული სახეობების მიხედვით მცხეთა-მთიანეთის რეგიონისათვის მოცემულია ნახ.7-ზე.

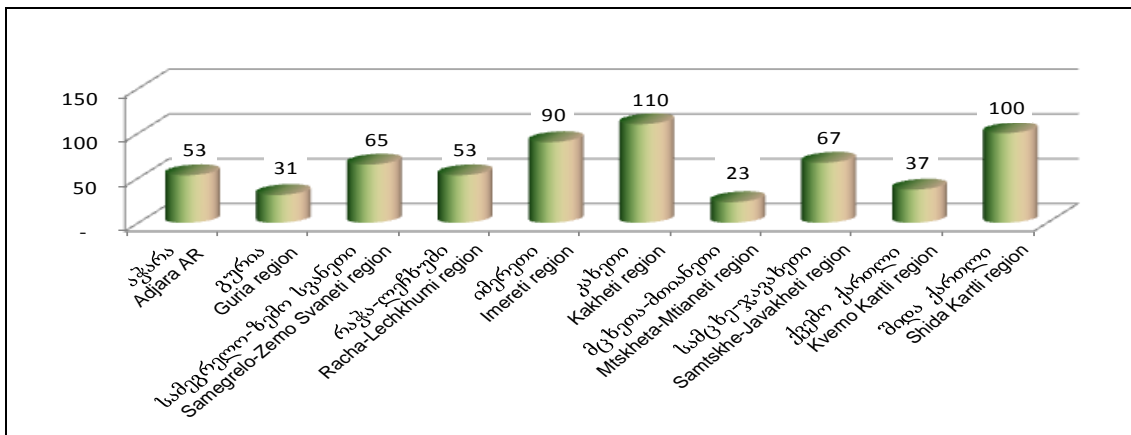


ნახ. 7. მცენარეული ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი მცხეთა-მთიანეთის რეგიონისათვის

რაც შეეხება ხეტყის ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკულ პოტენციალს, მიღებულია, რომ საქართველოს ცალკეულ რეგიონებში ენერგეტიკული მიზნებისათვის შესაძლებელია მერქნის ყოველწლიური ნამატის მაქსიმუმ

20%-ის გამოყენება. მცხეთა-თიანეთის რეგიონისათვის მერქნის ყოველწლიური ნამატი 115000 მ³-ია, ხოლო მისი ოცი პროცენტი 23000 მ³ იქნება (ნახ.8).

მერქნის სიმკვრივისა (500 კგ/მ³) და მისი დაყვანილი ენერგეტიკული პოტენციალის (3,1 კვტ.სთ/კგ) გათვალისწინებით მცხეთა-თიანეთის რეგიონში ენერგეტიკული მიზნებისათვის შესაძლებელია 11500 ტონა ხეტყის ნარჩენი ბიომასის გამოყენება, რომლის ენერგეტიკული პოტენციალი 35650 მგვტ.სთ-ს უტოლდება [22].



ნახ.8. ხეტყის ნარჩენი ბიომასა მცხეთა-თიანეთის რეგიონისათვის (ათასი მ³)

ამრიგად, მცხეთა-თიანეთის რეგიონში სოფლის მეურნეობის მოსავლისა და ხეტყის ნარჩენი ბიომასის საერთო რაოდენობა 21110 ტონას შეადგენს, რომლის ენერგეტიკული პოტენციალის საშუალო წლიური მნიშვნელობა 75650 მგვტ.სთ-ია.

საჯარო სკოლის შენობების თბომომარაგებისათვის საჭირო ენერგეტიკული პოტენციალის შესაფასებლად აუცილებელია მათი კონსტრუქციული და სითბური მახასიათებლების დადგენა, სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ და ოპტიმალური მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენება ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად.

3.2. სოფ. ნატახტრის საჯარო სკოლის ენერგოაუდიტი

USAID-ის მიერ დაფინანსებულ „თანამედროვე ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და განათების ინიციატივის პროექტის“ ფარგლებში ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად შერჩეული იქნა სოფ. ნატახტრის საჯარო სკოლა. ენერგოაუდიტის მიზანი იყო სკოლის შენობის კონსტრუქციული და სითბური მახასიათებლების დადგენა და ნარჩენ ბიომასაზე მომუშავე ქვების ტიპისა და სიმძლავრის შერჩევის მიზნით.

სკოლა მდებარეობს მცხეთა-თიანეთის რეგიონში, თბილისიდან 20-22 კმ მანძილზე. სკოლა განთავსებულია ერსართულიან, ქვისაგან აგებულ შენობაში. შენობის სიმაღლე 3,5 მ, საერთო სიგრძე 52,0 მ, ხოლო საერთო სიგანე 27,5 მ-ია. გარემოსთან საკონტაქტო კედლების ფართი (ფანჯრებისა და კარების გამოკლებით) - 390,0 მ², ფანჯრების ფართი - 118,0 მ², კარების ფართი - 18,0 მ². გასათბობი ფართი - 504 მ². შენობაში განლაგებულია 11 საკლასო ოთახი, დერეფანი, სამასწავლებლო, დირექცია, კაბინეტი, ლაბორატორია, ბუღალტერია და დამხმარე სათავსო. სკოლაში მუდმივად სწავლობს 100 მოსწავლე და მუშაობს 25 პედაგოგი. სკოლას არ გააჩნია ცენტრალური გათბობის სისტემა და გასათბობად იყენებენ კუსტარულად დამზადებულ შეშის ღუმელებს.

ენერგოაუდიტის შედეგების ანალიზისა და სათანადო გამოთვლების საფუძველზე დადგინდა, რომ საბაზისო ენერჯის კუთრი მოხმარების (შენობის ერთ კვ.მ-ზე დაყვანილი მოხმარებული ენერჯის რაოდენობა წელიწადში) მნიშვნელობა მცხეთა-თიანეთის რეგიონის საჯარო სკოლის შენობების გათბობისათვის 74 კვტ.სთ/(მ²წ)-ის ტოლია, რაც, თავის მხრივ, ამ რეგიონში არსებული ყველა საჯარო სკოლის გათბობისათვის საჭირო ენერჯის გამოთვლის საშუალებას იძლევა.

3.3. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების

შესაძლებლობა მცხეთა-თიანეთის რეგიონების საჯარო

სკოლების თბომომარაგებისათვის

ზოგადი ინფორმაცია მცხეთა-თიანეთის რეგიონის საჯარო სკოლების შენობების ფართის, აგრეთვე მოსწავლეთა და პედაგოგთა რაოდენობის შესახებ მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილში მოცემული ინფორმაცია საჯარო სკოლების ფართის შესახებ საშუალებას მოგვცემს საბაზისო ენერგიის კუთრი მოხმარების მნიშვნელობის მიხედვით განვსაზღვროთ მათი გათბობისათვის საჭირო ენერგიის რაოდენობა.

ცხრილი 11

ზოგადი ინფორმაცია მცხეთა-თიანეთის რეგიონის
საჯარო სკოლების შესახებ

№	მუნიციპალიტეტი	შენობის საერთო ფართი მ ²	მოსწავლეთა რაოდენობა	პედაგოგთა რაოდენობა
1	2	3	4	
1	დღუშეთის მუნიციპალიტეტი	36 879	2 259	746
1.1	აბანოსხევის საჯარო სკოლა	674	117	29
1.2	ანანურის საჯარო სკოლა	3413	139	26
1.3	არაგვისპირის საჯარო სკოლა	1137	188	25
1.4	არღუნის საჯარო სკოლა	186	36	9
1.5	ბაზალეტის საჯარო სკოლა	1279	118	187
1.6	ბარისახოს საჯარო სკოლა	4298	72	16
1.7	ბულაჩაურის საჯარო სკოლა	874	112	20
1.8	გრემისხევის საჯარო სკოლა	697	48	15
1.9	გრიგოლანთაქარის საჯ. სკოლა	351	49	14
1.10	გუდამაყრის საჯარო სკოლა	1554	38	20
1.11	გუდრუხის საჯარო სკოლა	283	14	13
1.12	კაიშაურების საჯარო სკოლა	302	14	8
1.13	ლამოვანის საჯარო სკოლა	250	19	15
1.14	ლაფანანთაქარის საჯ. სკოლა	1390	63	19
1.15	მალაროსკარის საჯარო სკოლა	998	62	20
1.16	მღეთის საჯარო სკოლა	450	38	19
1.17	მჭადიჯურის საჯარო სკოლა	5012	208	45
1.18	ოძისის საჯარო სკოლა	2310	93	23
1.19	პავლეურის საჯარო სკოლა	400	101	17
1.20	პირმისაანთაქარის საჯ. სკოლა	2268	87	19
1.21	საკრამულის საჯარო სკოლა	100	48	13

1.22	სამაზუროს საჯარო სკოლა	340	97	17
1.23	ქვეშეთის საჯარო სკოლა	1176	123	20
1.24	ყვავილის საჯარო სკოლა	400	21	14
1.25	შატილის საჯარო სკოლა	220	11	10
1.26	შუაფხოს საჯარო სკოლა	125	21	6
1.27	ჩარგლის საჯარო სკოლა	549	13	9
1.28	ჩირიკის საჯარო სკოლა	1353	48	14
1.29	წითლიანების საჯარო სკოლა	1180	28	13
1.30	ჭართლის საჯარო სკოლა	1472	74	23
1.31	ჭილურტის საჯარო სკოლა	589	25	10
1.32	ჭოპორტის საჯარო სკოლა	997	112	27
1.33	ხანდოს საჯარო სკოლა	252	22	11
2.	თიანეთის მუნიციპალიტეტი	16 013	1 591	284
2.1	თიანეთის №1 საჯარო სკოლა	2848	410	34
2.2	თიანეთის №2 საჯარო სკოლა	1044	129	21
2.3	ახალსოფლის საჯარო სკოლა	1560	89	21
2.4	ბოჭორმის საჯარო სკოლა	294	33	15
2.5	ზარიძეების საჯარო სკოლა	723	149	25
2.6	ნაქლაქარის საჯარო სკოლა	1036	131	23
2.7	ეგბიტის საჯარო სკოლა	994	109	20
2.8	სიმონიანთხევის საჯ. სკოლა	874	139	26
2.9	სიონის საჯარო სკოლა	1490	74	21
2.10	ტუშურების საჯარო სკოლა	1500	108	20
2.11	ღულელელების საჯარო სკოლა	1690	96	26
2.12	ჩეკურანთგორის საჯ. სკოლა	720	13	10
2.13	ხევსურთსოფლის საჯ. სკოლა	1240	111	22
3.	მცხეთის მუნიციპალიტეტი	8 116	1 734	252
3.1	ბიწმინდის საჯარო სკოლა	400	48	21
3.2	ლისის საჯარო სკოლა	392	81	21
3.3	მსხალდიდის საჯარო სკოლა	295	94	14
3.4	მუხრანის №2 საჯარო სკოლა	425	242	24
3.5	მუხრანის №3 საჯარო სკოლა	149	94	9
3.6	ნავაზის საჯარო სკოლა	655	52	17
3.7	ნიჩბისის საჯარო სკოლა	1510	195	25
3.8	ნატახტარის საჯარო სკოლა	722	136	19
3.9	პატარა ქანდას საჯარო სკოლა	470	110	21
3.10	ქსოვრისის საჯარო სკოლა	1346	188	26
3.11	ჩარდახის საჯარო სკოლა	541	70	14
3.12	ძველი ქანდას საჯარო სკოლა	470	191	21
3.13	წეროვანის №2 საჯარო სკოლა	741	233	20
	სულ რეგიონში	61 000	5 584	1 282

როგორც ცხრილი 2-დან ჩანს მცხეთა-თიანეთის რეგიონში არსებული 60 საჯარო სკოლის შენობების საერთო ფართი 61000 მ²-ს შეადგენს. ამ ფართის გათბობა წელიწადში მოითხოვს $61000 \cdot 74 = 4514$ მგვტ.სთ

ენერგიას, რაც ამ რეგიონში გამოსაყენებელი ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული მპოტენციალის (75650 მგვტ.სთ) მხოლოდ 6%-ს შეადგენს

3.4. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენება

საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში

საგანმანათლებლო დაწესებულებების კატალოგი, სკოლების მონაცემების ბაზა და სსიპ საგანმანათლებლო და სამეცნიერო ინფრასტრუქტურის განვითარების სააგენტო იძლევა სრულ მონაცემებს სკოლის შენობების ფართის, მოსწავლეთა და პედაგოგთა რაოდენობისა და სკოლის შენობის ტექნიკური მდგომარეობის შესახებ.

სტატისტიკური მონაცემები საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების შესახებ მოცემულია ცხრილში 12.

ცხრილი 12

სტატისტიკური მონაცემები საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების შესახებ

#	რეგიონი	სკოლების რაოდენობა	სავარაუდო ფართი, მ ²	საჭირო ენერგია მგვტ.სთ	მცენარული ბიომასის პოტენციალი მგვტ.სთ	პროცენტული რაოდენობა, %
1	სამეგრელო, ზემო სვანეთი	264	250 000	18 500	263 000	7.0
2	რაჭა-ლეჩხუმი, ქვემო სვანეთი	68	65 000	4 800	98 000	4.9
3	გურია	101	96 000	7 100	93 000	7.6
4	იმერეთი	401	380 000	28 000	330 000	8.5
5	სამცხე-ჯავახეთი	206	196 000	14 500	145 850	9.9
6	შიდა ქართლი	172	163 000	12 000	261 000	4,6
7	მცხეთა-თიანეთი	88	84 000	6 200	75 650	8.2
8	ქვემო ქართლი	269	255 000	18 900	172 000	11.0
9	კახეთი	193	183 000	13 500	540 000	2.5
10	აჭარა	256	243 000	18 000	102 000	17.6
	სულ	2 018	1 915 000	141 500	2 080 500	6.8

როგორც ცხრილი 12-დან ჩანს საქართველოს რეგიონებში 2018 საჯარო სკოლის სავარაუდო ფართის (1915000 მ²) გასათბობად საჭიროა 141 500 მგვტ.სთ ენერგია, ხოლო სოფლის მეურნეობის მოსავლისა და ხეტყის ნარჩენი ბიომასის საერთო ენერგეტიკული პოტენციალის საშუალო წლიური მნიშვნელობა 2080500 მგვტ.სთ-ს შეადგენს. ეს იმას ნიშნავს, რომ საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების

თბომომარაგებისათვის ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების სრული შესაძლებლობა არსებობს.

თავი მეოთხე

ნარჩენი ბიომასის წვის ოპტიმალური ტექნოლოგიების შერჩევა საქართველოს პირობებისთვის;

მცენარეული ნარჩენების ბიომასად გამოყენების პერსპექტივების შესაფასებლად, გარდა ენერგეტიკული პოტენციალისა და თბოტექნიკური მახასიათებლების დადგენისა, აუცილებელია მისი დაწვის ოპტიმალური ტექნოლოგიებისა და რეჟიმების შერჩევა. კონკრეტული ტექნოლოგიის შერჩევა უნდა ეფუძვნებოდეს ეკონომიკურ გაანგარიშებებს, საცეცხლე მოწყობილობის კონსტრუქციისა და სათბობის მომზადების ღირებულების გათვალისწინებით

რადგან სხვადასხვა მცენარეული ნარჩენები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან თავისი ფიზიკო-მექანიკური თვისებებით, ამიტომ საცეცხლე მოწყობილობების დაპროექტების დროს ამ თვისებების გათვალისწინება აუცილებელია.

ამ მიზნით, სადისერტაციო ნაშრომში განხილულ იქნა სამეშე მერქნისა და ბიოსათბობის წვის შესაძლო ვარიანტები. განხილვას დაექვემდებარა წვის შემდეგი ტექნოლოგიები: ბიოსათბობის წვა შრისებრ საცეცხლეებში, საცეცხლეებში ცირკულირებადი-მდულარე შრით და კომბინირებული საცეცხლე მოწყობილობებში, სადაც მცენარეული ნარჩენების წვის პროცესის ორგანიზება შესაძლებელი იქნება როგორც სტაციონალური მდულარე ან ცირკულირებადი მდულარე შრის, ისე მკვრივი შრის (სათბობის წინასწარი მომზადების გათვალისწინებით) ტექნოლოგიებით.

4.1. მცენარეული ნარჩენების წვა მდულარე შრეში

სათბობის წვის შრისებრი ხერხით, მკვრივ შრეში, ცეცხლრიკებიან ცხაურაზე ისეთი წვრილმანის დაწვა, როგორცაა მზესუმზირის ჩენჩო,

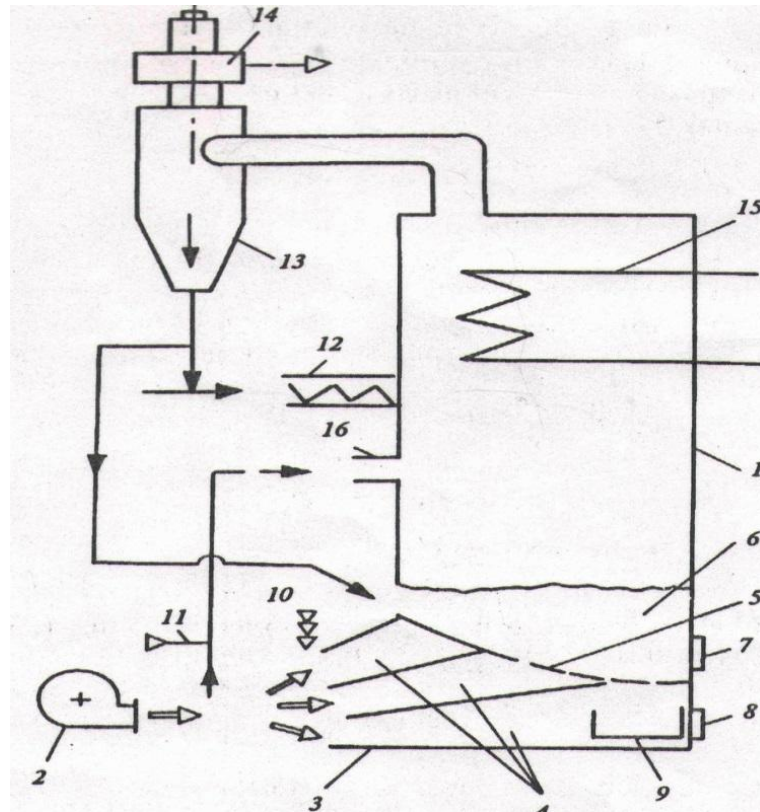
მარცვლოვანი კულტურების გადამუშავების ნარჩენები და სხვ. საკმაოდ რთულია. ამასთან გარდაუვალია სითბოს დიდი დანაკარგები ჩაცვენით, წატაცებით და სათბობის დაუწვავი ნაწილით.

ბოლო დროს მსოფლიო პრაქტიკაში დაბალკალორიული წვრილფრაქციული სათბობების დასაწვავად ფართო გამოყენება ჰპოვა საცეცხლეებმა ცირკულირებადი-მდუღარე შრით. სათბობის წვის ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა შევამციროთ საცეცხლე კამერის ზომები წვის აირადი ნაწარმის ისეთი სიჩქარის შერჩევის გზით, რომელიც აღემატება სათბობის მდგენელი წვრილმანის ასვლით-ჩამოვარდნითი მოძრაობის სიჩქარეს. შესაძლებელია აგრეთვე წვის რეაქციის ზონაში სათბობის ყოფნის დროის გახანგრძლივება, რაც მისი კმაწვის საშუალებას იძლევა [23].

საზღვარგარეთის ქვეყნებში სხვადასხვა საცდელ-სამრეწველო დანადგარებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზი საშუალება გვაძლევს შეიქმნას ისეთი კომბინირებული საცეცხლე მოწყობილობები, სადაც მცენარეული ნარჩენების (მათ შორის სილფიას ბიომასის) წვის პროცესის ორგანიზება შესაძლებელი იქნება როგორც სტაციონალური მდუღარე ან ცირკულირებადი მდუღარე შრის, ისე მკვრივი შრის (სათბობის წინასწარი მომზადების გათვალისწინებით) ტექნოლოგიებით. ამ დანადგარების სითბური სიმძლავრე 0,2-1,5 მგვტ-ის ტოლი იქნება, ხოლო მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობა 72-81%-ს მიაღწევს [24]. ერთ-ერთი ასეთი დანადგარის კონსტრუქციული სქემა მოცემულია ნახ. 9-ზე.

ჰაერგამანაწილებელი ცხაურა სექციებად არის დაყოფილი: ორი ზედა სექცია ჩაცვენის გარეშეა, ხოლო ქვედაში დაშვებულია ჩაცვენა, რაც ნაცრის გამოტანისა და მისი გამოკვლევის საშუალებას იძლევა. თბოგადამცემი მილოვანია. საცეცხლე მოწყობილობის კორპუსი განივი კვეთით 1.1x1.0 მ ამოგებული წითელი აგურით, წვის ზონა დაფარულია შამოტით, წვის კამერის თავისუფალი კვეთი შეადგენს $0.75 \times 0.75 = 0.56 \text{ მ}^2$.

კორპუსი აღჭურვილია სამზერი ფანჯრებით და თერმოწყვილებით. ექსპერიმენტის მსვლელობისას დანადგარზე იზომებოდა: ტემპერატურა არხის სიმაღლის მიხედვით, თბოგადამცემის წინ და შემდეგ, ციკლონამდე და მის შემდეგ, წნევის ვარდნა სიმაღლის მიხედვით, ჰაერისა და სათბობის ხარჯები, წვის ნაწარმის შედგენილობა, რისთვისაც გამოიყენებოდა გაზოანალიზატორები.



ნახ. 9. საცეცხლე მოწყობილობის კონსტრუქციული სქემა
 1-კორპუსი; 2,14-ვენტილატორები; 3-დიფუზორი; 4-საჰაერო არხები;
 5-ჰაერმანაწილებელი ცხაურა; 6-მდულარე შრე; 7,8-ლუკები; 9-სანაცრე ყუთი;
 10,11-სარქველები; 12-ჩასატვირთი შნეკი; 13-ციკლონი; 15-თბოგადამცემი; 16-მეორადი
 ჰაერის მილყელი

საცეცხლე მოწყობილობის მუშაობა ხორციელდებოდა შემდეგნაირად: ცხაურაზე თავსდება ცეცხლის გასაჩაღებელი ინერტული მასალა, რომელსაც მოუკიდებენ ცეცხლს. შემდეგ ცხაურქვეშა ღრუში ქვედა საჰაერო სარქველის საშუალებით მიეწოდება პირველადი ჰაერის ნომინალური რაოდენობის 20-30% და პერიოდულად ირთვება ჩამტვირთი შნეკი. ამის შემდეგ პირველადი შებერვა ხორციელდება

ყველა საჭაერო არხიდან და სათბობის, ნაცრისა და ინერტული მასალისაგან იქმნება 0.3-0.5 მ სიმაღლის მდულარე შრე.

საცდელ-სამრეწველო საცეცხლე მოწყობილობის ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 13.

ცხრილი 13

საცდელ-სამრეწველო საცეცხლე მოწყობილობის ტექნიკური მახასიათებლები

#	ტექნიკური მახასიათებლები	განზომილება	სიდიდე
1	თბური სიმძლავრე	მვტ	0,2_0,5
2	სათბობის უდაბლესი წვის სითბო	მჯ/კვ	8,5_15,5
3	ცხაურას ფართობი	მ ²	0,82
4	ცხაურას სექციების რაოდენობა	ცალი	3
5	სათბობის ხარჯი	კვ/სთ	40_130
6	ჰაერის მიწოდება <ul style="list-style-type: none"> • წვაზე • თბომცვლელებში 	მ ³ /სთ:	2000 7500
7	თბომცვლელების ზედაპირი	მ ²	30
8	დანაკარგები წარმავალი აირებით	%	15
9	დანაკარგები ქიმიურად არასრული წვის შედეგად	%	1_2
10	დანაკარგები მექანიკურად არასრული წვის შედეგად	%	0,2_8,0
11	დადგმული სიმძლავრე	კვტ	10
12	გაბარიტები	მ	3x2x4
13	მქ კოეფიციენტი	%	72_81

ცდები ჩატარდა შემდეგი ვარიანტების მიხედვით:

ვარიანტი 1 - სტაციონალური მდულარე შრეში წატაცებული ნაწილაკების შრეში დაუბრუნებლად; ვარიანტი 2 - ციკლონში დაჭერილი წატაცებული ნაწილაკების დაბრუნებით დანადგარის ზემო ნაწილში (საწვავთან ერთად მიწოდება) ვარიანტი 3 - ციკლონში დაჭერილი წატაცებული ნაწილაკების დაბრუნებით მდულარე შრის ზედა ნაწილში (მეორადი შებეგასთან ერთად მიწოდება)

გამოყენებული მცენარეული ნარჩენები - მზესუმზირის ჩენჩო და ბალახის ღეროები – ხასიათდებიან წვრილი ნაწილაკების მაღალი შემადგენლობით.

საცერზე მთლიანი ნარჩენის განსაზღვრის განტოლებაში

$$R_{\delta} = \exp(-\delta/\delta_0)^2, \tag{6}$$

სადაც δ არის სათბობის მდგენელი ნაწილაკების რეალური ზომა; δ_0 – ნაწილაკების მახასიათებელი ზომა, ჩვეულებრივ $\delta_0=1.7-2.4$ მმ; $n=0,35$ – მზესუმზირის ჩენჩოს პოლიდისპერსიულობის მაჩვენებელი; ბალახის ღეროების მახასიათებელი სიგრძე შედგენს 40 ± 5 მმ, ექვივალენტური დიამეტრი 3,6 მმ და პოლიდისპერსიულობის მაჩვენებელი $n=8$ 10.

მექანიკურად დაუწვავი ნაწილების მნიშვნელობა დანადგარის გამოსასვლელში, გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$q_4 = G_{წატ} * Q_{წატ} * \Gamma_{წატ} / (BQ_{უდ}^d), \quad (7)$$

სადაც, $G_{წატ}$ – წატაცებული ნაწილაკების რაოდენობა; $Q_{წატ}$ – წატაცებულ ნაწილაკებში წვადი მასის წვის სითბო (ნორმატიული მეთოდის თანახმად ის მიღებულია სუფთა ნახშირბადის წვის სითბოს ტოლად); $\Gamma_{წატ}$ - წვადი მასის შემცველობა წატაცებულ ნაწილაკებში; B – სათბობის ხარჯი. $Q_{უდ}^d$ -ის მნიშვნელობა მოიძებნება მენდელეევის ფორმულით.

წვის სარკის თბური დაძაბულობა q_f განისაზღვრება საწვავის ხარჯის მიხედვით, მკტ/მ²

$$q_f = (BQ_{უდ}^d / F_s) / (1 - q_4 / 100), \quad (8)$$

სადაც F_s – წვის სარკის ფართობი მ²

4.2. მზესუმზირის ჩენჩოს დაწვა

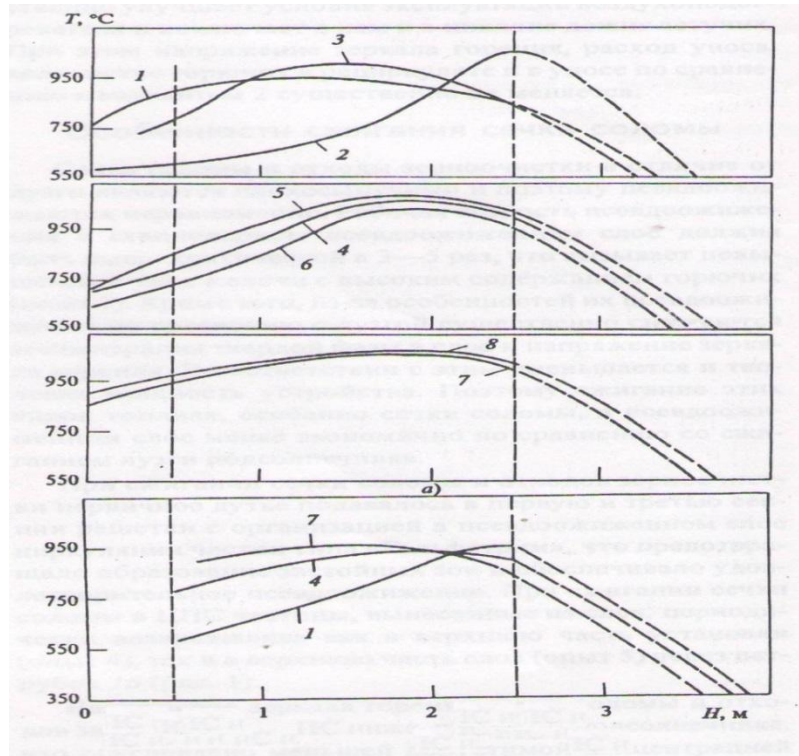
ცდებში 1 და 3 მთელი ჰაერის მთლიანი რაოდენობა მიეწოდება პირველადი შებერვის სახით (პირველ ცდაში ჰაერის დიდი სიჭარბით). ამ შემთხვევაში აქროლადების ძირითადი ნაწილი იწვის შრის მოცულობაში მისი ზედაპირების უშუალო სიახლოვეს, მაქსიმალური ტემპერატურა

მიიღწევა ცხაურადან 1.5-1.8 მეტრ სიმაღლეზე, შემდეგ მდოვრედ მცირდება, ხოლო ჰაერშემთბობის შესასვლელზე სწრაფად მცირდება (ნახ. 10). ჰაერის ნაკლები სიჭარბის დროს (ცდა 3) წვის მეტი წილი გადადის შრისზედა სივრცეში, ამასთან წვადი მასის შემცველობა წატაცებულ ნაწილაკებში იზრდება. ცდაში 2 ორგანიზებულია ჩენჩოს ორსაფეხურიანი წვა (35% მეორეული ჰაერის მიწოდებით). ამასთან ტემპერატურა შრეში შეადგენს დაახლოებით 550°C და მასში მიმდინარეობს სათბობის პიროლიზი აქროლადების შენელებული გამოსვლით. აქროლადების კმაწვა შეიმჩნევა ჰაერშემთბობის გამოსასვლელზე, ხოლო შრის თავზე აღინიშნება ტემპერატურის პიკი – დაახლოებით 1050°C წვის აღნიშნული რეჟიმი არასასურველია ჰაერშემთბობის თბოგადამცემი ზედაპირის შესაძლო კოროზიის, წატაცებულ ნაწილაკებში წვადი მასის დიდი შემცველობისა და აზოტის ჟანგეულების კონცენტრაციის გაზრდის გამო.

მდულარე შრეში მზესუმზირის ჩენჩოს დაწვისას (ცდები 1-3) დანადგარის თბური სიმძლავრე N შეადგენდა 0.3-0.42 მვტ მაშინ, როდესაც ფსევდოგათხევადების მუშა სიჩქარე საშუალოდ 2-2.5-ჯერ აღემატებოდა კრიტიკულ სიჩქარეს მსხვილი ნაწილაკების მიხედვით.

α -ს გაზრდით ნაწილაკების წატაცება მცირდება. ცდებით დადასტურდა აგრეთვე წვის სარკის დამაბულობის ზრდა და წვადი მასის შემცველობის შემცირება წატაცებულ ნაწილაკებში, რაც ნაწილობრივ მეტყველებს საცეცხლე მოწყობილობის მუშაობის ეფექტურობაზე $\alpha \approx 1.5$ პირობებში. აქვე უნდა აღვნიშნოს, რომ პირველი შებერვის სიჭარბის შემცირება (ერთზე ნაკლები), იწვევს ჩენჩოს გაზიფიკაციას მდულარე შრეში და აქროლადების კმაწვას შრისზედა სივრცეში. მაგრამ გაზიფიკაციის ეს რეჟიმი არ არის რაციონალური, რადგან ის ანელებს აქროლადების გამოსავლიანობას წატაცებული ნაწილაკებიდან და იწვევს წვის რეჟიმის არასტაბილურობას შრისქვედა სივრცეში. არის საფუძველი ვივარაუდოთ რომ შებერვის ნაწილობრივი გადანაწილება პირველადი ჰაერის სიჭარბის

გაზრდით $\alpha > 1$ -მდე, საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ ნაწილაკების წატაცება და მათში აქროლადების რაოდენობა.



ნახ.10. ტემპერატურის ცვლილება საცეცხლე მოწყობილობის ღერძის გაწვრივ მხესუმზირის ჩენჩოსა (ა) და დანაწავრებული ნამჯის (ბ) მდულარე შრეში წვის დროს (მრუდებთან არსებული ციფრები შეესაბამება ექსპერიმენტის ნომერს)

ამრიგად, სტაციონალურ მდულარე შრეში ჩენჩოს წვის რეჟიმების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ამ შემთხვევაში წვის სარკის დაძაბულობა სხვა დაბალკალორიული სათბობის წვასთან შედარებით (მაგ. ტორფის ნაწილები ან მურა ნახშირი) საკმაოდ დაბალია, ხოლო ნაწილაკების წატაცება და მათში აქროლადების შემცველობა მომატებული. ეს კი იძლევა იმის საფუძველს, რომ გამოვიყენოთ წვის ცირკულირებადი მდულარე შრის რეჟიმი, რომელიც წარმატებით დაინეგა საზღვარგარეთის პრაქტიკაში, მათ შორის დაბალკალორიული სათბობის სხვადასხვა სახეებისათვის.

ცირკულირებად მდულარე შრეში წვის დროს (ცდები 4-6), შრისზედა სივრცეში გამოტანილი წატაცებული ნაწილაკები, წვის აირადი ნაწარმის ნაკადთან ერთად, გაივლიან თბოგადამცემს და

გადადიან ციკლონში. აქ შეკავებული (დაჭერილი) ნაწილაკები პერიოდულად კვლავ უბრუნდებიან საცეცხლე მოწყობილობის ზედა ნაწილს სათბობთან ერთად, ანუ განიცდიან ცირკულაციას. წატაცებული ნაწილების ცირკულაციის ორგანიზება წვის აირადი ნაწარმის, სათბობის მიწოდებისა და წვის სარკის დამაბულობის გაზრდის საშუალებას იძლევა, რასაც საბოლოო ჯამში საცეცხლე მოწყობილობის თბური სიმძლავრის გაზრდაც მოსდევს. ამის გარდა, შეინიშნება კოკსის ნარჩენების უფრო სრული წვა, რაც ძირითადად მდულარე შრესა და შრისზედა სივრცეში ტემპერატურის ზრდასა და გათანაბრებას უკავშირდება. მაგრამ, ციკლონში დაჭერილი წატაცებული ნაწილაკების დანადგარის ზემო ნაწილში დაბრუნებისას (საწვავთან ერთად მიწოდება, ვარიანტი 2) იზრდება ტემპერატურა შრისზედა სივრცეში, რაც აუარესებს თბოგადამცემის ექსპლუატაციის პირობებს, მაღალტემპერატურიან გარემოსთან მისი სიახლოვის გამო.

ცირკულირებად მდულარე შრეში სათბობის დაწვისას, როდესაც ციკლონში დაჭერილი წატაცებული ნაწილაკების დაბრუნება მდულარე შრის ზედა ნაწილში ხდება (ვარიანტი 3, ცდა 7 და 8) შეინიშნება ტემპერატურის აწევა მდულარე შრეში და მისი დაწევა სათბობის შემოსვლის არეში, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს თბოგადამცემის ექსპლუატაციის პირობებს და გამორიცხავს მასში და ციკლონში აქროლადების კმაწვას. ამასთანავე, წვის სარკის დამაბულობა, ნაწილაკების წატაცება და მათში წვადი მასის შემცველობა ვარიანტ 2-თან შედარებით მნიშვნელოვნად არ იცვლება.

4.3. დანაწევრებული ნამჯის (ჩალის) წვის თავისებურებები

დანაწევრებული ნამჯა (ჩალა) და მარცვლეულის გადამუშავების ნარჩენები ჩენჩოსაგან განსხვავებით ნაკლებად ფხვიერია და ამიტომ მათი ფსევდოგათხევადება არათანაბრად მიმდინარეობს.

ფსევდოგათხევალების მუშა სიჩქარე სტაციონალურ მდულარე შრეში 3-5-ჯერ უნდა აღემატებოდეს კრიტიკულს, რაც იწვევს ნაწილაკების წატაცებას მათში წვადი მასის დიდი შემცველობით (ცდა 1). გარდა ამისა, მათი ფსევდოგათხევალების თავისებურების გამო, ჩენჩოსგან განსხვავებით, მნიშვნელოვნად მცირდება მყარი ფაზის კონცენტრაცია მდულარე შრეში და წვის სარკის დაძაბულობა. შესაბამისად მცირდება საცეცხლე მოწყობილობის თბური სიმძლავრეც. ამიტომ ამ სახის სათბობის დაწვა სტაციონალურ მდულარე შრეში, განსაკუთრებით დანაწევრებული ნამჯისა, ნაკლებად ეკონომიურია მზესუმზირის ჩენჩოსთან შედარებით.

მზესუმზირის ჩენჩოსა და დანაწევრებული ნამჯის წვის ძირითადი პარამეტრები მოცემულია ცხრილში 14.

ცხრილი 14

მზესუმზირის ჩენჩოსა და დანაწევრებული ნამჯის წვის ძირითადი პარამეტრები

პარამეტრები	ცდების ნომერი							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	I ვარიანტი			II ვარიანტი			III ვარიანტი	
წვის სარკის დაძაბულობა q_f , მგტ/მ ²	0.78/0.42	-/0.6	-/0.55	1.3/0.9	-/1.6	-/1.2	-/1.6	-/1.5
ჰაერის სიჩქარე α	1.5/1.5	-/1.1	-/1.3	1.6/1.5	-/1.8	-/1.1	1.5/1.2	-/1.45
მეორადი ჰაერის წილი, %	%	-/35	-/0	20/20	-/15	-/30	%	-/40
ცირკულაციური მასალის ხარჯი, კგ/სთ	-	-	-	60/30	-/140	-/70	50/40	-/58
მექანიკური დანაკარგები, %	4/8	-/8	-/7	-/2	-/1.5	-/1.0	1.0/1.5	-/1.5
საწვავის შემადგენლობა, % : ცირკულაციურ მასალაში	-----	----	----	2/3	-/1	-/4	2/3	-/2
გატაცებულ ნაწილებში	2/10	-/3	-/4	0.5/1.5	-/0	----	2/3	-/2
გაზების სიჩქარე, მ/წმ	0.4	-/0.35	-/4.3	0.49/1.3	-/0.5	-/0.45	0.52/1.3	-/0.5

შენიშვნა: მრიცხველში - მზესუმზირის ჩენჩო; მნიშვნელში - დანაწევრებული ნამჯა

დანაწევრებული ნამჯის ცირკულირებად მდულარე შრეში დაწვისას მდულარე შრიდან წატაცებული ნაწილაკები პერიოდულად უბრუნდებოდნენ როგორც დანადგარის ზედა ნაწილს, ისე შრისზედა სივრცეს მილყელის 16 გავლით.

დანაწევრებული ნამჯისა და მარცვლეულის ნარჩენების ფსევდოთხევად შრეში დაწვის დროს წვის სარკის დამაბულობა მზესუმზირის ჩენჩოსთან შედარებით დაბალია, რაც აიხსნება ფსევდოთხევად შრეში მკვრივი ფაზის ნაკლები დასაშვები კონცენტრაციით.

დანაწევრებული ნამჯის ცირკულირებად მდულარე შრეში წვის დროს მნიშვნელოვნად უმჯობესდება საცეცხლე მოწყობილობის მაჩვენებლები როგორც წვის სარკის დამაბულობის, ისე წატაცებული ნაწილაკებისა და მათში წვადი მასის შემცველობის მიხედვით (ცხრ 14). მიახლოებითი შედეგებია მიღებული ასევე გადამუშავებული მარცვლეულის ნარჩენების წვის დროს სტაციონალურ მდულარე და ცირკულირებად მდულარე შრეებში.

ტემპერატურის განაწილება საცეცხლე მოწყობილობის სიმაღლის მიხედვით დანაწევრებული ნამჯის ფსევდოთხევადების სხვადასხვა რეჟიმებში წვის დროს, მოცემულია ნახ. 10ბ-ზე. წატაცებული ნაწილაკების დაბრუნების დროს დანადგარის ზედა ნაწილში (ცდა - 4) და შრისზედა სივრცეში (ცდა - 7) ტემპერატურული ველი თანაბრდება და პიკები სწორდება .

მზესუმზირის ჩენჩო შეიძლება დაიწვას როგორც სტაციონალურ ფსევდოთხევად, ისე ცირკულირებად ფსევდოთხევად შრეებში, მაგრამ საცეცხლე მოწყობილობის თბოტექნიკური მაჩვენებლები ცირკულირებად ფსევდოთხევად შრეში უფრო მაღალია. პირველ შემთხვევაში მქ კოეფიციენტი არ აღემატება 72, მეორე შემთხვევაში კი – 81%-ს აღწევს და არსებობს რეზერვები მისი კიდევ უფრო მეტად ამაღლებისა. დანაწევრებული ნამჯისა და გადამუშავებული

მარცვლეულის ნარჩენების დაწვა სტაციონალურ ფსევდოთხევად შრეში ნაკლებად ეკონომიურია მზესუმზირის ჩენჩოს დაწვისთან შედარებით (წვის სარკის დაძაბულობის დაბალი მაჩვენებლები, წატაცებული ნაწილაკებისა და მათში წვადი მასის შემცველობის გაზრდილი მნიშვნელობები) ცირკულირებადი ფსევდოთხევადი შრის გამოყენება მათი დაწვისათვის მნიშვნელოვნად ზრდის დანადგარის თბოტექნიკურ მაჩვენებლებს. მაგრამ გასათვალისწინებელია, რომ ამ ტექნოლოგიის გამოყენება ართულებს და აძვირებს საცეცხლე მოწყობილობას და მისი გამოყენება მიზანშეწონილია, უპირველეს ყოვლისა, მაღალი მწარმოებლურობის დანადგარებში (1-1.5-მგვ-ზე მეტი), რომლებზედაც შეიძლება მიღწეულ იქნას მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტი. შედარებით დაბალი მწარმოებლურობის დანადგარებისათვის წვის სარკის დაძაბულობა (მქ კოეფიციენტი) შეიძლება ავამაღლოთ სათბობის წინასწარი მომზადების გზით, მაგალითად, მისი სეპარაციით.

მცენარეული ნარჩენების დაწვისას საცეცხლე მოწყობილობებში ფსევდოთხევადი შრის ტექნოლოგიით სითბოს დანაკარგი მექანიკური არასრული წვის შედეგად q_4 მნიშვნელოვანია, რაც გამოიხატება წატაცებული წვადი ნაწილაკების თბომცვლეულში მოხვედრით. ამ დანაკარგის შემცირებისათვის და დანადგარის ეფექტურობის ამაღლებისათვის გამოკვლეული იქნა დამოკიდებულება q_4 და α -ს შორის.

საერთოდ, სითბოს დანაკარგი მექანიკური არასრული წვის შედეგად განპირობებულია დანაკარგებით წიდაში და დანაკარგებით სათბობის წატაცებული დაუწვავი ნაწილაკებით. მათ შორის ძირითადია დანაკარგები წატაცებული დაუწვავი ნაწილაკებით.

სამუშაო [24]-ში შემოთავაზებულია ამ დანაკარგების გამოსათვლელი ფორმულა:

$$q_4 = [G_1 q_{(1)} + G_2 q_{(2)}] F_r Q_k / (Q_H B), \quad (9)$$

სადაც G_1 და G_2 – წატაცებული ნაწილაკების პოლიდესპერსული და მონოდისპერსული მყარი ფაზების ნაკადის კუთრი მდგენელები; $q_{(1)}$ და $q_{(2)}$ – წატაცებული ნაწილაკების პოლიდესპერსული და მონოდისპერსული წილები; Q_j - კოქსის წვის სითბო (32.56 მგჯ/კგ); F_j - კამერის განივი კვეთის ფართი.

ამ განტოლების ამოხსნისას $q_{(1)}$ და $q_{(2)}$ ასე განსაზღვრავენ [4]:

$$q_{(1)}=100y^x d \delta; \quad q_{(2)} =100(\delta^m/\delta_t)^3 \quad (10)$$

სადაც, y^x - ნარევის სამარცვლე მახასიათებელია; m – კოეფიციენტი; δ_t – სათბობის მოლივლივე ნაწილაკის დიამეტრი.

აღნიშნულ სამუშაოში [24] q_4 -სა α -ს შორის დამოკიდებულება დადგენილია იმ დაშვებით, რომ სათბობის ნაწილაკების დიამეტრი დაწვის დროს თითქმის არ იცვლება, მაგრამ იცვლება მისი სიმკვრივე აქროლადების დაწვის გამო. ამ მეთოდით ანგარიში იძლევა q_4 -ის მომატებულ მნიშვნელობას (განსაკუთრებით მზესუმზირის ჩენჩოსათვის). ეს იმით აიხსნება, რომ ნაწილაკების სიმკვრივის ცვლილებასთან ერთად იცვლება მათი ფორმაც, რაც იწვევს მისი შეტივტივის სიჩქარის უფრო სწრაფ შემცირებას, სამუშაოში [23] მოცემულ სიჩქარესთან შედარებით.

წატაცებული ნაწილაკების მონოდისპერსული ნაწილის მექანიკურად არასრული წვა $q_{(2)}$ განისაზღვრება აპარატის შრისზედა სივრცეში ამ ნაწილის წვის განტოლების ამოხსნით როცა საწყისი პირობებია $h=0$, $\delta^m = \delta_t$ [5], სადაც h არის მანძილი ცხაურას დონიდან თბომცვლელამდე. ალებული ნაწილაკების ფორმისა და ზომების ცვლილებებს ითვალისწინებენ წვის დროს ნაწილაკების დიამეტრის ცვლილების კორექტირების გზით ტოდესის ფორმულაში:

$$Re_t=Ar/(18+0.6\sqrt{Ar}),$$

სადაც Re_t , Ar - რეინოლდსისა და არქიმედეს რიცხვებია.

ამ ფორმულის საფუძველზე გამოანგარიშებული $q_{(1)}$ და $q_{(2)}$ მნიშვნელობები საშუალებას იძლევა მივიღოთ q_4 ზუსტი დამოკიდებულება და α -საგან საცეცხლე მოწყობილობისათვის, სადაც მანძილი ცხურადან თბომცვლელამდე 2.5 მ-ია.

ამ ანგარიშების ცდომილებამ ექსპერიმენტთან შედარებით შეადგინა 19%. მიღებული დამოკიდებულება გვიჩვენებს, რომ α -ს გაზრდით q_4 მცირდება. ეს ძალზე მნიშვნელოვანია, იმიტომ, რომ ნახშირბადოვანი ფოლადისაგან დამზადებული თბომცვლელის ექსპლუატაციის საიმედოობის თვალსაზრისით, წვის აირადი ნაწარმის ტემპერატურა მის გამოსასვლელზე არ უნდა აღემატებოდეს $850^{\circ}C$ და შესაბამისად, საცეცხლე მოწყობილობის მუშაობა უნდა განხორციელდეს α -ს გაზრდილი მნიშვნელობით.

მცენარეული ნარჩენების წვა სტაციონალურ ფსევდოთხევად შრეში ხასიათდება წატაცებული ნაწილაკების მნიშვნელოვანი რაოდენობით (8%-მდე) და მათში წვადი მასის მნიშვნელოვანი შემცველობის (10%-მდე), ხოლო წვის სარკის დამაბულობა შედარებით დაბალია – არაუმეტეს 0.78 მგვტ/მ². ცირკულირებად ფსევდოთხევად შრეში ამ ნარჩენების დაწვისას, როდესაც რეცირკულაციის კოეფიციენტი 1.3...1.6-ის ტოლია, წატაცებული ნაწილაკების რაოდენობა 2–3 ჯერ, ხოლო მათში წვადი მასის შემცველობა 4–6 ჯერ მცირდება. ამავდროულად იზრდება წვის სარკის დამაბულობა 2-ჯერ უფრო მეტად.

საბოლოოდ, ბიოსათბობის წვის შესაძლო ვარიანტების განხილვამ გვიჩვენა, რომ წვრილდისპერსიული მცენარეული ნარჩენები, როგორცაა მზესუმზირის ჩენჩო, დანაწევრებული ნამჯა (ჩალა), მარცვლეულის გადამუშავების ნარჩენები და სხვ. მიზანშეწონილია დაიწვას სტაციონალურ მდულარე ან ცირკულირებად მდულარეშიან საცეცხლე

მოწყობილობებში (გასათვალისწინებელია, რომ ცირკულირებად მდულარემრიანი საცეცხლე მოწყობილობების მქ კოეფიციენტი რამდენადმე მაღალია, მაგრამ ასევე მაღალია მისი ტექნოლოგიის სირთულე და ღირებულება).

მსხვილდისპერსიული მცენარეული ნარჩენები (სიმინდის ნაქურჩი, სიმინდისა და მზესუმზირის დანაწევრებული ღეროები, ბრიკეტები) სასურველია დაიწვას მკვრივ შრეში ორსაფეხურიანი ტექნოლოგიის მიხედვით და წინასწარი პიროლიზით. რაც შეეხება წვრილი და მსხვილდისპერსიული მცენარეული ნარჩენების გაზიფიკაციას, მისი განხორციელება შესაძლებელია როგორც მდულარე, ისე მკვრივ შრეში.

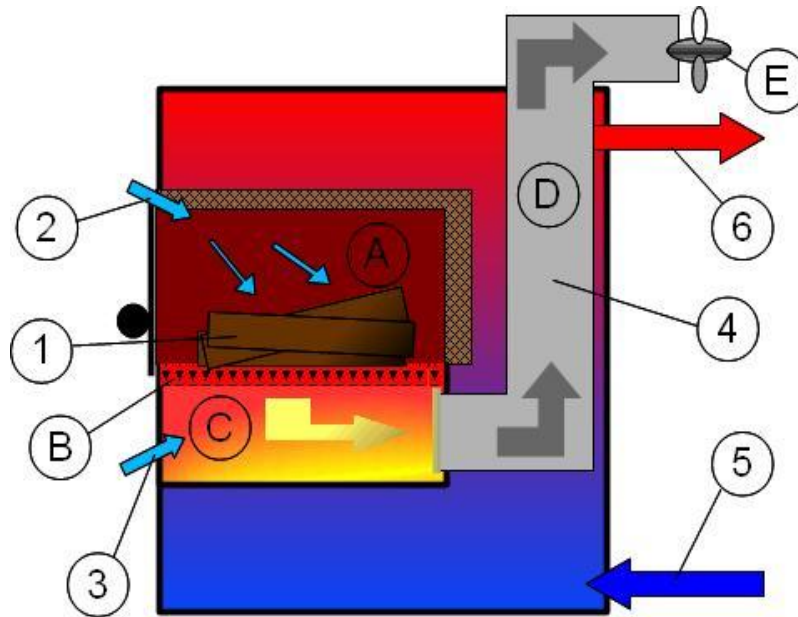
4.4. პიროლიზური ქვაბები

დღეისათვის საშუალო მერქნისა და მცენარეული წარმოშობის ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის ეფექტურად გამოყენების ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებად ითვლება პიროლიზური ქვაბების დანერგვა საყოფაცხოვრებო სექტორში.

პიროლიზური ქვაბების მოქმედების პრინციპს საფუძვლად უდევს მყარი სათბობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თბოტექნიკური მახასიათებელი ე.წ. „აქროლად ნივთიერებათა გამოსავლიანობა“, რომელიც განისაზღვრება ჰაერზე გამომშრალი სათბობის სინჯის გახურებით უჰაერო გარემოში 800-850°C ტემპერატურის დროს. სათბობის გახურებისას მიმდინარეობს ნახშირწყალბადების თერმული დაშლა, რომლის დროსაც გამოიყოფა როგორც საწვავი აირები (წყალბადი, ნახშირჟანგი), ისე უწყავი აირები - ნახშირორჟანგისა და წყლის ორთქლის სახი, ანუ მიმდინარეობს პიროლიზის პროცესი.

პიროლიზურ ქვაბებში საშუალო მერქანი თავსდება ჰერმეტიკულად დახურულ ზედა კამერაში, სადაც შემხერი ვენტულატორის საშუალებით მიეწოდება წვისათვის საჭირო ჰაერის მხოლოდ ნაწილი (პირველადი

ჰაერი), რაც პიროლიზის პროცესის განხორციელებასა და გენერატორის გაზის წარმოქმნას განაპირობებს. მიღებული გენერატორის გაზი გადადის ქვედა კამერაში, სადაც მას ემატება მეორადი ჰაერი და იწვის მაღალი ტემპერატურის (1200°C) პირობებში. წვის აირადი ნაწარმის სითბო გადაეცემა წყალს (ნახ.11).



ნახ. 11. პიროლიზური ქვაბის სქემა

- 1 - სათბობი, 2 - პირველადი ჰაერი, 3 - მეორეული ჰაერი, 4 - წვის აირადი ნაწარმი, 5 - ცივი წყლის მიწოდება, 6 - ცხელი წყლის გამოსვლა, A - გაზიფიკაციის კამერა, B - ცხაურა, C - წვის კამერა, D - აირსადენი, E – კვამლსაწოვი

პიროლიზური ქვაბები უზრუნველყოფენ სათბობის სრული წვისა და წვის პროცესის რეგულირების შესაძლებლობას, რაც მისი მუშაობის ეკონომიურობის გარანტიას იძლევა. სათბობის ორსაფეხუროვანი წვა და მაღალი ტემპერატურა წვის კამერაში მნიშვნელოვნად ამცირებს მავნე ნივთიერებების გამობოლქვას ატმოსფეროში. პიროლიზური ქვაბის მუშაობის ავტომატური მართვის შესაძლებლობა, მსგავსად ბუნებრივ გაზზე ან თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბებისა, მნიშვნელოვნად აადვილებს მის ექსპლუატაციას.

დღეისათვის ბაზარი წარმოდგენილია სხვადასხვა წარმოების საყოფაცხოვრებო პიროლიზური ქვაბებით: Dakon (ჩეხეთი), Atmos (ჩეხეთი, ნახ. 12), Viessmann (გერმანია), Eko-Vimar Orlandi (პოლონეთი) და სხვ.



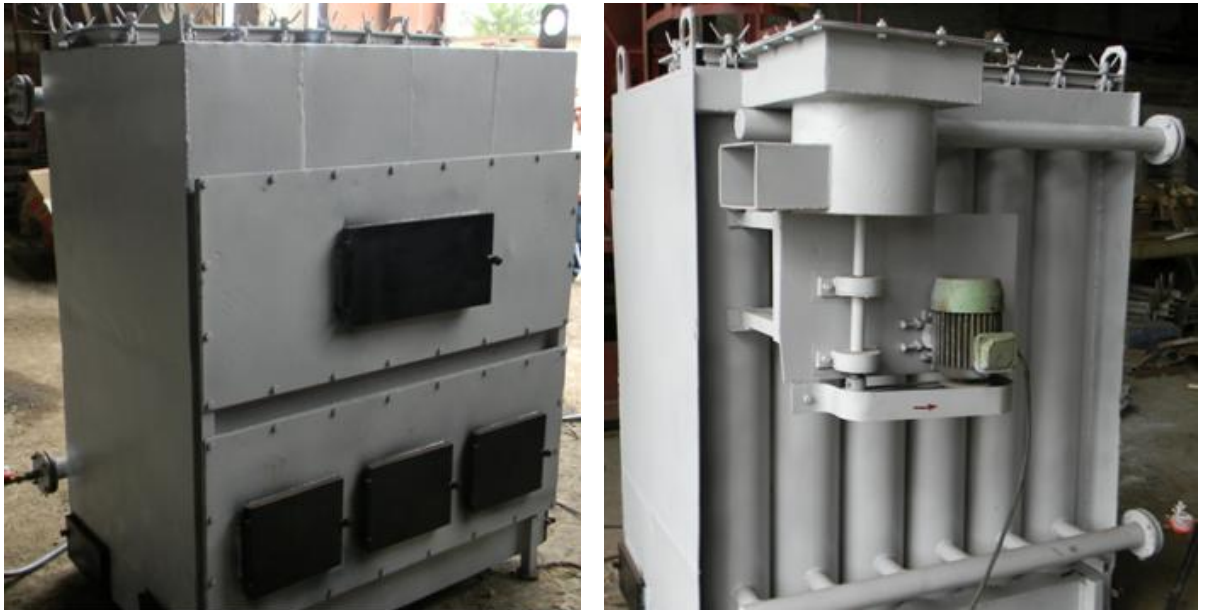
ნახ. 12. საყოფაცხოვრებო პიროლიზური ქვაბი Atmos (ჩეხეთი)

პიროლიზური ქვაბების სუსტ მხარედ ითვლება მისი მუშაობის დამოკიდებულება სათბობის ტენიანობისადმი - 20-25%-ზე მეტი ტენიანობის მქონე სათბობის გამოყენების შემთხვევაში ქვაბის სიმძლავრე მკვეთრად ეცემა და შესაძლებელია მისი გაჩერებაც კი. სუსტი მხარეა, აგრეთვე, მისი შედარებით მაღალი ფასი.

4.4.1. სამამულო წარმოების პიროლიზური ქვაბი

ნარჩენი ბიომასის წვის ოპტიმალური ტექნოლოგიების შერჩევის პროცესში ჩვენი არჩევანი შეჩერდა საქართველოს ტექნიკური

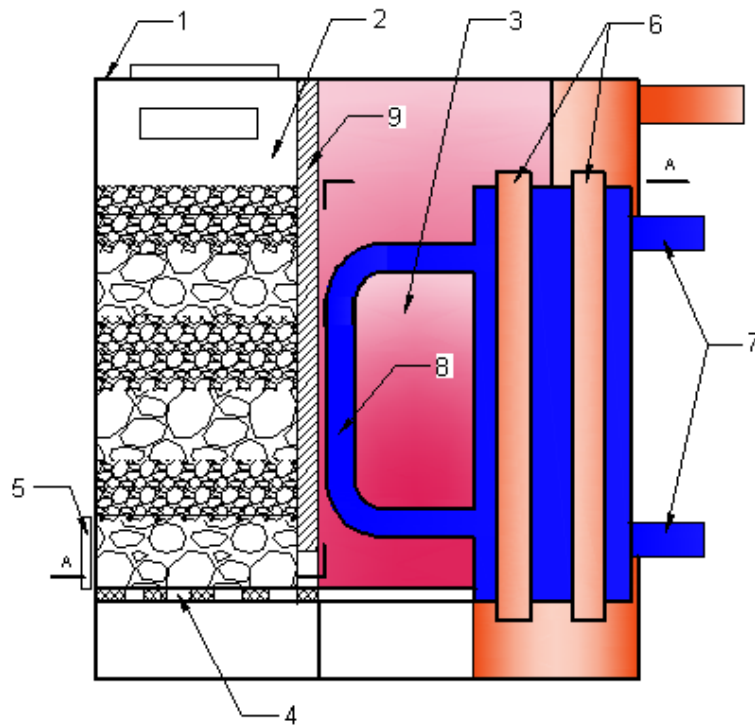
უნივერსიტეტის პროფ. ნ.ქევიშვილის ავტორობით შექმნილ სამამულო წარმოების პიროლიზურ ქვაბზე, რომელიც დამზადებულია სააქციო საზოგადოება „სარინის“ მიერ რუსთავის ლითონთა კონსტრუქციების ქარხანაში (ნახ.13). ქვაბმა უკვე გაიარა სამწლიანი წარმატებული აპრობაცია სოფ. ნატახტარის საჯარო სკოლაში [22].



ნახ. 13. პროფ.ნ.ქევიშვილის პიროლიზური წყალსატობი ქვაბი

ქვაბის პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ.14-ზე. ის წარმოდგენილია ორ ნაწილად გაყოფილ თბოიზოლირებული კორპუსით 1, რომლის ერთ ნაწილში განთავსებულია საწვავის ბუნკერი 2 ცხურით 4 და წვისათვის საჭირო ჰაერის მისაწოდებელი ფანჯარა 5, ხოლო მეორე ნაწილში - საცეცხლე 3 და წყალგამაცხელებელი მილთა კონა 6, რომელიც ქვაბის კონვექციურ ნაწილს ქმნის. მილები ერთმანეთთან შეერთებულია ცხელი და ცივი წყლის კოლექტორებით 7. წვის კამერის მხრიდან კონვექციური ნაწილის მილთა კონებზე მიერთებულია დამატებითი მილთა სისტემა 8, რომელიც სითბოს რადიაციით ღებულობს. ამრიგად, წყალი ცხელდება როგორც კონვექციური თბოგაცემის, ისე რადიაციის გზით. ქვაბის კორპუსის ორი ნაწილი ერთმანეთისაგან გაყოფილია სითბოტევადი

მაღალტემპერატურული ცეცხლგამძლე მასალის (თუჯის) ტიხრით 9. წყალგამაცხელებელი ქვაბის მთელი გარე პერიმეტრი და ზედა მხარე იზოლირებულია თბოსაიზოლაციო ფილებით (ფიბრობეტონის ფილებით) რაც უზრუნველყოფს ქვაბის ჰერმეტიულობას.



ფიგ1 ქვაბის ტიხრი გვერდში

ნახ. 14. პიროლიზური წყალსატობი ქვაბის პრინციპული სქემა

ბიოსატობს (სხვადასხვა ბიომასის ნარჩენი, ბრიკეტები, პელეტი, შეშა) ათავსებენ ბუნკერში, სადაც ის ცხელდება 300°C-ზე მეტ ტემპერატურამდე, რასაც პიროლიზის პროცესი მოსდევს. ბიომასის გაცხელება ხდება, ერთი მხრივ, მაღალტემპერატურული ცეცხლგამძლე გამყოფი ტიხრიდან მიღებული რადიაციული სითბოს, ხოლო მეორე მხრივ, რეციკულაციური ნამწვი აირების სითბოს ხარჯზე, რომლებიც ზემოდან ქვევით მოძრაობით გაივლიან სატობის ბუნკერში მოთავსებულ ბიომასის შრეებს.

მიღებული პილორიზული აირი ქვაბში შეწოვილ ატმოსფერულ ჰაერთან შერევის შემდეგ იწყებს ინტენსიურ წვას საცეცხლე კამერაში. წვის პროცესი მიმდინარეობს არა ნაკლებ 1000°C ტემპერატურაზე, რაც

უზრუნველყოფს რადიაციული თბოგადაცემის ინტენსიურობას საცეცხლეში განლაგებულ წყალგამაცხელებელ მილებზე. წვის აირადი ნაწარმის (კვამლის აირების) ერთი ნაწილი, ორსვლიანი მოძრაობით, გაივლის კონვექციური მილების კონას და კვამლმწოვის საშუალებით გამოიტყორცნება ატმოსფეროში. მეორე ნაწილი კი, რეცირკულაციის გზით კვლავ უბრუნდება ბუნკერში მოთავსებულ ბიოსათბობს.

პიროლიზური ქვების მუშაობის ავტომატური მართვის შესაძლებლობა მნიშვნელოვნად აადვილებს მის ექსპლუატაციას. ამავე დროს მნიშვნელოვნად გაიზრდება საჯარო სკოლების შენობების ენერგოეფექტურობა, ეკოლოგიური უსაფრთხოება და კომფორტულობა, რაც შენობის ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის დიზაინის სფეროში მნიშვნელოვან ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ ცვლილებებს შეიტანს. ამ ქვების დანერგვა დიდ როლს შეასრულებს, აგრეთვე, საქართველოს რეგიონებში არატრადიციული და განახლებადი ტექნოლოგიების პოპულარიზაციის საქმეში.

4.5. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოება

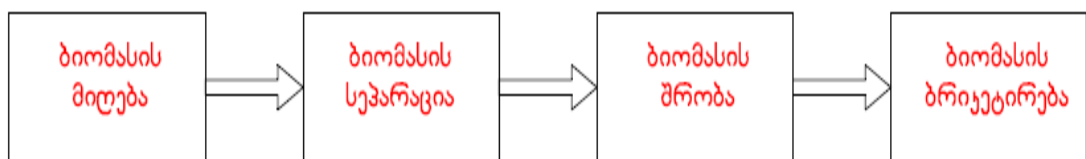
ბრიკეტირების პროცესი, როგორც ნარჩენი ბიომასის ტექნოლოგიური და ეკოლოგიური მაჩვენებლების რადიკალურად გაუმჯობესების საშუალება, სულ უფრო და უფრო მეტ ყურადღებას იქცევს სპეციალისტთა მხრიდან.

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების ენერჯის გამოყენება საქართველოსათვის, როგორც იმპორტირებულ ენერჯიაშემცველებზე ორიენტირებული ქვეყნისათვის, განსაკუთრებით აქტუალურია. ის არა მარტო ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წინაპირობაა, არამედ უშუალოდ არის დაკავშირებული წიაღისეულ სათბობზე მოთხოვნისა და შესაბამისად „სათბურის გაზების“ რაოდენობის შემცირებასთან.

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტის, ისევე როგორც საშემე მერქნის , დაწვის სითბო ანუ თბოუნარიანობა დამოკიდებულია მათ ტენიანობაზე - რაც ნაკლების ტენიანობა, მით მეტია მათი დაწვის სითბო. განსხვავებით საშემე მერქნისა, რომლის ტენიანობა 30-50%-ს აღწევს, ბრიკეტის ტენიანობა არ აღემატება 8-12%-ს, ამიტომ ის ხასიათდება მაღალი თბოუნარიანობით, რომელიც 16 000-18 000კჯ/ჯგ-ს უტოლდება. შესაბამისად მაღალია მისი ენერგეტიკული პოტენციალიც - 4.4-5.0 კვტ.სტ/კგ.

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების გამოყენების კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობაა, მათი მაღალი სიმკვრივე და სტანდარტული კონფიგურაცია, რაც ძალზე აადვილებს მათ ტრანსპორტირებასა და დასაწყობების პროცესს.

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების საწარმოო ტექნოლოგიური ხაზი მოიცავს: მიმღებ ხვიმირას, სეპარატორს, საშრობს, კონვეიერს და წნებს. ნარჩენი ბიომასა თავსდება მიმღებ ხვიმირაში, საიდანაც გადამტანი ელევატორის საშუალებით მიეწოდება სეპარატორს. სეპარაციის შემდეგ ბიომასა გადადის საშრობში, სადაც შრება მოცემულ ტენიანობამდე. გამომშრალი ბიომასა კონვეიერის საშუალებით გადაადგილდება წნების მიმღებ ბუნკერში, საიდანაც ხდება მისი უწყვეტი მიწოდება წნებში (ნახ.15.)

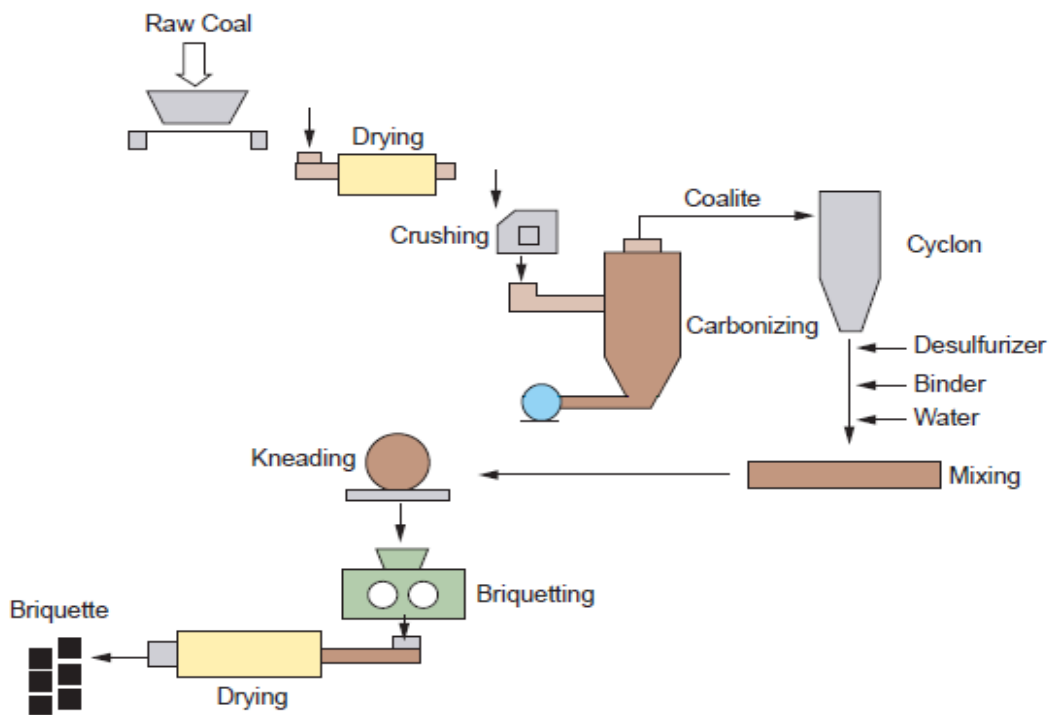


ნახ.15. ბრიკეტირების ტექნოლოგიური პროცესის თანმიმდევრობა

ტექნოლოგიური პროცესში ყველაზე მნიშვნელოვანი ეტაპებია ბიომასის გამომშრობა დაახლოებით 10 - 12%-მდე და დაწნეხვა. დაწნეხვის პროცესზე დიდ მნიშვნელობას ახდენს ბიომასის დისპერსიულობა, რადგან ნედლეულის ფრაქციის ზომებთან ერთად იცვლება ბრიკეტირების პროცესის რეჟიმული პარამეტრები, ხოლო შრობის პროცესზე ნედლეულის

დისპერსიულობასთან ერთად მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნედლეულის ენდემურობა - წარმომავლობა [25].

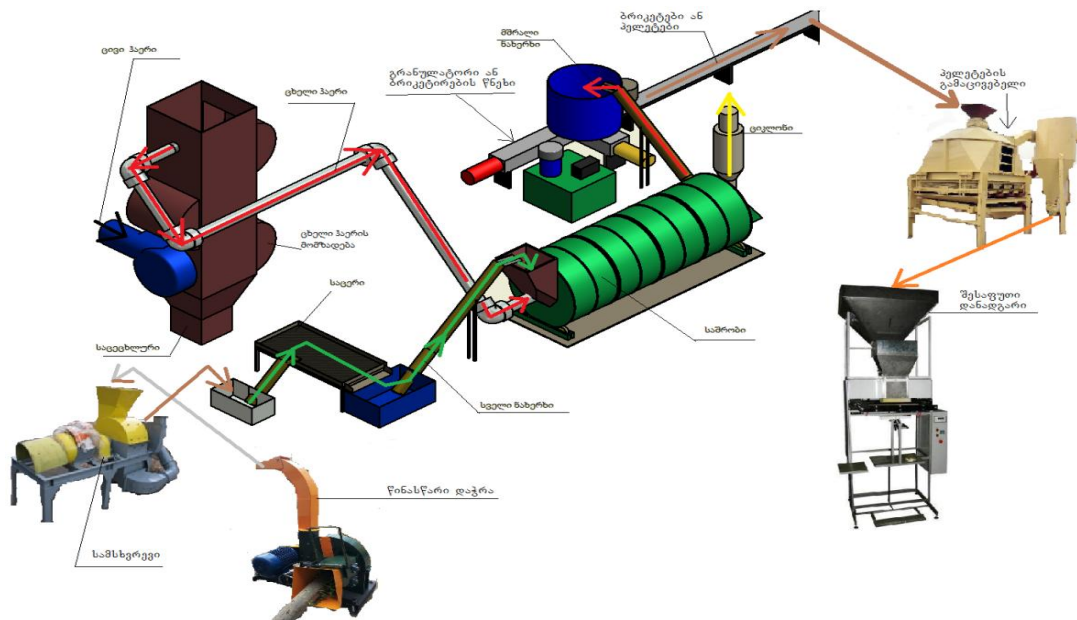
ამ ფაქტორების გათვალისწინებით, ბრიკეტების ტექნოლოგიური ხაზისათვის შემუშავებულია მრავალი სხვადასხვა ტიპის და ქმედების საწნები დანადგარები. აღნიშნული დანადგარების მრავალფეროვნება განპირობებულია იმით, რომ პრაქტიკულად ბრიკეტების და პელეტების პროცესის დროს წარმოქმნილი რეჟიმული პარამეტრები მნიშვნელოვნად იცვლება (ნახ.16).



ნახ.16. ბრიკეტების წარმოების სქემა

ტექნოლოგიური ხაზები გვხვდება, როგორც უწყვეტი, ასევე პერიოდული ქმედების, შესაბამისად ტექნოლოგიურ ხაზში შემავალი დანადგარები კლასიფიცირდებიან უწყვეტი და პერიოდული ქმედების მანქანებად. საწნები მანქანა - დანადგარები, კონსტრუქციების მიხედვით ძირითადად გვხვდება სამი ტიპის, ესენია: შნეკური ტიპის, დოლური ტიპის და დგუმისებური ტიპის, თითოეულ მათგანს გააჩნია თავისი დადებითი

და უარყოფითი მხარეები, რაც შესაბამისად გავლენას ახდენს მთლიანი ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობაზე (ნახ.17).



ნახ. 17. ბრიკეტების საწარმოო ტექნოლოგიური ხაზი.

დღეისათვის დასასრულს უახლოვდება მუშაობა მობილური, 500 კგ/სთ მწარმოებლურობის, ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების საწარმოო ტექნოლოგიური ხაზის შექმნაზე, რომლის ამოქმედების შემდეგ შესაძლებელი იქნება ყოველდღიურად ვაწარმოთ 10-12 ტ ბრიკეტი უშუალოდ ნარჩენი ბიომასის მოპოვების ადგილზე, რაც მკვეთრად შეამცირებს პროდუქციის თვითღირებულებას (ცნობილია, რომ ბრიკეტების დამზადებისას თვითღირებულების ხარჯებში ძალზე დიდია ბიომასის ტრანსპორტირებაზე გაწეული დანახარჯები);

ამავე დროს, საფუძველი ჩაეყრება საქართველოსათვის მეტად მნიშვნელოვან ახალ ინდუსტრიას - ნარჩენი ბიომასის დამზადების, მისგან ბრიკეტების წარმოებისა და ბრიკეტების გამოყენების ერთიან სისტემას, რაც საშუალებას მოგვცემს, გარკვეული მასშტაბით, უარი განვაცხადოთ ბუნებრივი გაზის გამოყენებაზე და ტყის მასივების გაჩეხვა-განადგურებაზე, ეფექტურად გამოვიყენოთ განახლებადი ენერჯის

წყროების ენერგეტიკული პოტენციალი და შევქმნათ დამატებითი სამუშაო ადგილები.

თავი მეხუთე

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოება და მისი გამოყენება ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლების თბომომარაგების სისტემებში

2014 წლის აპრილში ქ.ქუთაისში ჩატარდა მუნიციპალური და სხვა შენობების (მათ შორის სკოლები) ენერგომომარაგების ინვენტარიზაცია და წინასწარი კვლევა არსებულ შენობებში თბომომარაგების, კონდენცირებისა და ცხელი წყლით მომარაგების ენერგოეფექტურობაზე. კვლევამ აჩვენა, რომ მიუხედავად გატარებული ღონისძიებებისა ქ.ქუთაისის შენობების სექტორი წარმოადგენს ენერგიის კარგვის ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან წყაროს. ამ შენობების დიდი ნაწილი აშენებულია საბჭოთა პერიოდში, მაშინდელი დაბალი სტანდარტებით და მათი უმეტესობა ოდნავადაც არ პასუხობს ენერგიის დაზოგვის მოთხოვნებს: ღია სადარბაზოები, თხელი კედლები, დაზიანებული კარკასი, ერთმაგი შემინვის ხის ფანჯრები, შენობის სითბური წინაღობის კოეფიციენტისა და ექსტერიერის თბოდაცვითი მახასიათებლების დაბალი მნიშვნელობები. ეს არის არასრული ჩამონათვალი იმ ხარვეზებისა, რის გამოც ასეთ შენობებში დიდია ენერგიის დანაკარგები.

გარდა ამისა, კვლევამ აჩვენა, რომ აღნიშნული შენობების თბომომარაგების პროცესში, საერთოდ არ განიხილება ელემენტარული ენერგომენეჯმენტი, რომ არაფერი ითქვას თანამედროვე ენერგოდამზოგი და განახლებადი ტექნოლოგიების გამოყენებაზე. შენობების გათბობა-გაგრილებისათვის და ცხელი წყლის მისაღებად გამოიყენება ელექტროენერგია, ბუნებრივი და თხევადი აირი, დიზელის საწვავი და საშეშე მერქანი.

ქ.ქუთაისში არსებულ შენობა-ნაგებობათა რიცხვს მიეკუთვნება 38 საჯარო სკოლა, რომლებსაც საერთო ჯამში 187 555 მ² ფართობი უჭირავთ

ვინაიდან ნორმატიული დოკუმენტების თანახმად ყველა საჯარო სკოლა უნდა აკმაყოფილებდეს სტანდარტულ მოთხოვნებს შენობების კონსტრუქციისადმი, ბუნებრივი და ხელოვნური განათებისადმი, სანიტარიულ-ტექნიკური მოწყობილობისადმი და სითბურ-საჰაერო რეჟიმისადმი, ქალაქის მერიის საბინაო-კომუნალური სამსახურის რეკომენდაციით ენერგოაუდიტისათვის შერჩეული იქნა №40 საჯარო სკოლა. როგორც ყველაზე ტიპიური.

5.1. ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლის ენერგოაუდიტის შედეგები



ნახ. 18. ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლის შენობა (ნიკეას მე-2 შესახვევი №22)

ყოველწლიურად დაზოგილი ენერგორესურსების რაოდენობრივი შეფასება მოითხოვს სკოლის შენობის კონსტრუქციული და სითბური მახასიათებლების დადგენას, შემომზღვედი კონსტრუქციების, მათი თბოიზოლაციის, აგრეთვე, შენობების გათბობის, ვენტილაციის, კონდიციონირების, წყალმომარაგების, განათების და სხვა სისტემების არსებული ტექნიკური მდგომარეობის დეტალურ შესწავლას, შეფასებასა და ანალიზს, სტატისტიკური მონაცემები შეგროვებას შენობის მიერ

მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ და ოპტიმალური მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენებას ენერგოაუდიტის ჩასატარებლად.

ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლა განთავსებულია ოთხსართულიან, ბლოკით აგებულ შენობაში და წარმოდგენილია ერთმანეთთან გადასასვლელით დაკავშირებული ორი კორპუსით. შენობა აგებულია 1989 წელს, მისი გასათბობი საერთო ფართი 5 680 მ²-ია, ხოლო იატაკისა და ჭერის ფართი - 1 420 მ². გარემოსთან საკონტაქტო კედლების საერთო ფართი - 1 925 მ²-ია (აქედან, ჩრდილოეთი კედელი - 790 , აღმოსავლეთი კედელი - 205, სამხრეთ კედელი - 725 და დასავლეთ კედელი - 205 მ²), ორმაგი შემინვის მეტალოპლასტმასის ფანჯრების საერთო ფართი - 633 მ² (აქედან, ჩრდილოეთ კედელზე - 230, აღმოსავლეთ კედელზე - 54, სამხრეთ კედელზე - 295 და დასავლეთ კედელზე - 54 მ²). შენობის საერთო მოცულობა შეადგენს 17 000 მ³-ს.

შენობაში ყოველდღიურად იმყოფება 730 მოსწავლე 50 პერსონალი. შენობის გასათბობად გამოიყენება ბუნებრივ აირზე მომუშავე ორი წყალგამაცხელებელი ქვაბი. გათბობის სეზონი 15 ნოემბრიდან 15 აპრილამდე გრძელდება. სკოლის შენობას ცხელი წყლით მომარაგების სისტემა არ გააჩნია. განათების სისტემა წარმოდგენილია 60 და 100 ვატიანი ვარვარა ნათურებით. მოთხოვნა განათების სისტემაზე 4 ვტ/მ²-ია, მუშაობის პერიოდი 10 სთ/კვირა და 39 კვირა/წელი. სხვა ელექტრომოწყობილობის საშუალო მოთხოვნა შეადგენს 6 ვტ/მ², მუშაობის პერიოდი 90 სთ/კვირა და 39 კვირა/წელი.

ენერგოაუდიტის დროს მოპოვებული ინფორმაციის ანალიზი ქუთაისის №40 საჯარო სკოლაში ენერგოდაზოგვის შესაძლო ღონისძიებების დასახვის და მათი რეალიზების შედეგად მიღებული დანაზოგების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. ეს ღონისძიებებია:

- შენობის სახურავის თბოიზოლაცია;
- ენერგოეფექტური ნათურების დაყენება.

შენობის სახურავის თბოიზოლაციის გაუმჯობესება შედარებით ხელმისაწვდომი ღონისძიებაა, რომელიც ზოგავს საკმაოდ დიდ სითბურ ენერგიას, მით უმეტეს, რომ შენობა ძველი, საბჭოთა სტანდარტებით არის აშენებული.

ენერგოეფექტური ნათურების დაყენება გულისხმობს ქვეყანაში გავრცელებული არაეფექტური ვარვარების ნათურების შეცვლას თანამედროვე ენერგოეფექტური ნათურებით. გავრცელებული ვარვარების ნათურა, რომელიც დაბალი ენერგოეფექტურობის გამო ბევრ ელექტროენერგია მოიხმარს და გამოყენების ვადაც დაბალი აქვს.

ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლაში ენერგოდაზოგვის ფაქტობრივი პოტენციალი, რომელიც შეფასებულია ენერგოაუდიტის ჩატარების ზემოთ მოყვანილი ოპტიმალური მეთოდებისა და პროგრამული უზრუნველყოფის ფორმატის გამოყენებით, მოცემულია ცხრილში 15.

ცხრილი 15

ენერგორესურსებისა და ემისიის დანაზოგი ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლაში

1	ენერგიის სახეები	ენერგია			ემისია			
		საბაზისო	დანაზოგ	დანაზოგ	ნორმა	საბაზის	დანაზოგი	დანაზოგი
		კვტ.სთ/წ	კვტ.სთ/წ	%	კვ/კვტ.სთ	ტ/წ	ტ/წ	%
2	გაზი	60 552	11 778	-	0,202	12,23	2,37	19,45
	ელენერგია	19 755	3 390	-	0,136	2,68	0,46	17,16
	ჯამი	80 307	15 168	19.00	-	14,91	2,84	19,03

როგორც ცხრილიდან ჩანს, საჯარო სკოლაში ყოველწლიურად შეიძლება დაიზოგოს 15 168 კვტ.სთ ენერგია, რაც საბაზისო ენერგომოხმარების (80 307 კვტ.სთ/წლ) 19%-ს შეადგენს. შესაბამისად, ყოველწლიურად 2.84 ტონით შეიძლება შემცირდეს ნახშირორჟანგის ემისიაც, რაც საბაზისო ემისიის (14.91 ტ/წლ) 19.03%-ის ტოლია.

ენერგოაუდიტის მონაცემების ანალიზისა და სათანადო გამოთვლების საფუძველზე დადგინდა, აგრეთვე, კუთრი ენერგოდაზოგვის ეტალონური მნიშვნელობა ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლებისათვის, რომელიც 2.78 კვტ.სთ/(მ²წლ)-ის ტოლია. აქედან, 2.00 კვტ.სთ/(მ²წლ) მოდის გათბობაზე და 0.78 კვტ.სთ/(მ²წლ) - ელექტრომომწოდებლობებზე.

ენერგორესურსებისა და ემისიის დანაზოვის ფაქობრივი პოტენციალი ქ.ქუთაისში არსებული ყველა საჯარო სკოლისათვის მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 16.

ენერგორესურსებისა და ემისიის დანაზოვი ქ.ქუთაისის ყველა საჯარო სკოლისათვის

ენერჯის ხარჯები	ე ნ ე რ გ ი ა		ე მ ი ს ი ა			
	საბაზისო	დანაზოვი	ნორმა	არსებული	დანაზოვი	დანაზოვი
	კვტ.სთ/წ	კვტ.სთ/წ	კვ/კვტ.სთ	ტ/წ	ტ/წ	%
სკოლებისთვის						
1. გათბობაზე	1856794,5	375110	0,202	375,07	75,77	20,20
2. ელექტრო მოწყობილობებზე	656442,5	146293	0,136	89,28	19,90	22,29
ჯამი	2513237	521403		464,35	95,67	20,60

ცხრილი 16-დან ჩანს, რომ ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლებში ენერგოდამზოვი ღონისძიებების (შენობის სახურავის თბოიზოლაცია და ენერგოეფექტური ნათურების დაყენება) განხორციელების შედეგად შესაძლებელია ყოველწლიურად დაიზოგოს 521 403 კვტ.სთ ენერჯია, რაც საბაზისო ენერგომომხმარების (2 513 237 კვტსთ/წლ) 21%-ს შეადგენს. შესაბამისად, 20.60%-ით (96.00 ტ/წლ) შემცირდება ნახშირორჟანგის (CO₂-ის) ყოველწლიური გამონაბოლქვი.

5.2. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების გამოყენება ქ.ქუთაისის

საჯარო სკოლების თბომომარაგებისათვის

როგორც ცხრილი 11-დან ჩანს ქ.ქუთაისში არსებული 38 საჯარო სკოლის 187 555 მ² საერთო ფართის მქონე შენობების გათბობის სისტემა წელიწადში მოითხოვს 1 856 795 კვტ.სთ ენერჯიას. ამ შემთხვევაში ბუნებრივი გაზის წლიური ხარჯი იქნება:

$$1\ 856\ 795 / (8 * 0.9) = 257\ 888\ მ^3,$$

სადაც, 8 კვტ.სთ/მ³ არის ერთი კუბ.მ ბუნებრივი აირის ენერგეტიკული პოტენციალი, ხოლო 0,9 - თბოგენერატორის მქ კოეფიციენტი.

ბუნებრივი გაზის ტარიფის (0.75 ლარი/მ³) გათვალისწინებით მისი წლიური ღირებულება შეადგენს

$$257\ 888 \times 0.75 = 193\ 416 \text{ ლარს,}$$

ხოლო CO₂-ის წლიური ემისია

$$1\ 856\ 795 \times 0.202/1000 = 375.1 \text{ ტ-ს}$$

5.2.1. საჯარო სკოლის შენობების სხვენის თბოიზოლაცია

ენერგოაუდიტის დროს მოპოვებული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლის შენობების ენერგოეფექტურობის ამაღლების მიზნით აუცილებელია განხორციელდეს ენერგოდამზოგი ღონისძიებები შენობის სხვენის თბოიზოლაციისა და ენერგოეფექტური ნათურების დაყენების სახით. ამავე დროს, ბუნებრივ გაზზე მომუშავე გათბობის სისტემას უნდა ჩაენაცვლოს ენერგიის განახლებად წყაროზე, კერძოდ ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემა.

საჯარო სკოლის შენობების სხვენის თბოიზოლაცია შედარებით ხელმისაწვდომი ღონისძიებაა, მაგრამ ზოგადას საკმაოდ დიდ სითბურ ენერგიას. ჩასატარებელი ღონისძიება ითვალისწინებს სხვენის თბოგადაცემის კოეფიციენტის შემცირებას 1.8 -დან 0.6 ვტ/მ² K-მდე. ამ შემთხვევაში, ENSI საკვანძო რიცხვების კომპიუტერული პროგრამით გამოთვლილი ყოველწლიურად დაზოგილი ენერგიის რაოდენობა 375 111 კვტ.სთ-ს ტოლი იქნება (ცხრილი 16). ენერგიის ამ რაოდენობის შესაბამისი ბუნებრივი გაზის ხარჯი იქნება

$$375\ 111 / (8 \times 0.9) = 52\ 099 \text{ მ}^3/\text{წ.}$$

გაზის ღირებულების გათვალისწინებით მისი წლიური ღირებულება შეადგენს:

$$52\ 099 \times 0.75 = 39\ 074 \text{ ლარს,}$$

ხოლო CO₂-ის ყოველწლიური ემისია

$$375\ 11 \cdot 0.202/1000 = 75.8 \text{ ტ/წ-ს.}$$

ე.ი. ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლის შენობების სხვენის თბოიზოლაციით ყოველწლიურად შეიძლება დაიზოგოს 375 111 კვტ.სთ ენერგია, 52 099 მ³ ბუნებრივი აირი, 39 074 ლარი და 75.8 ტ ემისია.

5.2.2. საჯარო სკოლის შენობების გათბობის სისტემაში ბუნებრივი გაზის ჩანაცვლება ბიომასით

ენერგოდამზოგი ღონისძიებების ჩატარებამდე ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლის შენობების გათბობის სისტემა წელიწადში მოითხოვდა 1 856 795 კვტ.სთ ენერგიას. შენობების სხვენის დათბუნების შემდეგ დაზოგილი 375 111 კვტ.სთ ენერგიის გათვალისწინებით გათბობის სისტემა მოითხოვს $1\ 856\ 795 - 375\ 111 = 1\ 481\ 684$ კვტ.სთ ენერგიას.

ბუნებრივი გაზის წლიური ხარჯი ამ შემთხვევაში იქნება:

$$1\ 481\ 684 / (8 \cdot 0.9) = 205\ 789 \text{ მ}^3/\text{წ.}$$

ბუნებრივი გაზის ტარიფის გათვალისწინებით მისი წლიური ღირებულება შეადგენს

$$205\ 789 \cdot 0.75 = 154\ 341 \text{ ლარს,}$$

ხოლო CO₂-ის ემისია

$$1\ 481\ 684 \cdot 0.202/1000 = 299.3 \text{ ტ/წ.}$$

ნარჩენი ბიომასის სოლიდური რაოდენობის არსებობა იმერეთის რეგიონში (75-80 ათასი ტონა ნარჩენი ბიომასა) ადგილობრივი წარმოების ბიოსაწვავის ფართომასშტაბიანი გამოყენების საშუალებას იძლევა. კერძოდ, ზემოთ აღწერილი მობილური 500 კგ/სთ მწარმოებლურობის ბრიკეტების საწარმოო ტექნოლოგიური ხაზის გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია

ყოველდღიურად მინიმუმ 3-4 ტონა ბიომასის ბრიკეტის დამზადება, რაც მთლიანად დააკმაყოფილებს საჯარო სკოლების მოთხოვნილებებს (დღეში დაახლოებით 2.5-3.0 ტონა).

ქ.ქუთაისის 38 საჯარო სკოლის შენობის გასათბობად ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების გამოყენების შემთხვევაში მისი წლიური ხარჯი იქნება:

$$1\ 481\ 684 / (4.44 * 0.9) = 370\ 792\ \text{კგ}$$

სადაც, 4.4 კვტ.სთ/კგ არის ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი, ხოლო 0,9 - თბოგენერატორის მქ კოეფიციენტი.

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტები მთლიანად ჩაანაცვლებენ ბუნებრივ გაზს და მისი წლიური ღირებულება $370\ 792 \times 0.2 = 74\ 158$ ლარს არ ასცდება. CO₂-ის ემისია, ამ შემთხვევაში, ნულის ტოლია (ცხრილი 17).

ცხრილი 17.

ენერგორესურსებისა და ემისიის შემცირება საჯარო სკოლების გათბობის სისტემაში

სიდიდე	სხვენის დათბუნება			ბიომასის ბრიკეტები		სულ
	ღონისძიე ბამდე	დანაზოგი	ღონისძიების შემდეგ	დანაზოგი	ღონისძიების შემდეგ	დანაზოგი
ენერგია კვტ.სთ/წ	1 856 795	375 111	1 481 684	0	1 481 684	375 111
ბუნებრივი გაზი, მ ³ /წ	257 888	52 099	205 789	205 789	0	257 888
ფასი ლარი/წ	193 416	39 074	154 342	80 184	74 158	119 252
ემისია ტ/წ	375.1	75.8	299.3	299.3	0	375.1

თავი მეექვსე

რენტაბელობის პარამეტრები

როგორც ცხრილი 17-დან ჩანს ენერგოეფექტური ღონისძიებების (შენობების სხვენის თბოიზოლაცია და ბუნებრივი გაზის ჩაანაცვლება ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტებით) გატარებისა და სწორი ენერგომენეჯმენტის

შემთხვევაში ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლის შენობებში, ყოველწლიურად შეიძლება დაიზოგოს 375 111 კვტ.სთ ენერჯია, 257 888 მ³ ბუნებრივი გაზი და 119 257 ლარი, ხოლო CO₂-ის ემისია 375.1 ტონით შემცირდეს და ნულს გაუტოლდეს.

საქართველოს მასშტაბით, რეგიონებში არსებულ საჯარო სკოლის შენობების გათბობა დაახლოებით 142 მლნ კვტ.სთ ენერჯიას მოითხოვს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ანალოგიური ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების ფართომასშტაბიანი დანერგვით ყოველწლიურად დაიზოგება 15-20 მლნ მ³ ბუნებრივი გაზი ან 115-120 ათასი კუბ.მ საშემე მერქანი, ხოლო CO₂-ის ემისია ნულს გაუტოლდეს.

6.1. ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების რენტაბელობა

შესასრულებელი ქმედებების მიხედვით, უშუალოდ ნარჩენი ბიომასის მოპოვების ადგილებზე, უნდა ამოქმედდეს 500 კვ/სთ მწარმოებლურობის ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების საწარმოო ტექნოლოგიური ხაზი, რაც საშუალებას მოგვცემს ყოველწლიურად ვაწარმოოთ მინიმუმ 3-4 ტ ბრიკეტი და ბრიკეტებით მოვამარაგოთ ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლები.

ნარჩენი ბიომასის (ჩვენ კონკრეტულ შემთხვევაში, სატყეო მეურნეობის ექსპლუატაციისა და ხეტყის ინდუსტრიის ნარჩენები) მოპოვების ადგილი ამბროლაურის რაიონია, სადაც ფუნქციონირებს 7 ხის დამამუშავებელი ქარხანა. შესაბამისად, შესასრულებელი ქმედებები შემდეგი თანმიმდევრობით უნდა განხორციელდეს:

- ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლის შენობებში გათბობისა და ცხელი წყლით მომარაგების სისტემების არსებული ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა, შეფასება და ანალიზი. სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება შენობის მიერ მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ;

- ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტის დამამზადებელი ტექნოლოგიური ხაზის შერჩევა ტენდერის საშუალებით, ღირებულების განსაზღვრა, მათი ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების, საიმედოობისა და ეფექტურობის შეფასება;
- ურთიერთობის დამყარება ტექნოლოგიური ხაზის მწარმოებელთან, დანადგარის შეკვეთა, შექმნა, ტრანსპორტირება;
- ნარჩენი ბიომასის მოპოვების ადგილზე ტექნოლოგიური ხაზის დამონტაჟება;
- ტექნოლოგიური ხაზის ტესტირება, საცდელი გაშვება და გამართვა;
- ტექნოლოგიური ხაზის საექსპლუატაციო ინსტრუქციის მომზადება;
- ენერგოეფექტურობაზე მონიტორინგისა და ანგარიშგების სახელმძღვანელო დოკუმენტის მომზადება
- მომსახურე ტექნიკური პერსონალის მომზადება

ცხრილი 18.

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების გეგმა და ბიუჯეტი

#	ღონისძიების დასახელება	შესრულების ვადა	ბიუჯეტი ლარი
1	ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლის შენობებში გათბობის სისტემების არსებული ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა, შეფასება და ანალიზი. სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება შენობის მიერ მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ.	1.0	2 000
2	ბრიკეტის დამამზადებელი ტექნოლოგიური ხაზის შერჩევა, ღირებულების განსაზღვრა, მათი ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შეფასება, საიმედოობა და ეფექტურობა.	0.5	500
3	ურთიერთობის დამყარება ტექნოლოგიური ხაზის მწარმოებელთან, დანადგარის შეკვეთა, შექმნა, ტრანსპორტირება	2.0	112 000
4	ადგილმდებარეობის შერჩევა და დამონტაჟება	1.0	1 500
5	ტესტირება, საცდელი გაშვება და გამართვა	1.0	1 500
6	საექსპლუატაციო ინსტრუქციის მომზადება	0.5	500
7	ენერგოეფექტურობაზე მონიტორინგისა და ანგარიშგების სახელმძღვანელო დოკუმენტის მომზადება	0.5	1 000
8	მომსახურე ტექნიკური პერსონალის მომზადება	0.5	1 000
	სულ	ხუთი	120 000

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების გრაფიკი

#	ღონისძიების დასახელება	თვე				
		I	II	III	IV	V
1	ქ.ქუთაისის საჯარო სკოლის შენობებში გათბობისა და ცხელი წყლით მომარაგების სისტემების არსებული ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა, შეფასება და ანალიზი. სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება შენობის მიერ მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ.					
2	ბრიკეტის დამამზადებელი ტექნოლოგიური ხაზის შერჩევა, ღირებულების განსაზღვრა, მათი ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შეფასება, საიმედოობა და ეფექტურობა.					
3	ურთიერთობის დამყარება ტექნოლოგიური ხაზის მწარმოებელთან, დანადგარის შეკვეთა, შეძენა, ტრანსპორტირება					
4	ადგილმდებარეობის შერჩევა და დამონტაჟება					
5	ტესტირება, საცდელი გაშვება და გამართვა					
6	საექსპლუატაციო ინსტრუქციის მომზადება					
7	ენერგოეფექტურობაზე მონიტორინგისა და ანგარიშგების სახელმძღვანელო დოკუმენტის მომზადება					
8	მომსახურე ტექნიკური პერსონალის მომზადება					

ღონისძიებების ბიუჯეტი

როგორც ცხრილიდან ჩანს, წინასწარი შეფასებით ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების მთლიანი ღირებულება შეადგენს 120 000 ლარს.

პროექტის რენტაბელობის პარამეტრები მოცემულია ცხრილში 20.

ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოების რენტაბელობის პარამეტრები

ღონისძიება	საინვესტიციო ღირებულება ლარი	უკუგება PB	შიდა უკუგების განაკვეთი IRR,%	წმინდა ამჟამინდელი ღირებულების კოეფიციენტი NPVQ	CO ₂ -ის შემცირება ტ/წ
ბრიკეტების წარმოება	120 000	1.9	53.0	4.05	375.1

6.2. ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემის მოწყობის რენტაბელობა

როგორც უკვე ავლნიშნეთ, ბიომასის სათბობად გამოყენებისათვის გარდა მისი ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასებისა აუცილებელია მისი

დაწვის ოპტიმალური ტექნოლოგიებისა და რეჟიმების შერჩევა. ბიოსათბობის წვის ტექნოლოგიების მრავალსახეობიდან განსაკუთრებული გამოყენება ხვდა წილად პიროლიზურ წყალსათბობ ქვაბებს. პიროლიზური ქვაბები უზრუნველყოფენ სათბობის სრული წვისა და წვის პროცესის რეგულირების შესაძლებლობას, რაც მისი მუშაობის ეკონომიურობის გარანტიას იძლევა. სათბობის ორსაფეხუროვანი წვა და მაღალი ტემპერატურა წვის კამერაში მნიშვნელოვნად ამცირებს მავნე ნივთიერებების გამობოლქვას ატმოსფეროში. პიროლიზური ქვაბის მუშაობის ავტომატური მართვის შესაძლებლობა, მსგავსად ბუნებრივ გაზზე ან თხევად სათბობზე მომუშავე ქვაბებისა, მნიშვნელოვნად აადვილებს მის ექსპლუატაციას.

ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლის შენობის გათბობისათვის გავითვალისწინებულია 250 კვტ სიმძლავრის სამამულო წარმოების პიროლიზური ქვაბი, რომელიც დამზადებულია სააქციო საზოგადოება „სარინის“ მიერ რუსთავის ლითონთა კონსტრუქციების ქარხანაში. შესაბამისად სამუშაოები შემდეგი თანმიმდევრობით უნდა განხორციელდეს:

1. ქ.ქუთაისის №40 საჯარო სკოლის შენობის გათბობის სისტემის არსებული ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა, შეფასება და ანალიზი. სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება შენობის მიერ მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ;
2. პიროლიზური ქვაბის ტექნოლოგიის შერჩევა, ღირებულების განსაზღვრა, მათი ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შეფასება, საიმედოობა და ეფექტურობა;
3. ურთიერთობის დამყარება პიროლიზური ქვაბის მწარმოებელთან, დანადგარის შეკვეთა, შეძენა, ტრანსპორტირება, სხვა დამატებითი მოწყობილობებისა და მასალების შეძენა;
4. საქვაბის შენობის ადგილმდებარეობის შერჩევა, შენობის აგება და დამხმარე მოწყობილობების დამონტაჟება;

5. პიროლიზური ქვაბის დასამონტაჟებლად საჭირო მოსამზადებელი სამუშაოები, ქვაბის მონტაჟი;
6. პიროლიზური ქვაბის ტესტირება, საცდელი გაშვება და გამართვა;
7. სკოლის შენობის ენერგომენეჯმენტის ინსტრუქციის მომზადება;
8. სკოლის შენობის ენერგოეფექტურობაზე მონიტორინგისა და ანგარიშგების სახელმძღვანელო დოკუმენტის მომზადება;
9. პიროლიზური ქვაბის მომსახურე ტექნიკური პერსონალის მომზადება.

ცხრილი 21

ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემის მოწყობის გეგმა და ბიუჯეტი

#	ღონისძიების დასახელება	შესრულების ვადა	ბიუჯეტი ლარი
1	ქ.ქუთაისის #40 სკოლის შენობის კონსტრუქციული და სითბური მახასიათებლების დადგენა. გათბობის სისტემის არსებული ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა, შეფასება და ანალიზი. სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება შენობის მიერ მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ.	0.5	1 000
2	პიროლიზური ქვაბის ტექნოლოგიის შერჩევა, ღირებულების განსაზღვრა, მათი ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შეფასება, საინჟინერო და ეფექტურობა.	0.5	500
3	ურთიერთობის დამყარება პიროლიზური ქვაბის მწარმოებელთან, დანადგარის შეკვეთა, შექმნა, ტრანსპორტირება, სხვა დამატებითი მოწყობილობებისა და მასალების შექმნა.	0.5	23 000
4	საქვაბის შენობის ადგილმდებარეობის შერჩევა, შენობის აგება და დამხმარე მოწყობილობების დამონტაჟება	1.0	6 000
5	პიროლიზური ქვაბის დასამონტაჟებლად საჭირო მოსამზადებელი სამუშაოები, ქვაბის მონტაჟი.	0.5	2 000
6	პიროლიზური ქვაბის ტესტირება, საცდელი გაშვება და გამართვა	0.5	500
7	სკოლის შენობის ენერგომენეჯმენტის ინსტრუქციის მომზადება	1.0	500
8	სკოლის შენობის ენერგოეფექტურობაზე მონიტორინგისა და ანგარიშგების სახელმძღვანელო დოკუმენტის მომზადება	1.0	500
9	პიროლიზური ქვაბის მომსახურე ტექნიკური პერსონალის მომზადება	0.5	1 000
	სულ	ხუთი თვე	35000

ცხრილი 22

**ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის
სისტემის მოწყობის გრაფიკი**

#	ღონისძიების დასახელება	თვე				
		I	II	III	IV	V
1	ქ.ქუთაისის #40 სკოლის შენობის კონსტრუქციული და სითბური მახასიათებლების დადგენა. გათბობის სისტემის არსებული ტექნიკური მდგომარეობის შესწავლა, შეფასება და ანალიზი. სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება შენობის მიერ მოხმარებული ენერგორესურსების შესახებ.					
2	პიროლიზური ქვების ტექნოლოგიის შერჩევა, ღირებულების განსაზღვრა, მათი ექსპლუატაციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შეფასება, საიმედოობა და ეფექტურობა.					
3	ურთიერთობის დამყარება პიროლიზური ქვების მწარმოებელთან, დანადგარის შეკვეთა, შექმნა, ტრანსპორტირება, სხვა დამატებითი მოწყობილობებისა და მასალების შექმნა.					
4	საქვების შენობის ადგილმდებარეობის შერჩევა, შენობის აგება და დამხმარე მოწყობილობების დამონტაჟება					
5	პიროლიზური ქვების დასამონტაჟებლად საჭირო მოსამზადებელი სამუშაოები, ქვების მონტაჟი.					
6	პიროლიზური ქვების ტესტირება, საცდელი გაშვება და გამართვა					
7	სკოლის შენობის ენერგომენეჯმენტის ინსტრუქციის მომზადება					
8	სკოლის შენობის ენერგოეფექტურობაზე მონიტორინგისა და ანგარიშების სახელმძღვანელო დოკუმენტის მომზადება					
9	პიროლიზური ქვების მომსახურე ტექნიკური პერსონალის მომზადება					

ღონისძიებების ბიუჯეტი

ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემა

წინასწარი შეფასებით პროექტის მთლიანი ღირებულება შეადგენს 35 000 ლარს, მათ შორის. პროექტის რენტაბელობის პარამეტრები მოცემულია ცხრილში 23.

ცხრილი 23

**ბიომასაზე მომუშავე ცენტრალური გათბობის
სისტემის მოწყობის რენტაბელობის პარამეტრები**

ღონისძიება	საინვესტიციო ღირებულება ლარი	უკუგება PB	შიდა უკუგების განაკვეთი IRR,%	წმინდა ამჟამინდელი ღირებულების კოეფიციენტი NPVQ	CO ₂ -ის შემცირება ტ/წ
გათბობის ცენტრალური სისტემა	35 000	5.5	31.0	1.95	12.2

6.3. პროექტის განხორციელების ხელშემწყობი

ფაქტორები და პარტნიორები

პროექტის წარმატებით განხორციელებისათვის აუცილებელია წინასწარ გაანალიზდეს და შეფასდეს მისი განხორციელებისათვის არსებული ხელშემწყობი ფაქტორები, რათა მაქსიმალურად ეფექტურად მოხდეს მათი გამოყენება. ასეთი ხელშემწყობი ფაქტორებია:

- ემისიების შემცირების ვალდებულების შესრულება, რომელიც აღებული აქვს ქ. ქუთაისის თვითმმართველობას მერების შეთანხმების ფარგლებში და აუცილებლად უნდა განხორციელდეს; პროექტის განხორციელების შემთხვევაში 2020 წლისათვის ქ. ქუთაისის #27 ბაგა-ბაღის შენობიდან მოხდება წელიწადში 18.6 ტ-ით ნაკლები CO₂-ის ექვივალენტი სათბურის გაზების ემისიების გამობოლქვა, რასაც თან ახლავს ლოკალური დამაბინძურებლების შემცირება;
- ქუთაისის თვითმმართველობის სრული მხარდაჭერა აღნიშნულ პროექტის განხორციელებისათვის;
- ტექნიკური დახმარება, რომელსაც საპილოტო პროექტის ფარგლებში დასამონტაჟებელი ჰელიოსისტემის მომწოდებელი კომპანია გაგვიწევს. მათ შეუძლიათ, საჭიროებისამებრ, შეიტანონ შესწორებები ჰელიოსისტემის მონტაჟისა და მოსამზადებელი სამუშაოების შესრულების პროცესში და ამით უზრუნველყონ სისტემის ეფექტური და წარმატებული ფუნქციონირება;
- ადგილობრივი თანადაფინანსების (საბიუჯეტო სახსრების) არსებობა აღნიშნული პროექტის განხორციელების მხარდასაჭერად;
- ერთ-ერთი მთავარი პირობა პროექტის წარმატებისა არის პროექტით შემოთავაზებული ტექნოლოგიის ეკონომიკური და ეკოლოგიური უპირატესობა;
- მოსახლეობის მზაობა და ცნობიერების მაღალი დონე ქალაქის გარემოს დაბინძურების შემამცირებელი ჭმედებებისათვის;

პარტნიორები

პროექტის განხორციელების მთელ პერიოდში ძირითადი პარტნიორები იქნებიან როგორც სახელმწიფო უწყებები, ასევე კერძო სტრუქტურები, მათ შორის:

- ქ.ქუთაისის თვითმმართველობა, რომელიც ფაქტიურად პროექტის ძირითადი განმახორციელებელია და რომელსაც გააჩნია ვალდებულებები ევროკავშირის „მერების შეთანხმების“ ფარგლებში. ქ.ქუთაისის მუნიციპალიტეტი არის ამ პროექტის ერთ-ერთი თანადამფინანსებელი. პროექტის წარმატების შემთხვევაში მერიას მიეცემა საშუალება იგივე ტექნოლოგია გამოიყენოს სხვა მუნიციპალურ დაქვემდებარებაში არსებულ შენობებში, რაც მნიშვნელოვნად შეამცირებს თბომომარაგების სექტორში მუნიციპალიტეტის ხარჯებს;
- საქართველოს მთავრობა და კერძოდ გარემოს დაცვის სამინისტრო, რომელიც პასუხისმგებელია კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის მოთხოვნების განხორციელებაზე, რაც ასევე გულისხმობს სათბურის გაზების შემცირებას საქართველოს ტერიტორიაზე. პროექტის ერთ-ერთი მთავარი მიზანი სწორედ ესაა;
- სააქციო საზოგადოება „სარინი“ - რუსთავის ლითონთა კონსტრუქციების ქარხანა, სადაც დამზადდა 60 კვტ სიმძლავრის პიროლიზური ქვაბი ნატახტრის საჯარო სკოლისათვის, 4 x 1000 კვტ სიმძლავრის ქვაბები ოთარ ღუდუშაურის სახელობის ეროვნულ კლინიკისათვის, 1000 კვტ მწარმოებლურობის ორთაღის ქვაბი ვაზიანის კონიაკის ქარხნისათვის, 750 კვტ სიმძლავრის ზეთის გამაცხელებელი შულავერის ასფალტობეტონის ქარხნისათვის, 10 მგვტ სიმძლავრის კლინკერის კომპონენტების თერმული დამუშავების მბრუნავი ღუმელი. HEIDELBERG CEMENT GEORGIA-ს ქარხნებისათვის;

დასკვნა

შესწავლილია საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების თბომომარაგების დღევანდელი პრობლემები, გაანალიზებულია საჯარო სკოლების ენერგეტიკული მოთხოვნილებები და სტატისტიკური მონაცემები სკოლებში მოხმარებული საშუალო მერქნის რაოდენობის შესახებ;

დაგენილია, რომ საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლები გათბობის სეზონში ყოველწლიურად მოიხმარება არა ნაკლებ 4-4,5 მლნ ლარის ღირებულების 40-45 ათას მ³ საშუალო მერქანს;

შეფასებულია საჯარო სკოლებში მოხმარებული საშუალო მერქნის ენერგეტიკული პოტენციალი, შესწავლილია საჯარო სკოლებში გამოყენებული შეშის ღუმელებისა და საჯარო სკოლის შენობების შემომზღუდი კონსტრუქციების ტექნიკურ მდგომარეობა;

დადგენილია, რომ საშუალო მერქნის წინასწარი შეშრობით, თანამედროვე ტექნიკით აღჭურვილი საშუალო ღუმელების გამოყენებით და სკოლის შენობების შემომზღუდი კონსტრუქციების თბოიზოლაციით, შესაძლებელია საჯარო სკოლებში მოხმარებული საშუალო მერქნის ხარჯის 3-4-ჯერ შემცირება.

შერჩეულია საჯარო სკოლის შენობების ენერგოაუდიტის ოპტიმალური მეთოდები და საშუალებები, ჩატარებულია დეტალური ენერგოაუდიტები და დაგეგმილია ენერგომომხმარების ბიუჯეტი რეგიონების საჯარო სკოლებში, ენერგეტიკული გაანგარიშებებისათვის გამოყენებულია ნორვეგიული საკონსულტაციო კომპანიის „Energy Saving International“ (ENSI) პროგრამული უზრუნველყოფის „საკვანძო რიცხვები“;

დადგენილია ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების შესაძლებლობა საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლების თბომომარაგებისათვის, შერჩეულია ნარჩენი ბიომასისი წვის ოპტიმალური ტექნოლოგიები;

განსაზღვრულია საქართველოს რეგიონებში ნარჩენი ბიომასის ბრიკეტების წარმოებისა და საჯარო სკოლების თბომომარაგების სისტემებში მათი გამოყენების რენტაბელობის პარამეტრები;

დადგენილია, რომ საქართველოს რეგიონების საჯარო სკოლებში ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების ფართომასშტაბიანი დანერგვა მნიშვნელოვნად შეამცირებს მოთხოვნილებას ხეტყის რესურსებზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. თ.ჯიშკარიანი, თ.მიქიაშვილი, დ.კილურაძე. ენერჯის სამომხმარებლო მოთხოვნილებათა მართვა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“. 2003. #4(28). - გვ.5-9.
2. რ.კანდელაკი, თ.ჯიშკარიანი, თ.მიქიაშვილი, დ.კილურაძე. ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვის პრაქტიკა და პერსპექტივები საქართველოში. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“. 2005. #1(33). - გვ.17-20.
3. დ.ჩომახიძე. საქართველოს ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების ეკონომიკურ-ეკოლოგიური პრობლემები. გამომცემლობა „თერგი“. თბილისი. 2002. - 275 გვ.
4. Least Cost Plan for Energy Sector in Georgia. Final Report. Energy Efficiency and Market Reform Project. 1998.
5. Jishkariani T. Arabidze G., Chkhaidze B., Gogshelidze G., Laoshvili D., Mikiashvili T., Tavartkiladze L. Energi-Saving Activities in Some Regions of Georgia. International Conference Sopron, Hungari June 13- 15, 2001.
6. Кигурадзе О., Джишқариани Т. Энергоэффективность при использовании тепловых насосов в системах теплоснабжения теплиц. Georgian Engineering News. 2001. №3. - с 90-93.
7. Кигурадзе О., Джишқариани Т., Арабидзе Г. Энергосбережение при применении тепловых насосов в области сушки лесоматериалов. Second International Energi Conference in Armenia Yerevan, September 24-28. 2001. - с.62-64;
8. თ.კანდელაკი, გ.კალანდაძე, საქართველოს მდგრადი ტყეთსარგებლობის ბუნებისდაცვითი სტრატეგიის პრიორიტეტი. თბილისი, ჟურნალი ინტელექტი, საქართველოს მეცნიერებისა და საზოგადოების განვითარების ფონდი, 3 (26), 2006 წ. გვ. 70-72 (ინგლისურ ენაზე);
9. თ. კანდელაკი, ქ. კანდელაკი. ტყის მეურნეობის მდგრადი განვითარების ეფექტური მენეჯმენტის საკითხებისათვის. თბილისი, სამეცნიერო შრომათა კრებული, 2007 წ, ტ-39, გვ. 230-233
10. თ. კანდელაკი, საქართველოს ტყის რესურსების პოტენციალი. თბილისი, „სიახლე“ , საქართველოს ეკონომიკურ მეცნიერებათა აკადემია, შრომები, ტ. 6, 2008 წ. გვ.265-282;
11. თ. კანდელაკი, მერქნული-ბიოენერგეტიკული რესურსი: მოხმარების რეალობა და პერსპექტივები. თბილისი, „სიახლე“ , საქართველოს ეკონომიკურ მეცნიერებათა აკადემია, შრომები, ტ. 8, 2010 წ.;
12. თ. კანდელაკი, მერქნული ენერგეტიკული რესურსების კლასიფიკაცია, თბილისი, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ # 1(53), 2010 წ. გვ. 49-52;
13. თ. კანდელაკი, საქართველოს ტყე და საბარო ეკონომიკა. თბილისი, ქ. აგროინფრო, USAID, Agvantage, # 2 (16), გვ. 9-12;
14. საქართველოს მერქნული ენერგეტიკული რესურსების პოტენციალი და მისი ეფექტიანი გამოყენება. USAID, ენერგეტიკის სექტორის შესაძლებლობების გაუმჯობესების პროექტი (ECI). თბილისი, 2010;

15. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო. სსიპ საგანმანათლებლო და სამეცნიერო ინფრასტრუქტურის განვითარების სააგენტო. თბილისი, 2011;
16. ნ.ლაზაშვილი, ო.კილურაძე, თ.ჯიშკარიანი. სამეშე მერქნის ძირითადი თბოტექნიკური მახასიათებლების განსაზღვრა. // ენერჯია. 2012. №1(61). გვ.65-69;
17. ნ.ლაზაშვილი, ო.კილურაძე, თ.ჯიშკარიანი. საყოფაცხოვრებო შეშის ღუმელები და და სამეშე მერქნის მოთხოვნილება საოჯახო მიუზნეობაში. // ენერჯია. 2011. №(60). გვ. 9-13;
18. თ.დავლსვენი, გ.აბულაშვილი, ხ.სიჭინავა შენობების ენერგოაუდიტი, ENSI-ს მეთოდები და ინსტრუმენტები. გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2010. 290 გვ.;
19. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო. სსიპ საგანმანათლებლო და სამეცნიერო ინფრასტრუქტურის განვითარების სააგენტო. თბილისი, 2011.
20. სიჭინავა ხ., არაბიძე გ., ჯიშკარიანი თ. საქართველოს რეგიონებში საჯარო სკოლების თბომომარაგების პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. გვ. 97-104, თბილისი, 2014.
21. არაბიძე გ., არაბიძე ნ., ზარანდია შ., კილურაძე ო., მიქიაშვილი თ., ჩხაიძე ბ., ჯამარჯაშვილი ვ., ჯიშკარიანი თ. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი საქართველოში (კადასტრი). თბილისი, 2013.
22. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება საქართველოსათვის და მისი რეალიზაცია ნატახტრის საჯარო სკოლის გათბობის საპილოტო პროექტში. USAID-WINROCK: თანამედროვე ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და განათების ინიციატივა“, საგრანტო ხელშეკრულება #6371-12-13. თბილისი, 2013.
23. Анискин В.И., Голубкович А.В. Перспективы использования растительных отходов в качестве биотоплива. Теплоэнергетика. 2004. №5. С.60-65.
24. Анискин В.И., Голубкович А.В., Сотников В.И. Сжигание растительных отходов в псевдоожиженном слое. Теплоэнергетика. 2004. №6. С.49-53.
25. სერგო სამხარაძე. ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავის ბრიკეტების პროცესის რეჟიმული პარამეტრების კვლევა-ოპტიმიზაცია. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის ავტორეფერატი. სტუ. თბილისი. 2013.