

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**მერაბ ბარათაშვილი
თორნიკე ბარათაშვილი**

**რესურსდამზოგი
ტექნოლოგიები
მშენებლობაში**

2021

მერაბ ბარათაშვილი, თორნიკე ბარათაშვილი - რესურსდამზოგი

ტექნოლოგიები მშენებლობაში. დამხმარე სახელმძღვანელო 2021 წელი
გვ.204

სახელმძღვანელოში წარმოდგენილია, მშენებლობის სექტორის მიერ
მისი წარმოების სხვადასხვა ეფაპტე მოთხოვნის მიხედვით
ენერგორესურსების სტრუქტურული თავისებურებები და მშენებლობის
სამეურნეო საქმიანობის მნიშვნელოვანი დარგის სტადიების მიხედვით
ენერგო დანახარჯების ხვედრითი მაჩვენებლები. განხილულია სამშენებლო
მასალების, მოსამზადებელი სამუშაოების, მშენებლობის წარმეობისას,
შენობა ნაგებობების ექსპლუატაციის და ლიკვიდაციის სტადიაზე რესურს
დამზოგი ტექნოლოგიების გამოყენებით ენერგო დანახარჯების შემცირების
გზები. სახელმძღვანელოში წარმოდგენილი ენერგო ეფექტურობის
უმრავესობის თეორიული გადაწყვეტილებები და პრაქტიკული ხასიათის
უახლოესი მიდგომები სტუდენტს აძლევს მშენებლობაში რესურსების
დაზოგვის თვალსაზრისით პრომლემის არსის სწორად გაამრების და
სფეროში არსებული ტენდეციებში პროფესიულ დონეზე გარკვევის
შესაძლებლობებს.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია საინჟინრო ტექნიკური ფაკულტეტის
მაგისტრატურისა და დოქტორანტურის სტუდენტებისათვის.

**რეცენზენტი – აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ასოცირებული პროფესორი პაატა გერაძე**

**რედაქტორი – აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
პროფესორი პარმენ ყიფიანი**

წიგნი იბეჭდება აკაკი წერეთლის სახელმწიფი უნივერსიტეტის
სარედაქციო – საგამომცემლო საბჭოს გადაწყვეტილებით.

ISBN – 978-9941-495-23-6.

© აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა

შესავალი

რესურსი – ბუნებრივი ან ადამიანის მიერ წარმოებული ფასეულობაა, რომლიც დანიშნულება საწარმოო და არასაწარმოო საჭიროების დაკმაყოფილებას ემსახურება. ბოლო ათწლეულებში საბოგადოებრივი საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში ენერგო და რესურს დამზოგი ტექნოლოგიების როლი განუხრელად იჩრდება. ტრადიციული სახეობების ენერგო მატარებლებზე ფასების განუწყვეტელი ზრდის და ენერგიის წარმოების მიზნით საწვავის წვის შედეგად აფმოსფეროში უკონტროლოდ გატყორცნილი ნარჩენი პროდუქტებით გარემოს დაბინძურების გამო სულ უფრო აქტუალური ხდება ენერგოუფექტური და რესურს დამზოგი ტექნოლოგიების გამოყენება. აღნიშნული მიმართულებით კონკრეტული და ქმედითი ღონისძიებების გაფარების გარეშე წარმოუდგენელია ცაკლეული ქვეყნებისა თუ მსოფლიოს თანამეგობრობის დინამიური და სფაბილური განვითარება. 2016 წლის 1 იანვარს გაეროში მდგარდი განვითარების მიმართულებით მიღებულ რეზოლუციას საფუძვლად უდევს ენერგიის და რესურსების გონივრული და ეფექტური გამოყენება. ენერგო რესურსების მოხმარების მეტი წილი სამშენებლო მასალების წარმოებასა და შენობა ნაგებობების ექსპლუატაციას ხმარდება. შესაბამისად სამშენებლო სექტორისათვის ენერგო სხვა მატერიალური რესურსების რაციონალურად გამოყენების მიზნით სულ უფრო აქტუალური ხდება სამშენებლო მასალების წარმოების ინდუსტრიისა და შენობების ენერგო ეფექტურობის ამაღლება. ენერგო ეფექტური სახლების მშენებლობისაკენ ყერადღება გასული საუკუნის 70–იანი წლებიდან იქნა მიპყრობილი და მას შემდეგ ცაკლეული საპილოტე ნაგებობებიდან, თანამედროვე პირობებში ხორციელდება ცაკლეული რეალური სახლების, კვარტლების და მთელი ქალაქების მშენებლობის კონკრეტული პროექტები. ენერგოუფექტური, ენერგოაქტიური, ენერგოპასიური, ენერგიის ნელოვანი მოხმარებით სახლები საინჟინრო, არქიტექტურული, საპროექტო, კონსტრუქციული გადაწყვეტილებების სინთეზია, რომელის მეშვეობით წარმოებს მოხმარებული ენერგიის მაქსიმალური შემცირება, შენობა ნაგებობების

საიმედობისა და კომფორტის არსებული დონის შენარჩუნებით ან სასურველ შემთხვევებში მათი მაჩვენებლების გაზრდის კვალობაზე. განვითარებულ ქვეყნებში ენერგოეფექტური სახლების პროექტირება და მშენებლობა უკვე დაგროვილი გამოცდილება მკაფიოს ხდის იმ ფაქტს რომ ეფექტურობა შენობის პროექტირების ეფაპზე განსაზღვრული სტატიკური მახასითებელი არაა, ის დინამიკაში მიმდინარე მოვლენაა რომელის ფორმირება სისტემატიურად მიმდინარეობს შენობის მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე. შენობის ერნერგოეფექტურობის ფორმირება განუწყვეტელი პროცესია და მისი მახასითებლის საწყისი მაჩვენებლები პროექტირების სტადიაზეა განსაზღვრული. ხოლო შენობის სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე ორგანიზაციული ღინისძიებების დაგეგმვისა და რეალიზაციის შედეგად ხდება შენობის ენერგოეფექტურობის სრულად ფორმირება.

ენერგოეფექტურობა და რესურსების ეფექტურად მართვის სტრატეგია მსოფლიოს უმეტესი ქვეყნებისათვის ეკონომიკურის მნიშვნელოვან პრიორიტეტია მიჩნეული. საყოველთაოდ აღიარებული ენერგოეფექტურობის შემდგომი ზრდა ენერგო უბრუნველყოფის, ენერგო უსაფრთხოების, კლიმატის ცვლილებასთან და ენერგო მატარებლებზე ფასების ზრდასთან დაკავშირებული სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემების გადაწყვეტის ყველაზე ეკონომიკური და ხელმისაწვდომი მეთოდია. ამასთან ერთად ენერგოეფექტურობის ხარისხობრივი მაჩვენებლის გაუმჯობესებით იმდება კონკურენტუნარიაონობის მაჩვენებლები და თვისობრივად ახალ საფეხურზეა აყვანილი მომხმარებლის კეთილდღეობის უბრუნველყოფის განმსაზღვრელკი მაჩვენებლები. ამ კონტექსტში მნიშვნელოვანია რომ დროულად, სამეცნიერო და გადაწყვეტილების მიმღებ პოლიტიკურ წრეებს შორის ინფორმაციის სათანადო დონეზე გაცვლის მიზნით, მიღებული და შეთანხმებული იქნას ენერგოეფექტურობის კომპლესური მაჩვენებლები. ყოველივე ამის უბრუნველყოფის მიზნით არსებითია;

ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლების სწორად ფორმირების მიზნით, შეთანხმებული იქნას სამეცნიერო საქმიანობის ზოგადი

მიმართულებები,
შეთანხმებული იქნას საქმიანობის ის დარგები სადაც აშკარად
შესამჩნევია ენერგოეფექტურობის შემდგომი გაუმჯობესებით
მოსალოდნელი შედეგები,
შემდგომი პრინციპული გადაწყვეტილებების მიღებისას სწორი
მიღვომების შერჩევის მიზნით, შეიქმნას და სისტემატიურად
განახლდეს ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლებთან შესაბამისი
მონაცემთა ბაზა,
მოიძებნოს რესურსების ეფექტურად მართვის მეთოდები, გადაიქცეს
ის სამშენებლო სექტორის ერთ ერთ მნიშვნელოვან სტრადეგიულ
მიმართულებად და მიღწეული იქნას შეთანხმება ამ მეთოდების
პრაქტიკულ საქმიანობაში დროულად და ფართედ დანერგვის მიზმით.

1. ენერგოეფექტურობა

1.1. ტერმინის „შენობების ენერგოეფექტურობა“ შემცნების ევოლუცია.

შენობების ენერგოეფექტურობა როგორც კონკრეტული

საქმიანობის მიმართულება ჯერ კიდე გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან იღებს სათავეს. დროთა განმავლობაში საქმიანობის ეს მიმართულება მისგან მოსალოდნელი და უკვე არსებული შედეგებით სულ უფრო აქტუალური ხდება. ამ მიმართულებით საზოგადოებრივი საქმიანობის ყურადღება პირველი ენერგეტიკული კრიზისის პირობებში გახდა აქტუალური, სწორედ მაშინ, ამ ფონზე ქ. მანჩესტერში აშენდა პირველი ენერგოეფქსური შენობა. საქართველოში ახალქალქის ბევრ სოფელებში მიკვლეულია მიწისქვეშა ნაგებეობები რომლებიც ხასიათდება ენერგოეფქსური ტექნოლოგიის მეშვეობით დამდგარი ეფექტის აშკარა ნიშნებით, საინტერესოა რომ ამ შენობების ნაწილი დღესაც გამოიყენება. ბოლნისში, თეთრწყაროში, ასურეთში გერმანული თემის ჩვენ დრომდე მოღწეულ სახლებს გააჩნია აშკარად შესამჩნევი ენერგოეფქსური სახლების ნიშნები; საიბოლაციო სქელი კედლები, პატარა ბომის ორმაგი შემინვით ფანჯრები, იმოლირებული ჭერი და იატაკი. დროთა განმავლობაში ტერმინ „ენერგოეფქსურობასთან“ პარალელურად დამკვიდრდა ტერმინები, „პასიური სახლი“, „სახლი ენერგიის ნულოვანი მოხმარებით“, „ენერგოაქტიური სახლი“, „მწვანე სახლი“ და სხვა. შესაბამისად ტერმინების რაოდენობის მატებამ გამოიწვია მეტ-ნაკლები გაურკვევლობა, რომელი ტერმინი რას გულისხმობს და რით გასხვავდება ის ენერგოეფქსურობის თვალსაზრისით სხვა შენობა ნაგებობისაგან.

შენობა ნაგებობების ენერგოეფქსურობა გულისხმობს ენერგეტიკული რესურსების ეფექტურ (რაციონალურ) გამოყენებას. ნაკლები ენერგიის გამოყენებით იგივე მოცულობით სერვისებით სარგებლობას (გათბობა, გაგრილება, ცხელი წყლით უზრუნველყოფა, საყოფაცხოვრებო ტექნიკით სარგებლობა). ენერგოდამზოგ ტექნოლოგიები გულისხმობენ ენერგიის დამოგვით მოხმარებას და მის შენახვის შესაძლებლობას, ენერგოეფქსური ტექნოლოგიებით კი სამშენებლო მასალების წარმოების ეფაპტე მოხმარებული ენერგიის ეფექტურ გამოყენებას. ენერგოეფქსურობა გულისხმობს როგორც შენობების სითბურ დაცვას (იმოლაცია) ასევე სამშენებლო სათბობი ტექნიკის გამოყენებას, ენერგოეფქსურობის მაჩვენებლის სწორად

განსაზღვრის მიზნით წარმოებს შენობის ამ თვასაზრისით არსებული მდგომარების გათვალისწინებით შეფასება. შეფასებისას წარმოებს შენობის ექსპლუატაციისას მოხმარებული ენერგიის ფარდობითი მაჩვენებლის განსაზღვა. ენერგოეფექტურობის ჯამური მაჩვენებლის განსაზღვრისას წარმოებს შენობის სასიცოცხლო ციკლის უბრუნველყოფისათვის საჭირო ენერგიის მოცულობის დათვლა და ამ სიდიდის შენობის ერთ კვადრატმეტრზე ხვედრითი წილის გაანგარიშება. ყველა შენობისათვის იანგარიშება მისთვის საჭირო ენერგიის სამი დონე:

1. ნორმატიული.
2. საანგარიშო.
3. შედარებითი

თანამედროვე ნაგებობის მიმართ ენერგო დანახარჯების გათვალისწინებით წაყენებული მოთხოვნების ნორმირება ძირითადად წარმოებს შენობის გათბობაზე, გაგრილებაზე, ვენტილიაციაზე, ცხელ წყალზე დახარჯულ თბურ ენერგიის ხვედრითი მაჩვენებლის მიხედვით. შენობები რომლებიც პასუხობენ ენერგიის აღნიშნული მიმართულებით ხვედრითი ხარჯის კონკრეტულ მაჩვენებლებს ენერგოეფექტურ შენობებადაა აღიარებული. ენერგოეფექტური შენობების დაგეგმარებისას ენერგიის დაზოგვის კონკრეტული ეფექტი განისაზღვრება როგორც შენობის და მის საინჟინრო სისტემების თვისება, ამასთან მნიშვნელოვანია რომ ენერგიის ნორმატიული ხარჯის მაჩვენებლების პირობებში შენობაში უბრუნველყოფილი იქნას მიკროკლიმატის ოპტიმალური და ექსპლუატაციის მოხერხებული პირობები. „ენერგოეფექტურობამ“ როგორც საინჟინრო პროცესის ამსახველმა ტერმინმა დანერგვისა და განვითერების პროცესში განიცადა მნიშვნელოვანი ევლოუცია და შედეგად მოხდა მისი შინაარსის გაფართოება, შემზღვეველი კონსტრუქციის დაბალი თბოგამტარობასთან ერთად, ენერგიის ხარჯის მინიმალურ რეკომენდირებულ მოთხოვნებს უნდა პასუხობდეს შენობის გათბობის, გაგრილების, ვენტილირების, ცხელი წყლით უბრუნველყოფის საინჟინრო სისტემები და შენობებში გამოყენებული საყოფაცხოვრებო

ტექნიკა. შესაბამისად „ენერგოფექტურობა“ ეს არამარტო თბური, არამედ ყველა სხვა სახის ენერგიის და ფარული ენერგო რესურსების მიგნებისა და მათი ეფექტურად გამოყენების პროცესია. ენერგოფექტური ნაგებობა არქიტექტორული და საინჟინრო გადაწყვეტილების ერთობლიობაა, რომელიც ყველაზე ოპტიმალურად პასუხობს შენობაში სათანადო მიკროკლიმატის უბრუნველყოფაზე საჭირო ენერგიის მინიმიზაციის ამოცანებს. დასახული მიზნების უბრუნველსაყოფად საუკეთესო ენერგოფექტური პირობები განსაზღვრული სამეცნიერო მეთოდებით ტექნიკური გადაწყვეტის შერჩევით მიიღწევა.

ენეგოფექტურობა მოსახლეობისათვის კომუნალური გადასახადების მნიშვნელოვნად შემცირების შესაძლებლობაა. ამ მეთოდების დანერგვისას ქვეყნის მასშტაბით მნიშვნელოვნად იზოგება ენერგორესურსები, შესაბამისად უმჯობესდება სამშენებლო მასალების წარმოების პირობები და იზრდება წარმოებული პროდუქტის კონკურენტუნარიანობა. მცირდება სასათბურე გაზების გარემოში ემისიის მოცულობლები და შესაბამისად მცირდება გარემობე მიყენებული ზიანის მასშტაბები. ენერგო დამზოგი და ენერგოფექტური ტექნოლოგიები ამავდროულად გულისხმობენ შენობაში სითბოს, ვენტილიაციის ელექტროენერგიის მიწოდებას იქ ადმიანის ყოფნის პირობებში და მისი იქ არ ყოფნის შემთხვევაში ავტომატურად წყდება აღნიშნული სისტემების ექსპლუატაციისათვის საჭირო ენერგიის მიწოდება.

ზოგადად ენერგოფექტურობასთან დაკავშირებულ საკითხებზე მსჯელობისას და გადაწყვეტილების მიღების დროს მნიშვნელოვანია ყველა მხარის მიერ არსებობდეს შესაბამისი ტერმინების ცალსახა და ერთმნიშვნელოვანი გაგება;

ენერგოტევადობა – დახარჯულ ენერგიასა და ამ ენერგიით წარმოებულ ნატურალური სახით ან ფასების მიხედვით ერთეულ პროდუქციის ან მომსახურეობას შორის თანაფარდობაა,

ენერგიის დაზოგვა – ნიშნავს ცხოვრების წესის ცვლილების გარეშე ენერგიის მოხმარების შეზღუდვას ან ნაწილობრივ შემცირებას,

ენერგოეფექტურობა – ახალი მოწყობილობის, მეთოდის, ან ტექნოლოგიის გამოყენებით ენერგის მოხმარების შეზღუდვის ან ნაწილობრივ შემცირების უზრუნველყოფაა. ერთი და იგივე ენერგო დანახარჯებისას ტექნოლოგია და შესაბამისად ტექნიკური მოწყობილობა უფრო ენერგოეფექტურია თუკი მისი მეშვეობით მეტი მოცულობის მომსახურეობის ან პროდუქტის მიღებაა შესაძლებელი.

1.2. ენერგოეფექტური სახლების შექმნისა და განვითარების ისტორია.

ნებისმიერი შენობის ექსპლუატაცია მისი გათბობისათვის, განათებისათვის, ვენტილიაციისათვის, საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების ფუნქციონირებისათვის და ნაგებობის აგებისათვის და მის საცხოვრებლად ან სხვა დანიშნულების მიზნით მზადყოფნაში მოსაყვანად საჭიროებს სამშენებლო მასალებს, ყოველივე ამისათვის შესაბამისი ტექნოლოგიური პროცესის სათანადო წარმართვის მიზნით აუცილებელია მათი ენერგიის მარაგებით უზრუნველყოფა. ამ ენერგიის მოხმარებისათვის გაწეული ხარჯი შენობის შესანახად საჭირო დანახარჯების ყველაზე დიდი შემადგენელი ნაწილია. რესურსების დამოვაის შესაძლებლობები პირდაპირ კავშირშია მშენებლობაში და სამშენებლო მასალების წარმოების პროცესში ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენებასთან. მშენებლობა ადამიანის საქმიანობის ყველაზე მეტად მასალატევადი საქმიანობაა, სამშენებლო სექტორში მინერალურ-სანედლეულო რესურსებს გადამყვეტი მნიშვნელობა აკისრია. სექტორის მასალებით უზრუნველყოფის მიზნით ლიფოსფეროდან ყოველდღიურად წარმოებს მიღიარობით ტონა ნედლეულის ამოღება, რომელთა შემდგომი გადამუშევებით მიიღება სამშენებლო მასალები. მოხმარებული სამშენებლო მასალების რაოდენობების, მათი მოცულობების შეზღუდვით შემცირდება გარემოში არსებული სანედლეულო ბაზის დაუზოგავი მოხმარება და ნედლეულით სამშენებლო მასალების წარმოების ენერგოტევადობა. ამ

მიმართულებით არსებითი შედეგების უზრუნველყოფა კი შესაძლებელია სამშენებლო სექტორში ინოვაციური რესურსდამზოგი ტექნოლოგიების მასიურად დანერგვით. მაღალი სამეცნიერო-ტექნიკური და საწარმოო პოტენციალის მქონე ქვეყნებში ინერგება სამშენებლო მასალების და მშენებლობის უნარჩენო ან მცირე ნარჩენების მქონე ტექნოლოგიები. რესურს და ენერგო დამზოგი ტექნოლოგიებით აღჭურვილი საქმიანობის შექმნა სამშენებლო სექტორის მოდერნიზაციის ძირითადი მიმართულებაა. ამ მიმართულებით სათანადო შედეგების მიღწევის მიზნით სამშენებლო მასალების წარმოებისას, საწარმოო ნარჩენების მასიურ გამოყენებას პრიორიტეტული როლი აკისრია. სამშენებლო სექტორის ჩამოყალიბების ადრეულ ეფაპებზე არ არსებობდა ნედლეულის მოხმარების შეზღუდვისა და მასალატევდაობის შემცირების აუცილებლობის პრობლემები. ამ ეფაპებზე ძირითად ამოცანას სამშენებლო მასალების წარმოების მასშტაბების ზრდა წარმოადგენდა. აურაცხელია ისეთი მაგალითები თუ როგორი გამოუსწორებელი ზიანი მიაყება გარემოს და შესაბამისად ადამინებს სამშენებლო მასალების წარმოების ინდუსტრიამ. რესურსდამზოგი ტექნოლოგიები ამ ამოცანების ლოგიკური გადაწყვეტის აუცილებელი პირობაა, რომელიც თავის მხრივ მოითხოვს დიდი ინტელექტუალურ და ფინანსურ რესურსს. ნელეულის ტრადიციული მარაგების რესურსების მიღევის საშიშროება და წარმოების ინდუსტრიის შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენები საფრთხეეს უქმნიან ცივილიზაციის სტაბილურ განვითარებას. განვითარებულ ქვეყნებში არსებული ახალი სიცოცხლის ხელშემწყობი კონცეფცია (*sustainable development*) იძლევა საწარმოო პროცესების იმედის მომცემი მიმართულებით განვითარების პერსპექტივას. კონცეფციის ძირითადი არსი მომავალი თაობებისათვის საფრთხის გარეშე მოთხოვნების დაკმაყოფილებასა და ცივილიზაციის სტაბილურ განვითარებაში მდგომარეობს. შენობა ნაგებობების მშენებლობა იმ შემთხვევაში მიეკუთვნება ამ კონცეფციას თუკი მათი მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროცესი ნეგატიურ ზემოქმედებას არ ახდენს გარემოზე. ამ შემთხვევაში შენობა ახლოს უნდა იყოს ენერგიის ნულოვან მოთხოვნასთან და მისი ლიკვიდაციისას ნარჩენები მთლიანად

უნდა იქნას გამოყენებული ახალი სამშენებლო მასალების წარმოების პროცესში.

1.3. რესურსების დაზოგვა მშენებლობაში

რესურსების დაზოგვა მშენებლობასა და სამშენებლო მასალების წარმოებაში შეიძლება უზრუნველყოფილი იქნას შესაბამის მიმართულებებში სათანადო შედეგების მიღწევისას:

ბუნებრივი გარემოში მოპოვებული ნედლეულის წარმოების ნარჩებისაგან მიღებული ნედლეულით ჩანაცვლება, რის შედეგადაც ბუნებრივი ნედლეულის მეორადი მასალებით ჩანაცვლებით შესაბამისი პროპორციით მცირდება გარემობების მავნე ბემოქმედება, მასალის ტრანსპორტირებაზე და მის მოპოვებასა და გადამუშავებაზე ენერგო დანახარჯები. მცირდება ნარჩენებისათვის გამოყოფილი ადგილის ფართი.

არსებითია სამშენებლო მასალების სახით წარმოდგენილი პროდუქციის ტექნიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება, მაგალითად კონსტრუქციის ამტანუნარიანობის, ხანაგამძლეობის, მასალების სიმტკიცის გაზრდა პირდაპირაა დაკავშირებული, რესურსების დაზოგვისა, მასალატევადობისა და ენერგიის მოხმარების შემცირებასთან.

მასალების, სამშენებლო კონსტრუქციების ხანგამძლეობის გაზრდა უზრუნველყოფს შენობის საექსპლუატაციო ვადების გახანგრძლივებას, ამ დროს სხვა არსებით ეფექტებთან ერთად, მცირდება შენობის აღდგენისა და პერიოდულ რემონტების გაწეული დანახარჯები.

უმნიშვნელოვანესია შენობა ნაგებობების, სამშენებლო კონსტრუქციების მათი შემდგომი მოდერნიზაციის შესაძლებლობებით, ახალი ტექნოლოგიის მოთხოვნების გათვალისწინებით მშენებლობის, რეკონსტრუქციის ეფაპების პროექტირება.

ენერგიის დამზადება რესურსამზოგი ტექნოლოგიის მნიშვნელოვანი ნაწილია, მაგრამ როგორც წესი ის დამოუკიდებელი საქმიანობის საგანია და სათანადო შედეგის მიღწევის მიზნით არსებობს სამი ძირითადი მიმართულებას:

მცირე ენერგო ტევადობის ტექნოლოგიების სამშენებლო მასალების წარმოებაში გამოყენებით საბოლოო პროდუქციის ენერგოტევადობის შემცირების შესაძლებლობა,

შენობის გარე კედლებიდან და ჭერიდან და იატაკიდან სითბოს დანაკარგების შემცირების მიზნით ეფექტური თბოსაიმოლაციო მასალების და კონსტრუქციების აქტიურად გამოყენება,

თბური ენერგიის უტილიტაციის მიზნით ახალი გათბობისა და ვენტილირების ეფექტური სისტემებით აღჭურვილი სამშენებლო ნაგებობების პროექტირება და მშენებლობა (ჭკვიანი ანუ გონიერი სახლები).

მშენებლობაში ენერგო და რესურს დამზოგი ტექნოლოგიების პრიორიტეტული მიმართულების შერჩევისა და იარარქიის დალაგებისას მნიშვნელოვანია შენობაში კომფორტის სრულად უზრუნველყოფასთან ერთად გარემობები მიყენებული ზიანის შემცირების მიზნით მაქსიმალურად იქნას გათვალისწინებული ბუნებრივი ნედლეულის, მათ შორის მიწის, წყლის მნიშვნელოვანი დანაზოგებით რაციონალურად გამოყენების შესაძლებლობის მოძიება.

ცალკეული ენერგოეფექტური მეთოდებით ან არსებითად ენერგიის ნელოვანი მოხმარებით, აქტიური და გონიერი ტექნოლოგიებით უზურუნველყოფილი ცალკეული შენობა ნაგებობების პროექტირებასა და მშენებლობასთან ერთად სულ უფრო აქტუალური ხდება შესამაბის ტექნოლოგიებით უზრუნველყოფილი ენერგოეფექტური დასახლებების პროექტირება და რეალურ ცხოვრებაში მათი განხორციელება. ევროკავშირის ქვეყნების მსგავსად ამ იდეების უზრუნველყოფის მიზნით არსებითია, ასოცირების ღრმა და ყოვლისმომცველი ხელშეკრულებით აღებული ვალდებულებებით სწორად და დროულად იქნას შემუშავებული დასაბუთბული შესაბამისი ნორმები და სარეკომენდაციო მოთხოვნები. მნიშვნელოვანია მომზადებული იქნას

საკანონდებლო ბაზა და შესაბამისი რეგულაციები. ყოველივე ეს უნდა ითვალისწინებდეს გათბობაზე, ცხელ და ცივ წყალზე მოთხოვნებს, შენობის ენერგო პასპორტის მიერ ნავებობისადმი წაყენებულ პირობებს და მიღებული გადაწყვეტილებების განხორციელოების მეთოდოლოგიას, შენობის ენერგოეფექტურობის შეფასების წესსა და მის გაუმჯობესების ნორმებსა და ვადებს. აღნიშნული ნორმების მიხედვით დგება მიმართულებების მიხედვით სპეციალური და საერთო ტექნიკური რეგლამენტი.

1.4. ენერგოეფექტური შენობების ეკონომიკური უპირატესობები

ენერგოეფექტური და რესურს დამზოგი ტექნილოგიების გამოყენებისას არსებითია სწორად იქნას გაანგარიშებული ამ ტექნილოგიების დაყენების და მოხმარებისათვის საჭირო ფინანსური რესურსები. ცხადია ენერგოეფექტური ტექნილოგიების გამოყენება ანუ შენობის ენერგოეკონომიკური რეჟიმში ექსპლუატაციის უბრუნველყოფა დამატებით დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. აქ ცხადია არსებითია სწორად იქნას დადგენილი შენობის შეფუთვის სტანდარტულ და ენერგოეფექტური მასალებს შორის ფასები. არსებობს შენობის ენერგოეკონომიკურობის დადგენის შემდეგი მიმართულებები:

ენერგეტიკული რესურსები, ცხოვრებისა და შენობის ფუნქციონალურად ეფექტურად გამოყენების მიზნით შენობა უბრუნველყოფილი უნდა იქნას საიმედო და ხელმისაწვდომი ენერგიით და მისი სტაბილურად მიწოდების საშუალებით.

ენერგიის გარანტირებული მიწოდება, სამოვალებრივი ინტერესების გათვალისწინებით და ადამიანების ცხოვრების სათანადო სტანდარტით საცხოვრებელი პირობების უბრუნველყოფის მიზნით გარანტირებული უნდა იქნას ენერგიის უწყვეტი მიწოდება.

გარემოს დაცვა, არსებობს მოპოვებადი ენერგიის მოხმარების ბუნებივი ზღვარი, მოპოვებადი სახეობის ენერგიის წყაროების

მარაგები მიღევადია, აუცილებელია დადგინდეს მათი ეფექტურად მოხმარების პირობები, შემცირდეს მოპოვებისას გარემობე მიყენებული გიანი და რათა მკაფიოდ განისაზღვროს მომავალი თაობების მაღალი ხარისხით ცხოვრების გარანტიები.

მაღალი ხარისხით ცხოვრების პირობების მხარდაჭერა, კაცობრიობას არ აქვს არჩევანი, ცხოვრების მაღალი მოთხოვნებით უბრუნველყოფის მიზნით აუცილებელი ხდება ცხოვრების მხარდაჭერ ენერგეტიკულ სისტემებზე გადასვლა, რაც სასურველი პერსპექტივის უბრუნველყოფის ერთადერთი პირობაა. განახლებადი წყაროებიდან ენერგიაზე მოთხოვნების დაკმაყოფილებისათვის ახალ ტექნოლოგიების გამოყენება ამ გადასვლის აუცილებელი პირობაა. მაგრამ ამ სისტემებზე ბოლომდე გადასვლამდე ცივილიატციას კიდე დიდხანს მოუწევს ტრადიციული წყაროებით წარმოებული ენერგიის მოხმარება, ამიტომ მნიშვნელოვანია ამ რესურსების ეფექტურად გამოყენება და მოპოვებისა და გადამუშავების ეკოლოგიურად უსაფრთხო სისტემებით ჩანაცვლება.

ენერგიის უსაფრთხო გამოყენება, ენერგიის გამოყენების ეკონომიკური ბერკეტების მოხმარებით, ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით და ენერგო სისტემის მართვის პირობების გაუმჯობესებით ცხოვრების პირობების შენარჩუნებისა და მომავალში გაუმჯობესებით უბრუნველყოფილია ენერგიის მოხმარების შემცირება.

ბალანსი ნებისმიერი სახეობის ენერგორესურსების გამოყენებას აქვს როგორც პოტიგიური ასევე ნეგატიური მომენტები. სხვადასხვაგვარია სახეობების მიხედვით მათი მარაგები, მოპოვების ხელმისაწვდომობა, მომავალში სწორი გადაწყვეტილების მიღების მიზნით არსებითია დადგენილი იქნას მათ შორის არსებული ბალანსი.

1.5. მშენებლობაში რესურსების დაზოგვა შენობების სითბოთი უბრუნველყოფა.

შენობების თბური დაცვა, თბოიზოლაცია.

არსებობს თბოსაიზოლაციო მასალების ნაირსახეობა, მონტაჟის სწორი მეთოდის უზრუნველყოფით, ამ მასალების შერჩევისას აუცილებელია მათი სახეობის და ზომების სწორად შერჩევა. აქ მასალის ფასთან ერთად განმსაზღვრელია მათი:

თბოგამტარობა,

დიფუზია (წყლის ორთქლის გამტარობა),

სიმტკიცე (დატვირთვის დეფორმაციის გარეშე აღქმის უნარი) თბოსაიზოლაციო მასალის გეომეტრიული ზომები და განსაკუთრებით სისქე დამოკიდებულია მასალის ხარისხზე, შენობის კონსტრუქციის მიხედვით შენობის გარე შემზღვეველ ზედაპირების მდგომარეობაზე. სახეობების მიხედვით თბოსაიზოლაციო მასალის მინიმალური სისქე ტოლი უნდა იყოს:

გარე კედლები 16–20 სმ.,

გაუთბობელ მანსარდთან სასაზღვრო ზედაპირზე 18–25 სმ.,

სახურავი და სახურავის თბოიზოლაცია 20–30 სმ.,

გაუთბობელ სარდაფთან სასაზღვრო ზედაპირი 10–14 სმ.

ევროპული ქვეყნების გამოცდილებით ენერგეტიკული სტანდარტები ქმნიან ენერგეტიკული წესების მიმართ წაყენებულ მინიმალური მოთხოვნების ბაზისს. ცალკეული ნაგებობების პროექტირებისა და მშენებლობისას, მათ მიმართ შეიძლება წარდგენილი იქნას დადგენილ ნორმებთან შედარებით უფრო მკაცრი ეკონომიკური მოთხოვნები. ნორმებით დაწესებული მინიმალური მოთხოვნები იძლევიან დასახული მიზნების რეალიზების საშუალებას.

გასული საუკუნის 70 წლების მეორე ნახევრიდან ევროპის სხვადასხვა ქვეყნებში გამოჩნდა ენერგოეფექტურობასთან დაკავშირებული სამეცნიერო კვლევების პირველი შედეგები, ამ კვლევებზეა დაყრდნობილი ენერგოეფექტური ტექნოლოგიის შექმნისა და დანერგვის მეთოდოლოგია და ნორმატიულ—საკანონმდებლო ბაზა.

ამ მიმართულებით ჩატარებული პირველი კვლევების ინტერესის სფეროს წარმოადგენდა სამოგადოებრივი საქმიანობის სხვადასხვა

სფეროში, მათ შორის მშენებლობაში ენერგო დამტკიცებული ეფექტურობის უზრუნველყოფა. ამასთან მსოფლიო ენერგეტიკული კრიზისის გამომწვევი მიზებების შესწავლის და ანალიზის შემდეგ შეიქმნა, სხვადახვა დონის მდგრადი განვითარების სფრატეგია, ავტორიტეტულმა მეცნიერებმა, სამეცნიერო წრეებმა, პოლიტიკურმა ჯგუფებმა განვითარების ამ მიმართულებით სათანადო შედეგების მიღწევის მიზნით აღიარეს ტექნიკურ, ეკონომიკურ, ეკოლოგიურ, სოციალური ღონისძიებების მნიშვნელობა და მათი ურთიერთკავშირი. ამავე პერიოდს განეკუთვნება შენობების ექსპლუატაციისას, მათი მშენებლობის პროცესში და სამშენებლო წარმოების ტექნოლოგიებში ენერგოეფექტურობის ზრდის პირველი სერიოზული სამეცნიერო კვლევები. მასიურად პირველი ენერგოეფექტური სახლები 1972–2003 წლებში იქნა აგებული, რომლებიც თავისი ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით, არქიტექტურული და საინჟინრო მიღწევებით საპილოტე პროექტების პირველი დემონსტრირება იყო. ამ სახლების მშენებლობისას ენერგოეფექტურობის სფრატეგია ენერგიის ეკონომიკით შენობის გათბობის, ვენტილირების და კონპორტული მიკროკლიმატის უზრუნველყოფა იყო.

ნიუ-ორკში პირველი ენერგოეფექტური ნაგებობა 1972 წელს აშაშენდა. ექვს სართულიანი შენობა 15600 საერთო ფართით ადმინისტრაციული დანიშნულების იყო, შენობის ენერგოეფექტურობა შემდეგი ფაქტორებით იყო უზრუნველყოფილი:

გარე ფასადის კედლები მინიმალური ფართით,
ფანჯრები მცირე ფართით, ფასადის კედლების მხოლოდ 10 %,
შემინვის გარეშე ჩრდილოეთი კედლებით,
სითბოგამტარობის შემცირების მიზნით, კედლების მაქსიმალური თბოიბოლაციით.

პირველი ენერგოეფექტური სახლების მშენებლობას მძიმე კლიმატური პირობების ქვეყნებში დაედო საფუძველი, ასეთ სახლებს იქ ჩაეყარა საფუძველი სადაც ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე შენობების გათბობაზე ენერგიის დიდი მოცულობები იხარჯება. ინოვაციური პროექტით ენერგოეფექტური ნაგებობა «EKONO-house» ფინეთში

ჰელსინკითან ახლოს 1973 წელს იქნა აგებული. ადმინისტრაციული ორსექციანი, ექვს სართულიანი შენობა საერთო 36990 ფართით. პირველ სექციაში სითბოს ხვედრითი მოხმარებით 70 კვტ.სთ/მ². ელ.ენერიგიის ხვედრითი მოხმარება 79 კვტ.სთ/მ². მეორე სექციაში სითბოს ხვედრითი მოხმარებით 124 კვტ.სთ/მ². ელ.ენერიგიის ხვედრითი მოხმარება 57 კვტ.სთ/მ². აღნიშნულ შენობაში ენერგოეფექტურობა შემდეგი ფაქტორებით იქნა უზრუნველყოფილი;

— ლიფტი, სანიტარული კვანძი, სავენტილიციო არხები, შენობის ცენტრში განლაგები საყრდენ შახტში იყო განთავსებული რომელიც ამავდროულად ასრულებდა ბუნებრივი სავენტილიაციო სისტემის უდანასარჯო კვანძს,

— გარე კედლებს გააჩნდა მაღალი სითბო ტევადობის უნარი, რომელიც უზრუნველყოფილი იყო, ცილინდრული ფორმის კოქსიალური ჰაერგამტარების მეშვეობით,

— შენობის გარე კედლები დაფარული იქნა მაღალი სიმკვრივით მქონე სპეციალური ტექნოლოგიით დამზადებული თბოსაიზოლაციო მასალით, რითაც მკვეთრად იქნა შემცირებული ინფილტრაციით სითბოს დანაკარგები,

— უზურუნველყოფილი იქნა ადამიანების და საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების მიერ გამოყოფილი სითბოს გამოყენება.

ენერგოეფექტურობის უზურუნველყოფის მიზნით გამოიყენება;

სახურავები ბრტყელი გადახურვებით, რომლის მიერ წარმოებს ჰაერიდან რეციკლირებული სითბოს აკუმულირება და შიგა სივრცეში გადაცემა,

ფანჯრები ვენტილირების უნარით, ღიობებიდან ბამთარში მინით გამთბარი ჰაერით ოთახის გათბობა და ბაფხულში გაგრილებით, მზის რადიაციისგან კოლექტორებით წარმოებული სითბოს და თხევადი თბოგამტარით აკუმულატორებისაკენ მიწოდება და იქ შეგროვება,

ბუნებრივი განათების მაქსიმალური გამოყენებით განათების ენერგო დამზოგი სისტემის დანერგვა.

ენერგოეფექტურობის როგორც მშენებლობაში პრიორიტეტად

მიჩნეულ საინჟინრო საქმიანობის ერთობლიობის აღიარების შემდეგ, მათი ენერგო ეფექტური პრინციპებთნ შეთავსების მიზნით, ახალ ნაგებობის დაპროექტებასა და მშენებლობასთან ერთად დაიწყო უკვე არსებული შენობების რეკონსტუქცია. ძელი შენობის ენერგოეფექტურობის უზრუნველყოფის მიზნით, 1995 წელს მოხდა კოპენჰაგენში 1950 წელს აგებული 11047 კვ.მ, ფართის მქონე საცხოვრებელი სახლის რეკონსტუქცია, შედეგად მოხმარებული ენერგიის ხვდრითი წილი შემცირად 50%-ით. ამ შემთხვევაში ენერგოეფექტურობის მიღწევა შესაძლებელი გახდა შემდეგი ფაქტორების მეშვეობით;

- ძველი ფანჯრები შეიცვალა ახალი კონსტრუციის თბოსაიმოლაციო თვისებების მქონე ფანჯრებით,
- მოხდა გარე კედლებისა და ჭერის თბოიმოლაცია,
- ვენტილაციის მექნიკური სისტემა შეიცვალა ახალი თბოცვლის დამოუკიდებელი უნარის მქონე ინოვაციური 80%-იანი ეფექტურობის სისტემით.

შენობაში სამხრეთის საერთო ფართით 178 მ² ფასადზე დამონტაჟდა ჰაერით გათბობის ენერგოეფექტური ე.წ. „მზის კედლების“ სახლწოდებით აღიარებული აგრეგატები.

ცხელი წყლის მიღების მიზნით შენობის ჭერზე საერთო ფართით 238 მ² დამონტაჟდა მზის კოლექტორები.

დანიაში ქალაქ ფრედერისბეკში შესრულდა სახლის რეკონსტრუქციის სხვა უნიკალური შემთხვევა, შენობის სამხრეთ ფასადზე მოწყობილი იქნა მზის ენერგიის მშთანთქავი სავენტილაციო კოშკი, რომელმაც შენობას მისცა ორიგინალური არქიტექტურული ეფექტი და ამავდროულად ამ კოშკის მეშვეობით მოხდა შენობის მზის ენერგიის ხარჯზე ვენტილირება და გათბობა.

მოკლე დროში მოხდა აღნიშნული სისტემის ტირაჟირება და ენერგოეფექტური მახასიათებლების შემდგომი გაუმჯობესებით, სავენტილაციო შახტი აღჭურვილი იქნა დამატებითი PV-VENT სისტემის ფოტოელექტრული მოდულებით და ამით ჰაერის გათბობის, და ვენტილაციის უნარს ელექტრო ენერგიის გამომუშავებაც დაემატა.

ენერგოფექტური სახლების დაგეგმარების, მშენებლობის, ექსპლუატაციის რეკონსტრუქციის გამოცდილების დაგროვების კვალობაზე შესაძლებელი გახდა სხვადასხვა შემთხვევბში მიღწეული გამოცდილების გამოიარება და ტირაჟირება, რამაც გააჩინა ახალი ენერგოფექტური სახლების და მთელი ენერგოფექტური კვარტლების მშენებლობის შესაძლებლობა. ფინეთში ქ.ჰელსინკში EKOVIIKKI სახელით წოდებულ ახალ რაიონში, 1132 ჰა-ზე გაშენებული ენერგოფექტური მინი ქალაქი ამ შემთხვევის უნიკალური მაგალითია. ამ ენერგოფექტურ პროექტში გააურთიანა და გადაწყდა თანამედროვე გამოწვევებით წარმოდგენილი სოციალური, ეკოლოგიური და ენერგეტიკული მოთხოვნები. ეს პროექტი ევროპარლამენტის მიერ შემუშავებული მდგრადი განვითარების (sustainable development), კონცეფციის ერთ-ერთი მაგალითია. პროექტის განხორციელებისას ამოსავალი პრინციპები გვულისხმობდა:

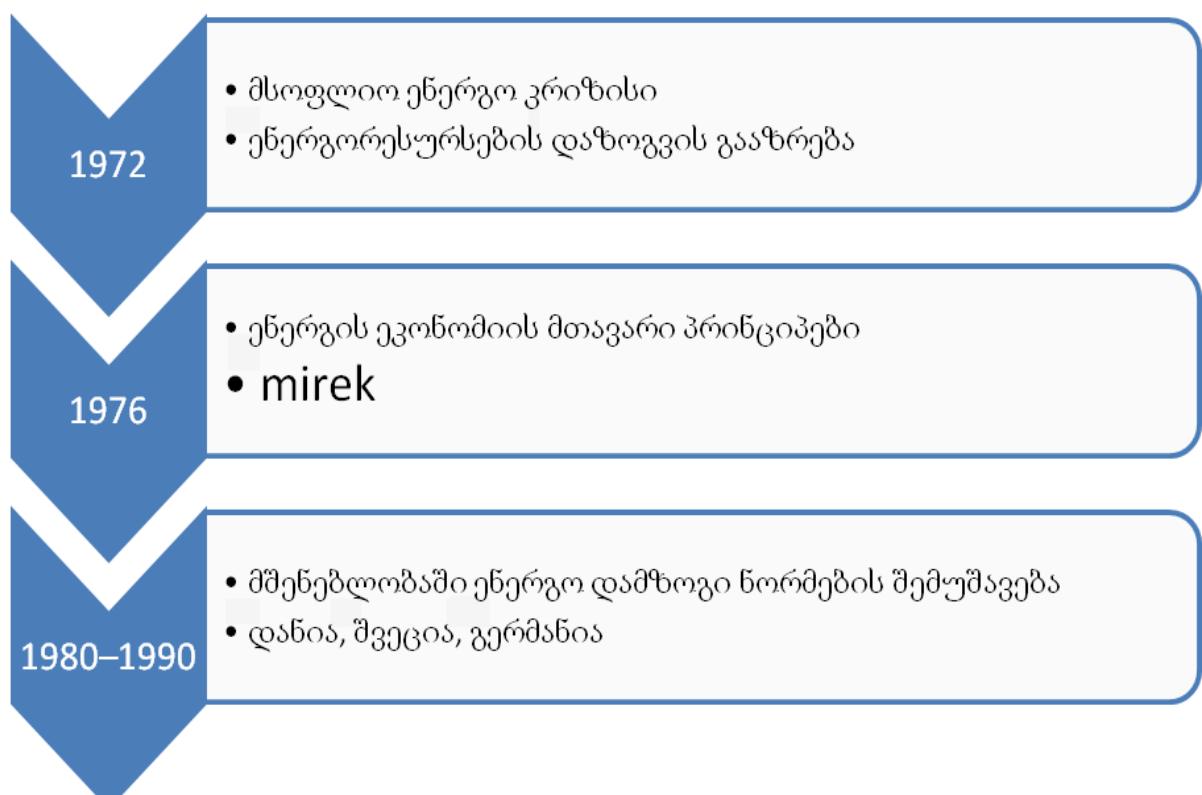
გარემობები მინიმალური გემოქმდებით ადამიანის ცხოვრების
პირობების გაუმჯობესებას,
მომავალ თაობებზე გიანის მიყენების გარეშე საკუთარი
სასიცოცხლო მოთხოვნების დაკმაყოფილებას.

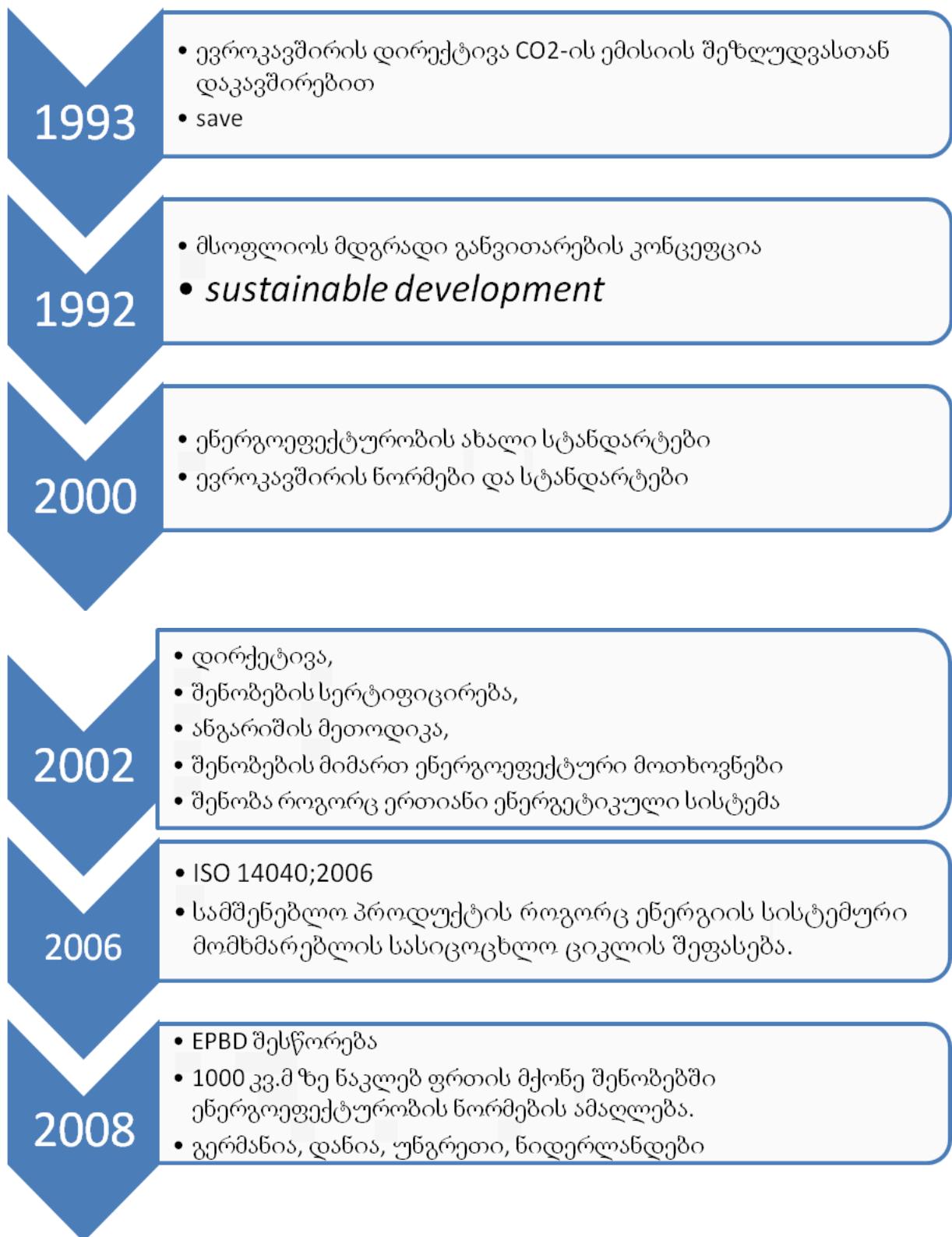
ენერგოფექტური სახლების მშენებლობა პირველ ეტაპზე მსოფლიო ენერგეტიკულ კრიბისგან მყისიერი რეაქციით იქნა გამოწვეული, მალევე ის კარგ ტონად და ელიტარულ საქმიანობად ჩამოყალიბდა, დროთა განმავლობაში ადამიანის საქმიანობით გარემობები მიყენებული გიანის გააბრების და ტრადიციული სახის ენერგო მატარებლებზე ფასების განუწყვეტელმა მრდის გამო, ენერგო ეფექტური ტექნოლოგიების შექმნა და დანერგვა სამეცნიერო ჯგუფების და სერიოზული კომპანიების ძირითად საქმიანობათ გადაიქცა. მსოფლიოში მოხმაერბული ენერგიის 40% შენობა ნაგებობების ექსპლოაციაზე იხარჯება, დიდია სამშენებლო მასალების წარმოებაზე დახარჯული ენერგიის ხვედრითი წილიც. ამ სფეროში უახლოესი ენერგოფექტური ტექნოლოგიების დანერგვა მნიშვნელოვნად შეამცირებს საბოგადოებრივი საქმიანობით მოთხოვნებით გამოწვეულ ენერგიის ხარჯს, შეამცირებს ენერგიის ტრადიციული წყაროებიდან ენერგო მატარებელი პროდუქტების

მოხმარებას და არსებითად შემცირდება გარემოზე მიყენებული ზიანის მოცულობაც. ენერგოფექტური ტექნოლოგიების განვითარების კვალობაზე. მშენებლობაში და სამშენებლო მასალების წარმოებაში მათი ინფენსიური გამოყენების პარალელურად დადგა სექტორში მარეგულირებელი პრინციპების ჩამოყალიბების აუცილებლობა, შემუშავდა სათანადო დოკუმენტები და მიღებული იქნა შესაბამისი სტანდარტები.

2. ენერგოფექტური ტექნოლოგიების მარეგულირებელი ბაზის განვითარების ისტორია

ენერგოფექტური ტექნოლოგიების მეთოდების განვითარების პარალელურად გასეული საუკუნის 70-იანი წლების დასაწყისში ევროპარლამენტის მიერ მიღებული იქნა რესურსების დაზოგვისა და ენერგოფექტური შენობების შესახებ პირველი მარეგულირებელი დოკუმენტები. მას შემდეგ დღემდე სათანადო შედეგის მიღწევის მიზნით მიღებული იქნა არაერთი დირექტივა და სტანდარტი. ცხრ.2.1.





ცხრილი 2.1. შენობების ენერგოეფექტურობის ნორმატიული მოთხოვნების განვითარება

მშენებლობაში ენერგოეფექტურობისადმი მიდგომებმა გასული

საუკუნის 70-იანი წლებიდან დღემდე ჩამოაყალიბა სათანადო სამოგადოებრივი დამოკიდებულება. ამ პრინციპით ცხოვრების წესი ფაქტიურად ნორმად ყალიბდება და უახლოს წლებში ევროპაში აგებული სახლები მთლიანად უპასუხებენ ენერგეფექტური ნაგებობების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს. ამ დამოკიდებულების ჩამოყალიბებას ხელი შეუწყო შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზის განვითარებამ, მიღებულმა სტანდარტებმა და სამეცნიერო წრეების და სამშენებლო კომპანიების მიერ აგებულმა ენერგოეფექტურმა ნაგებობებმა. ამ პერიოდში ენერგოეფექტური სახლების მიმართ ჩამოყალიბდა შემდეგი პრინციპული მიდგომები:

გათბობაზე ენერგიის მოხმარება უნდა შემცირდეს ეჭაპობრივად 50% – 28% ამდე.

საერთო მოხმარების ეკონომიის მიზნით პირველადი ენერგიის მოხმარება უნდა შემცირდეს 30%-ით.

მიგნებული და აქტიურად გამოყენებული უნდა იქნას შენობის ცალკეული თბური რესურსები.

შენობების ექსპლუატაციისას გამოყენებულ ენერგიაში საერთო მოცულობაში მნიშვნელოვანი უნდა იყოს განახლებადი ენერგიის ხვედრითი წილი.

მაღალი ხარისხის თბოსაიმოლაციო მასალებით უბრუნველყოფილი უნდა იქნას შენობიდან გარეთ და პირიქით, თბოცვლის მინიმუმადე დაყვანა.

გათვალისწინებული უნდა იქნას, სახლების ენერგოეფექტურობის მეშვეობით შენობის ექსპლუატაციისას სასათბურე გაზების ემისიის შეზღუდვა.

უნდა მოხდეს შენობების სავალდებულო ენერგეტიკული პასპორტიზაცია.

უნდა მიმდინარეობდეს შენობის ესპლუატაციის მთელი პერიოდის მანძილზე ენერგო დანახარჯების პერიოდული მონიტორინგი.

სამშენებლო ინდუსტრიის მაქსიმალურად სწრაფად ენერგოეფექტურ ტექნოლოგებზე გადაყვანა
ენერგოეფექტური თანამშრომლობის პროგრამაში სავალდებულო

მონაწილეობა.

სამშენებლო ნაგებობებში მაქსიმალური ენერგოეფექტური მიღწევის უმურუნველყოფის მიზნით უმჯობესდება თბოსაიბოლაციო დანიშნულების მასალები იმოლაციის ხარისხი, უფრო აქტიურად წარმოებს განახლებადი ენერგიის გამოყენება, ინერგება ახალი მეთოდები და ტექნოლოგიები. პარალელურად იხვეწება და უფრო კონკრეტდება შენობების ენერგეტიკული თვისებების მიმართ მოთხოვნები, რომელიც ამჟამად ასეა წარმოდგენილი ცხრ.2.2.

შენობების ენერგოეფექტურობის მიმართულებით კონკრეტული და ფართო მასშტაბიანი ღონისძიებების გატარება გარდა უკვე აღნიშნული ფატორებისა გამოწვეულია იმით რომ ევროპა მნიშვნელოვნადაა დმოკიდებული იმპერატიულ ენერგო რესურსებზე, ამჟამად მოხმარებული ენერგიის 50% იმპორტირებულია, პროგნოზების მიხედვით 2030 წლისათვის ეს მაჩვენებლი 70%-ს მიაღწევს. ევროკავშირის მიერ მიღებული „მწვანე დეკლარაციაში“ აღნიშნულია რომ საყოფაცხოვრებო სფეროში მოხმარებული ენერგიის 84% შენობების გათბობასა და წყლის გაცხელებაზე მოდის, ამასთან ევროკავშირში საცხოვრებელი ფონდის 75% ენერგო დანახარჯების შემცირებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების მიზნით ითხოვს მნიშვნელოვან სანაციას.

ევროკავშირში ენერგეტიკული მახასიათებლების ნორმირების მიზნით, შენობა წარმოდგენილია, როგორც ერთიანი ენერგეტიკული სისტემა

ხელმისაწვდომი ენერგოსერტიფიცირების სისტემის დანერგის შემდეგ, წარმოებს საზოგადოებრივი შენობებში ენერგიის დაზოგვის მაქსიმალური სტიმულირება, მიმდინარეობს ენერგიის მინიმალურ მოხმარებაზე ან ნულავანი მოხმარების სტადიაზე გადასვლის პროცესი.

ენერგოეფექტური შენობების სვალდებულო სერტიფიცირება შენობებში საინჟინრო სისტემების დანერგვა და მათი რეგულარული მონიტორინგი

ყველა ნაგებობის კაპიტალური რემონტი და ენერგოეფექტური მოთხოვნების შესაბამისად მათი საინჟინრო სისტემებით აღჭურვა.

დაინერგა და მოქმედებაშია შენობების ენერგეტიკული მახასიათებლების ურთიერთ შედარებითი ანალიზის მეთოდოლოგია

განახლებადი ენერგიის გამოყენებით შენობების ექსპლუატაცია გარედან ენერგიის მინიმალური ან ნულოვანი მოხმარებით

შენობის ენერგეტიკული პასპორტის წარმოება და მიღებული მონაცემების გათვალისწინება შენობის გასაყიდი ფასის და არენდის ღირებულების განსაზღვრისას.

ცხრილი.2.2. შენობების ენერგეტიკული მახასიათებლების მიმართ თანამედროვე ევროპული მოთხოვნები.

ევროკავშირის პარლამენტის მიერ მიღებულ რეგულაციებს აქვს დირექტივის ფორმა, შენობების ენერგოეფექტურობის თემაზე მიღებული დირექტივა 93/76/EC 1993 წელს იქნა მიღებული, მისი მეშვეობით რეგულირდებოდა ენერგიის ეფექტურად მოხმარების პირობები, გარემოში სასათბურე გატების ემისიის შემცირების მიზნით.

1992 წელს მიღებული დირექტივით 92/42/EC დადგენილია თხევად ან აირჩე მომუშავე 4–დან 400–ამდე კვტ. სიმბლავოის გენერატორების ეფექტურობის მიმართ მოთხოვნები.

2002 წელს ევროკავშირის პარლამენტის მიერ დამტკიცდა მნიშვნელოვანი დირექტივა 2002/91/EC „შენობების ენერგო მახასიათებლის შესახებ“ ე.წ. დირექტივა EPBD (on energy performance of buildings) (შენობების ენერგეტიკული მახასიათებლები), აღნიშნული

დირექტივა აწესებს მოთხოვნებს;

შენობის კომპლექსური ენერგო მოხმარების არსებული მდგომარეობის ანგარიშის მეთოდოლოგიის საერთო სქემის შესახებ.

ახალი და მნიშვნელოვანი რეკონსტრუქციის ქვეშ მყოფი შენობის ენერგეტიკული მახასიათებლების მიმართ მინიმალური მოთხოვნების შესახებ.

შენობის ენერგეტიკული სერთიფიკაცის შესახებ.

15 წელზე მეტი ხნით ექსპლუატაციაში მყოფი გათბობის, ვენტილიაციის, კონდიცირების სისტემების რეგულარული მონიტორინგის წესის შესახებ.

დირექტივა EPBD-ს მეშვეობით დამკვიდრდა „შენობის ენერგოეფექტურობის ცნება“ (energy performance of building) რაც გულისხმობს, შენობის ექსპლუატაციისთვის მასში კომფორტული პირობების უზრუნველსაყოფად საკმარისი ენერგიის რაოდენობას. აღნიშნული დირექტივა 2009 წლიდან სავალდებულოა ევროკავშირის წევრი ქვეყნებისათვის, იმავე პერიოდიდანაა აუცილებელი ყველა შენობის ენერგოსერტიფიცირება. პირველად შენობის ენერგო სერტიფირება 1997 წელს დანიაში იქნა შემოღებული. მაგრამ ამ დირექტივის მიღების შემდეგაც კითხვაზე „როგორ გავზომოთ შენობის ენერგოეფექტურობა“ პასუხი კვლავ ღიად დარჩა.

2010 წლის მაისში მოხდა აღნიშნული დირექტივის ფრანსფორმირება 2010/31/EU B დირექტივად. მისი მეშვეობით დადგინდა ენერგოეფექტურობის განსაზღვრის წესი, პირობები და შენობის სავალდებულო მინიმალური ენერგო მოთხოვნები. დირექტივა ეყრდნობა არსებულ სტატისტიკას იმის შესახებ რომ საერთო მოხმარებული ენერგიის 40% შენობების შენახვასა და ექსპლუატაციაზე მოდის, ხოლო 36% ივე სექტორიდან გარემოში CO₂-ის ემისია. ამ დირექტივით ენერგოეფექტურობა ევროკავშირის ენერგეტიკული და ეკოლოგიური მიზნების მიღწევის ინსტრუმენტადაა მიჩნეული. დირექტივის მოთხოვნით 2020 წლისათვის 20%-ით უნდა შემცირდეს სასათბურე გაზების ემისია და მიღწეული უნდა იქნას

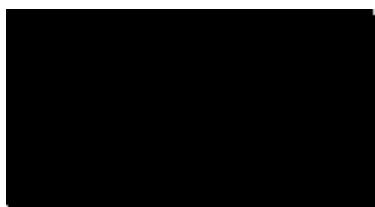
შენობების ექსპლუატაციაზე დახარჯული ენერგიის 20%-ით ეკონომია. ამასთან 2010/31/EU დირექტივით დარეგულირებულია შენობების სავალდებულო უნივერსალური მექანიზმით სერტიფიცირება. დირექტივის მოთხოვნით ევროკავშირის მიერ დაწესებულ მოთხოვნებსა და ეროვნულ მაჩვენებლებს შორის 15% სხვაობის შემთხვევაში დასახელებული უნდა იქნას ამის გამომწვევი დასაბუთებული მიზეზები. 2002/91/EC [8] და 2010/31/ EU [9] რეალიზაციის ხელშეწყობის მიზნით შემუშავებული იქნა EN სერიის სტანდარტების ჩამონათვალი. ცხრ.2.3. 1012 წლის 16 იანვარს 2010/31/EU დირექტივის ბაზაზე შემუშავებული იქნა რეგლამენტი № 244/2012 (ენერგო მახასიათებლების შესახებ) მის მიერ ბუსფადაა განმარტებული ცნებები „ოპტიმალური დირებულება“ და „ენერგო მოხმარების შემცირება“ ამ ცნებების ბუსფად განმარტებამ ხელი შეუწყო EPBD მოთხოვნების შესრულებას ნაციონალურ დონეზე. 2012 წელს მიღებულმა დირექტივამ „ენერგეტიკული ეფექტურობის შესახებ“, მთლიანად განმარტა შენობების ენერგოეფექტურობის ზრდის უმრუნველყოფისათვის სავალდებულ მოთხოვნები. და მან დაადგინა ამ მიზნის უმრუნველსაყოფად აუცილებელი კონკრეტული მოქმედებების ნუსხა, კერძოდ;

ქვეყნების მიხედვით ენერგიის იმპორტისა და ექსპორტის ბალანსის გათვალისწინებით ენერგიის ეკონომიკის კონკრეტული მიზნების, ენერგიის ეკონომიკით მიღებული სარგებელის და ამით მშპ-ს ფორმულირებისას გამოწვეული ცვლილებების განსაზღვრა. საცხოვრებელი შენობების ფონდის რეკონსტრუქციის გეგმის შემუშავება.

ენერგეტიკული მენეჯმენტის, აუდიტის სისტემის შემუშავება.

კონკრეტული მომხმარებლების მიერ მოხმარებული ენერგიის მოცულობების განსაზღვრის მიზნით ინდივიდუალური ტექნიკური საშუალებებით მათი უმრუნველყოფა.





**ცხრილი.2.3. 2002/91/EC [8] დირექტივასთან ევროკავშირის სფანდარტების
ურთიერთკავშირის სქემა**

**3. ენერგოფექტურ შენობების მიმართ
პრინციპიალური მიღებები**

3.1. ენერგიის დაზოგვის პასთური და აქტიური საშუალებები.

შენობების ენერგოფექტურობის ხარისხი პროექტირების სტადიაზე
უნდა იქნას მაქსიმალურად უბრუნველყოფილი. მნიშვნელოვანია
შედეგის მისაღწევად შენობის როგორც ენერგეტიკული სისტემის
ეფექტურად მუშაობის მიზნით, მოიძებნოს მოქნილი სისტემური

მიდგომის ღონისძიებების ერთობლიობა. საპროექტო შენობა როგორც ენერგეტიკული სისტემა აერთიანებს საპროექტო – არქიტექტურულ, საკონსტრუქტორო, საინჟინრო, ქვესისტემებს, რომელთა ერთობლივ ეფექტურ მუშაობაზეა დამოკიდებული საბოლოო პროდუქტის, აგებული შენობის ენერგო ეფექტურობის ხარისხობრივი მაჩვენებელი.

ქვესისტემები კონკრეტული ამოცანის ეფექტურად გადაწყვეტის მიზნით მჭიდრო კავშირში არიან ერთმანეთთან და ამავდროულად გარემოსთან, ყველა ფაქტორები გათვალისწინებით, ერთობლივი მუშაობის შედეგად მიიღება სინერგეტიკული შედეგი:

შენობა მაღალი ენერგეტიკული ეფექტებით.

მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე მაღალი ხარისხის ენერგოეფექტური შედეგის მქონე შენობის დაგეგმარებისას შენობის ექსპლუატაციისათვის საჭირო ენერგო დანახახრაჯებთან ერთად გათვალისწინებული უნდა იქნას შენობის აგებისა და გამოყენებული მასალების წარმოებისათვის აუცილებელი ენერგიის დანახარჯები. ენერგოეფექტურობის მიღწევი მიზნით ენერგო რესურსების დანახარჯების მინიმიზაციის გეგმის შედგენისას ღონისძიებები სასურველია ენერგო დამზოგავი მეთოდები და საშუალებები გადანაწილებული იქნას ორ პასიურ და აქტიურ ჯგუფში.

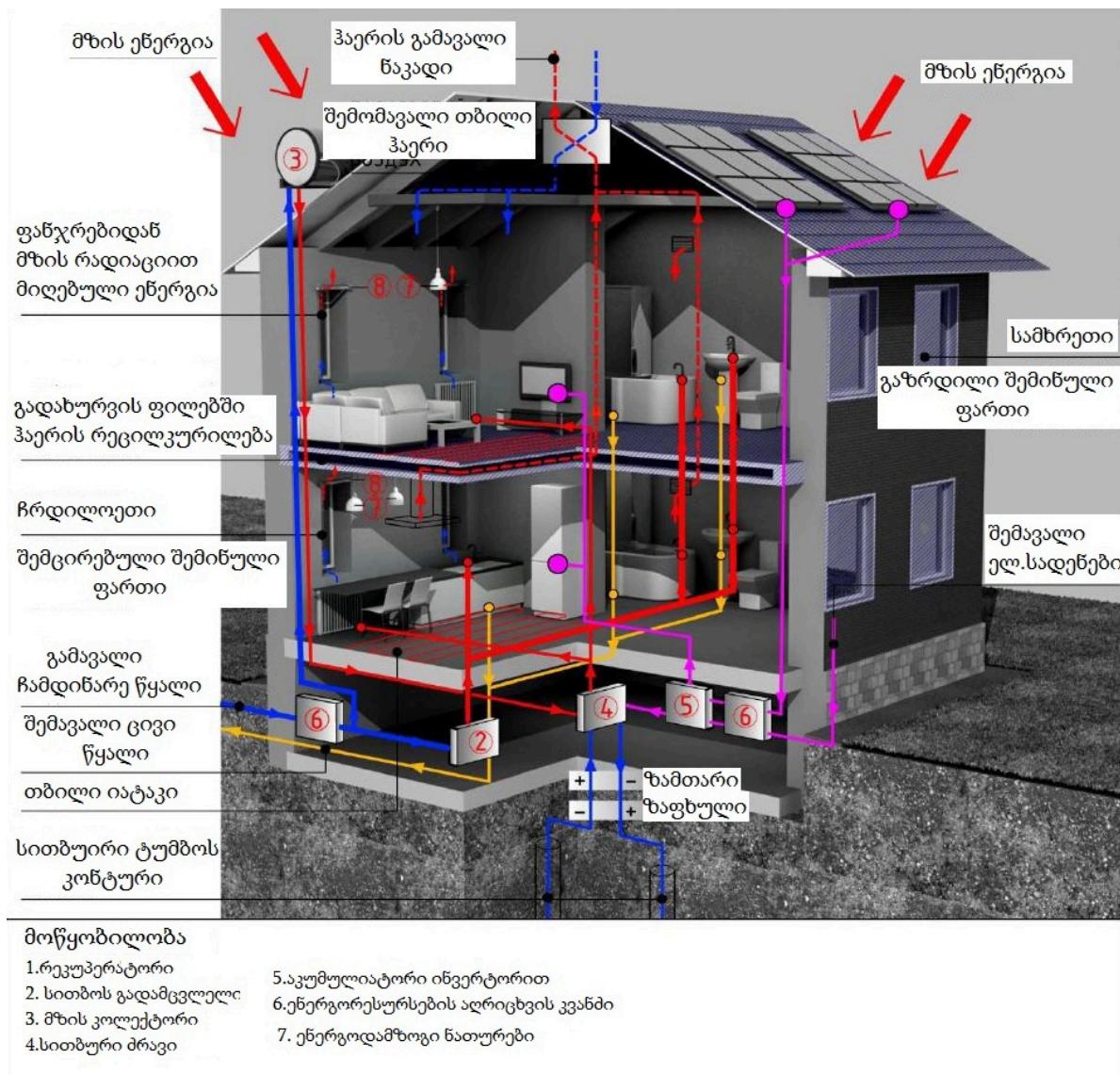
ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესების აქტიური ხერხი უბრუნველყოფს ენერგო დანახარჯების შემცირებას მუდმივი და ცვალებადი დანახარჯების მეშვეობით. პასიური ჯგუფის მეთოდები კი მხოლოდ მუდმივ დანახარჯების მეშვეობითაა უბრუნველყოფილი. ჯგუფებში მეთოდების განაწილება წარმოდგენილია ცხრ.3.1.

ცხრილი. 3.1. – ენერგოდამზოგი საშუალებების დაჯგუფება

ენერგოდამოგვის აქტიური მეთოდები	ენერგოდამოგვის პასიური მეთოდები
მზის კოლექტორი	სამხრეთზე ორიენტირებული სახლები
ფოტოელემტებზე მზის ბაზარები	არქიტექტურულ – საპროექტო დაგეგმარების კონცენტრია
სითბური ძრავები	ნათელი ჭერი

რეკუპერაციონული	შემინვა განსაზღვრული ფართით
სითბოს გამკვლელები	ფანჯრები ვენტილაციის უნარით
თბილი იატაკი	გადახურვის ფილები, რეციკლირებადი ჰაერგამტარით
ენერგოდამბიოგი განათების სისტემა	განათების ამრეკლილი მოწყობილობები
განათების სისტემები ფოტოელემენტებით	სახლი თბოფევადობის მაღალი უნარის მქონე კედლებით
საინჟინრო მოწყობილობიბის მართვის ავტომატიზირებული სისტემები	ენერგო რესურსების დამთვლელი კვანძი

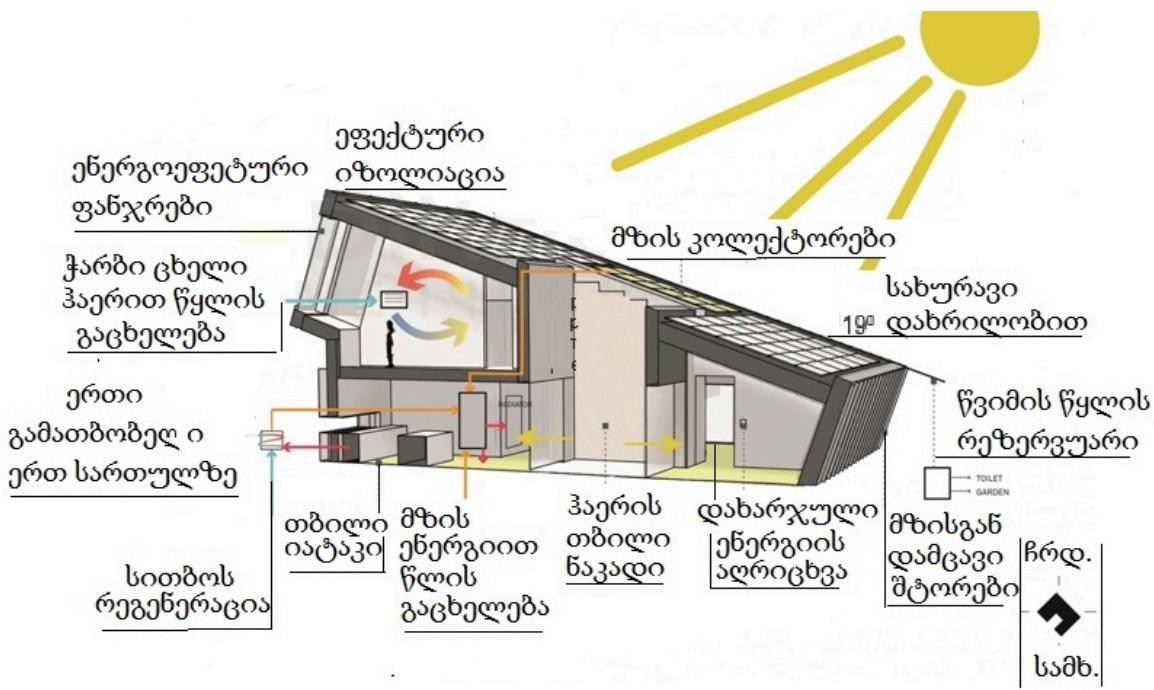
ამ ეტაპზე შემუშავებულია და აქტიურად გამოიყენება არქიტექტურული, კონსტრუქციული და საინჟინრო გადაწყვეტილებები რომელებიც უმრუნველყოფენ ენერგიის მოხმარების მნიშვნელოვნად შემცირებას. დაგროვილმა გამოცდილებამ დაადსტურა რომ ენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალური ეკონომია ენერგოდამბიოგი ტექნოლოგიების, მეთოდების და კონკრეტული ტექნიკური საშუალებების კომპლექსური მოხმარებითაა შესაძლებელი. ენერგოეფექტური სახლების აგებისას სათანადო შედეგების უმრუნველყოფის მიზნით აუცილებელია არსებული უკვე აპრობირებული ენერგოდაბმოგი მეთოდების, ტექნიკური საშუალებების და კონკრეტული გადაწყვეტილებების ინტეგრირება ენერგოეფექტური შენობების კონცეპტუალურ სქემებში. სურ.3.1. წარმოდგენილია სახლის ენერგოეფექტურობის ხარისხის გაუმჯობესება პასიური ხერხებით. წარმოდგენილი სქემა პასუხობს ენერგოეფექტურ სახლებზე მოთხოვნებს, მასში წარმოდგენილია ენერგოდამბიოგი მოწყობილობები და სისტემები, რომლებიც ერთად იძლევა მოხმარებული ენერგიის დამტკიცებულების საშუალებას სახლში სრული კომფორტისა და შესაბამისი მიკროკლიმატის უმრუნველყოფით, ენერგოეფექტური შენობის



სურ.3.1. ენერგოეფექტური სახლის კონსტრუქციული სქემა

პრინციპლიალური სქემა სამეცნიერო პროგრესის კანონბომიერი შედეგია, მაგრამ სქემა არაა დასრულებული, ის ღია სისტემაა და ნებისმიერ დროსაა მოსალოდნელი დამატებითი კვლევების შედეგად მიღებული ახალი ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებითა და ან მეთოდებით მისი ხარისხობრივი გაუმჯობესება.

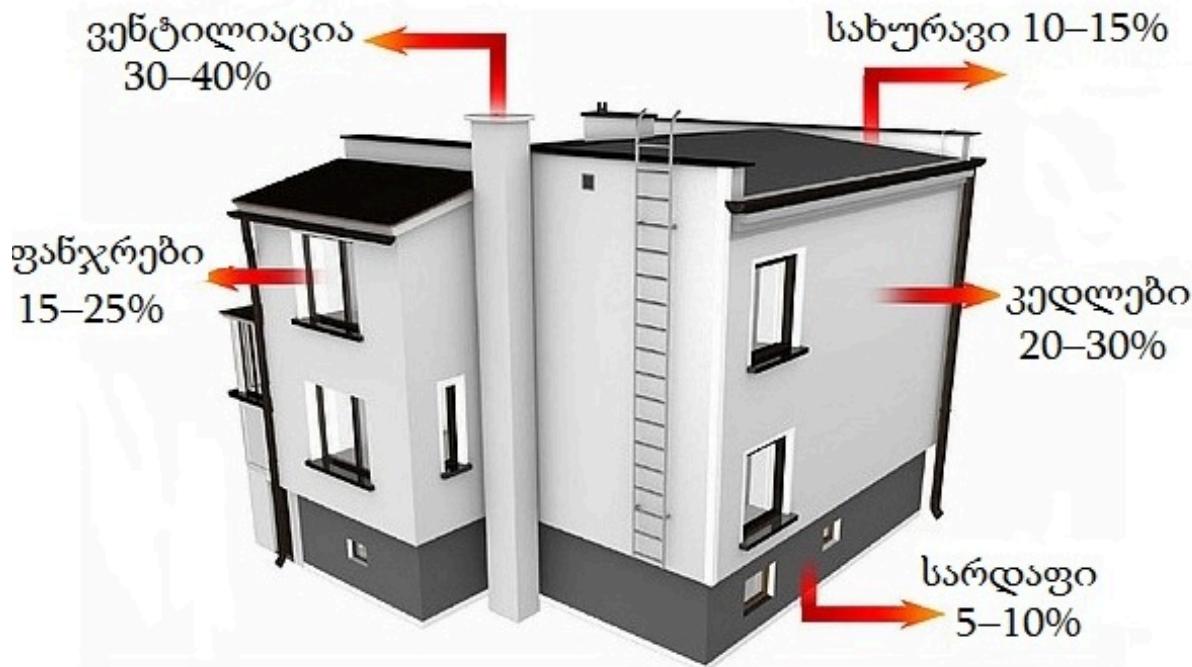
სურ.3.2-8ე წარმოდგენილია ახალი ენერგო დამზოგი მოწყობილობებით აღჭურვილი ენერგოეფექტური სახლის პრინციპიალური სქემა



**სურ.3.2. დამატებითი საშუალებებით აღჭურვილი ენერგოეფექტური
სახლის კონსტრუქციული სქემა**

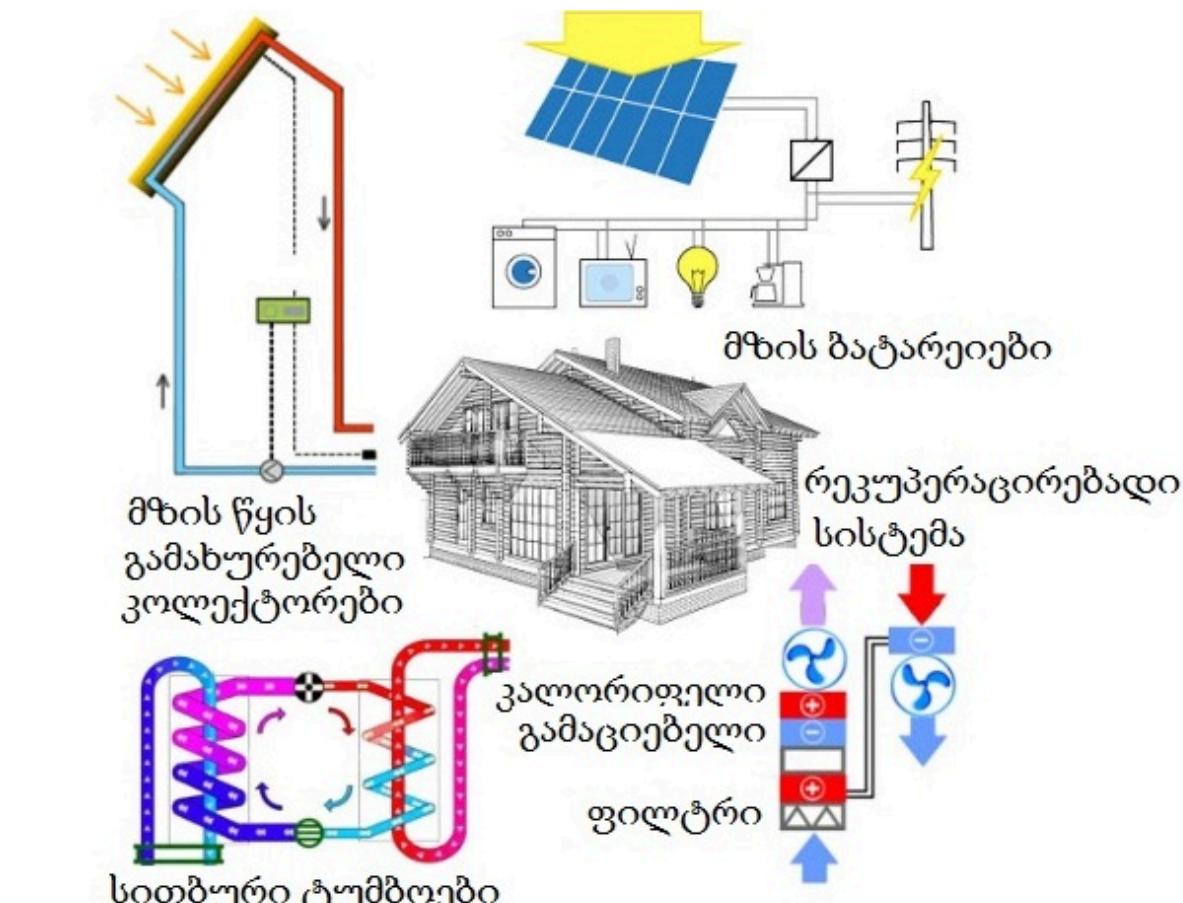
შენობების ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიებით ენერგოეფექტურ რეჟიმი გადაყვანისას სათანადო შედეგების მიღწევის მიზნით აუცილებელია იმის ცოდნა, თუ რა სახისაა და ნაგებობის კონსტრუქციის, რა ნაწილებიდან, რა რაოდენობით იკარგება სითბო ტრადიციული შენობებიდან. კვლევებით დადგენილია დანაკარგების ხვედრითი წილი კონსტრუქციის ნაწილების მიხედვით, სურ. 3.3. შენობებიდან სითბური დანაკარგების მოცულობების დადგენით კონსტრუქციების მიხედვით შესწავლა იძლევა ანალიზის გაკეთების საშუალებას შემდგომი სამოქმედო გეგმის განსაზღვრის მიზნით, რათა სწორად დაიგეგმოს კვლევის მიმართულება ენერგო დამზოგი ტექნოლოგიების სწორად შემუშავების მიზნით, და ამ კვლევების საფუძველზე მოიძებნოს ახალი ეფექტური მეთოდები, მასალები, განახლებადი ენერგიის ეფექტურად გამოყენების ფორმები მაქსიმალურად მაღალი ენერგოეფექტური მახასიათებლების მქონე სახლების აგების და მათი სხვდასხვა რეგიონებში კლიმატური პირობების გათვალისწინებით ტირაჟირების მიზნით. სწორედ ასეთი, გარემო პირობების გათვალისწინებით შესწავლის და მიღებული შედეგების გათვალისწინებით გახდა

შესაძლებელი მნიშვნელოვანი სამეცნიერო კვლევების ჩატარება, შესაბამისი მარეგულირებელი საკანონმდებლო სივრცის შექმნა და ეფექტური სტანდარტების შემუშავება, რის შედეგადაც ენერგოეფექტური მაღალი კლასის და სხვადასხვა ტიპის სახლების მშენებლობა ევროპის ქვეყნებში ცალკეულ შემთხვევებს დიდ ხანია აღარ წარმოადგენს.



სურ.3.3. ტრადიციული შენობებიდან სითბოს დანაკარგები
კონსტრუქციის შესაბამისი ნაწილებიდან

აღნიშნული დანაკარგების გათვალისწინებით არსებობს უკვე კარგად აპრობირებული შენობების შესაბამისი თანამედროვე მასალებით თბოიბოლირების, სითბური ხიდების შესაბამისად მოწყობის, შენობის საფუძვლების ენერგო დანაკარგების თავიდან აცილების მიზნით ახალი წესით მოწყობის მეთოდები. რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს შენობიდან სითბოს დანაკარგებს, ენერგოეფექტურობის ახალ ხარისხობრივ დონეზე აყვანისათვის ეს ღონისძიებები არასაკმარისია და ამ მიზნით უკვე ეფექტურად წარმოებს აქტიური, აღდგნითი ენერგიის წყაროების გამოყენება. სურ.3.4.



ნახ 3.4. მშენელობაში აქტიური განახლებადი ენერგო წყაროების სისტემების გამოყენება

3.2. შენობების ენერგოეფექტურობის ინტეგრალური მაჩვენებლების დასაბუთება

არსებობს სახლების ენერგოეფექტურობის შეფასების ევროკავშირის მიერ მიღებული დირექტივა. ამ დროს შეფასებისას არსებითია იმ მახასიათებლების დადგენა რომელიც ასახავს გამოყენებული ენერგო რესურსებით მიღებულ სასარგებლო ეფექტისა და საერთოდ დახარჯულ ენერგორესურსს შორის დამოკიდებულებას. განსაზღვრულია რომ შენობების, ნაგებობების, სახლების ენერგოეფექტურობა მნიშვნელოვნადაა დამკიდებული მათ გათბობასა და ვენტილიაციაზე

გაწეულ ენერგიის ხვედრით დანახარჯებზე. სხვაგვარად ეს მახასითებელი „შენობის სითბოთი უბრუნველყოფის“ მაჩვენებლია და შენობის სასარგებლო 1 მ² ფართის ან 1 მ³ მოცულობის გათბობაზე გაწეულ ფარდობითი ენერგო დანახარჯია, q_{des}^h , – კ.ჯოულ(მ² °C, დღე დამეში) ან q_{des}^h , – კ.ჯოულ(მ³ °C, დღე დამეში), და ეს მაჩვენებელი აუცილებლად ნაკლები უნდა იყოს იგივე პარამეტრის ნორმატულ მაჩვენებელზე, q_{reg}^h , – კ.ჯოულ(მ² °C, დღე–დამეში) ან q_{reg}^h , – კ.ჯოულ(მ³ °C, დღე–დამეში), ენერგოფექტურობის აღნიშნული მაჩვენებლის ნორმატული პარამეტრის უბრუნველყოფა შესაძლებელია შენობის გარე კონტურის სწორად შერჩეული თბოსაიზოლაციო მასალით შეფუთვით, შენობის გარემოს მიმართ სწორი ორიენტაციით განლაგებით, შენობის ეფექტური რეგულირებადი გათბობის სისტემით აღჭურვით.

$$q_{des}^h = 10^3 \times Q_h^y / (A_h \times D_d) \text{ ან } q_{des}^h = 10^3 \times Q_h^y / (V_h \times D_d);$$

სადაც; Q_h^y – მთელი სეზონის მანძილზე, შენობის გათბობის უბრუნველსაყოფად საჭირო ენერგიის ხარჯია. მ.ჯოულ.

A_h – შენობის გათბობით უბრუნველყოფილი სასარგებლო საერთო ფართია, მ².

V_h – შენობის გათნობით უბრუნველყოფილი საერთო მოცულობაა, მ³.

D_d – გათბობის მთელი სეზონის მანძილზე დღედამის საშუალო ტემპერატურაა, °C დღე–დამეში.

სეზონის მანძილზე შენობის გათბობაზე ინფერვალებს შორის დახარჯული ფარდობითი ენერგიის საერთო მაჩვენებლით განისაზღვრება შენობის ენერგოფექტურობის კლასი. შენობის გათბობასა და გაგრილებაზე დახარჯული ხვედრითი ენერგიის მავენებელი q_{gaT}^p , ვტ./(მ³ °C) განისაზღვრება მშენებლობის რეგიონის კლიმატური პირობების, შენობის გარემოში ორიენტაციის,

თბოსაიმოლაციო მახასიათებლების, გათბობისა და ვენტილიაციის სისტემის მაჩვენებლების გათვალისწინებით და ის იანგარიშება ფორმულით;

$$q^p_{gaT} = \left[k_{xvT} + k_{vent} - (k_{say} + k_{rad}) \cdot V \cdot \lambda \right] \cdot (1 - \mu) \cdot \beta_h$$

k_{xvT} – შენობის ხვედრითი თბოსაიმოლაციო მახასიათებელია, გტ./($\text{m}^3 \cdot \text{C}$),

k_{vent} – შენობის ხვედრითი სავენტილაციო მახასიათებელია, გტ./($\text{m}^3 \cdot \text{C}$),

k_{say} – შენობის საყოფაცხოვრებო სითბოს გაცემის ხვედრითი მახასიათებელია, გტ./($\text{m}^3 \cdot \text{C}$).

k_{rad} – შენობაში მზის რადიაციით სითბოს შემოღწევის მახასიათებელია, გტ./($\text{m}^3 \cdot \text{C}$)

μ – შენობაში გათბობისას, სითბოს მოხმარების შემცირების გამათვალისწინებელი კოეფიციენტია, $\mu = 0.1$

β_h – გამათბობელი ხელსაწყოებში სითბოს დანაკარგის გამო დამატებითი თბური ენერგიის ხარჯის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტია.

V – შენობაში გარე კედლების კონსტრუქციის გამო სითბოს შეღწევის შემცირების გამათვალისწინებელი კოეფიციენტია,

λ – გათბობის სისტემების სითბოს მიწოდების რეგულირების ეფექტურობის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტია.

შენობების პროექტირების, მათი რეკონსტრუქციის ან კაპიტალური რემონტის დაწყების წინ უნდა შეფასდეს მისი ექსპლუატაციისათვის ხვედრითი ენერგო დანახარჯების მაჩვენებელი, რომელიც საკმარისი სასარგებლო ფართის ან მოცულობის გასათბობად.

$$q = (Q_{sed} - Q_{ak}) \cdot \frac{10^3}{F_{gf}},$$

სადაც: $Q_{\text{sed}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$ მგვტ.სთ/წელ. შენობის

ექსპლუატაციითვის გათბობაზე, წყლის გაცხელებაზე, საინჟინრო სისტემებისათვის, საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებისათვის, განათებისათვის საჭირო ენერგიის საერთო დანახარჯია,

Q_{ak} – საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებიდან, ადამიანის სხეულიდან, შენობის ღიობებიდან მზის რადიაციით შენობის შიგნით აკუმულირებული ენერგიის მოცულობაა, მგვტ.სთ/წელ.

F_{gf} – შენობის გასათბობი საერთო ფართია, m^2 .

დღემდე სხვადასხვა სამეცნიერო ცენტრების მიერ შემუშავებული იქნა შენობების ენერგოეფექტურობის შეფასების უზრუნველსაყოფად არა ერთი მეთოდიკა, უმეტესი მათგანი არ იძლევა შენობის როგორც ერთიანი ენერგეტიკული სისტემის შეფასების საშუალებას. მათი მეშვეობით შენობების ენერგოეფექტურობა შეფასებულია პროექტირებისა და ექსპლუატაციის სფალიაზე და ექსპლუატაციის სფალიაზე იგივე მაჩვენებლის შეფასებას ხშირად არ აქვს ეკონომიკური გამართლება. ამ შემთხვევაში ენერგოეფექტურობის მიღებული მაჩვენებლები შენობების მესაკუთრეებს ხშირ შემთხვევაში არ აძლევს საკმარის მოტივაციას სიტუაციის გასაუმჯობესებლად დანახარჯების გაწევის მიზნით.

სათანადო გადაწყვეტილების მიღებისათვის მესაკუთრები გადაწყვეტილებას იღებენ არა საჭირო ენერგო რესურსების შესახებ მონაცემების გაცნობისას, არამედ ამ რესურსების მოხმარების შემდეგ დანახარჯების სისტემატიურად მზარდი ფასების დაფარვისას. ენერგორესურსების ხარჯი სათანადო ინფორმაციას აძლევს სპეციალისტების საკმაოდ ვიწრო ჯგუფს. შენობის ენერგოეფექტურობის შეფასების სისტემურ მაჩვენებლის მიზანია ენერგო დანახარჯების არსებითად შემცირება შენობის საკმარისი კომფორტის დონის სრულფასოვნად შენარჩუნების პირობებში. აღნიშნულის რეალიზაციის მიზნით აუცილებელია გადაწყვეტილი იქნას

შემდეგი ამოცანები:

ენერგოფექტურობის შეფასების მაჩვენებლების შემუშავება და ფორმალიზაცია. ენერგოდანახარჯების მონიტორინგის მოხერხებულად წარმოების მიზნით შეფასების კრიტერიუმები არ უნდა იყოს მრავალრიცხოვანი, თავად სისტემა უნდა იყოს დაბალანსებული და მოქნილი. ამ დროს გამოყენებული უნდა იქნას ენერგოფექტურობის შეფასების კლასიფიცირებული მაჩვენებელი მონიტორინგი შედეგად აღებული მონაცემების დამუშავება და მათი შემდგომი სტატისტიკური ანალიზი, უნდა იძლეოდეს ენერგო დანახარჯების რაციონალურ ინტერვალში შენარჩუნების შესაძლებლობას.

შენობის ფიპის, რეგიონის კლიმატური პირობების იქ არსებული სოციალური პირობების გათვალისწინებით, ენერგო დანახარჯების ნორმატიული მაჩვენებლების დადგენა.

შენობის მთელი სასიცოცხლო ციკლის ყველა სფალიაზე ენერგოფექტურობის მაჩვენებლის გაანგარიშება.

უნდა შემუშავდეს შეფასების ითლად აღსაქმელი და გაანგარიშებისას მოქნილი მოსახერხებელი ისეთი ნორმატიული მაჩვენებლები როგორიცაა: 1 მ² ან 1მ³ შენობის გათბობისა და ვენტილირებისათვის საჭირო პირობითი საწვავის ხარჯი ტონებში. ენერგიის ხარჯი შეიძლება გაანგარიშებული იქნას სულადობის მიხედვით.

შემუშავებული უნდა იქნას შენობის ფიპის, რეგიონის, კლიმარტური გონების შესაბამისი შეფასების ინტეგრალური მაჩვენებელი.

ინტეგრალური რაციონალური მაჩვენებლების უზრუნველყოფის მიზნით საკმარისი საზოგადოებრივი აზრის შემუშავება შესამაბისი გადაწყვეტილებისათვის მოქმედების სამოგივაციო სისტემის ჩამოყალიბების მიზნით.

მოტივაციით ნაკარნახევი კონკრეტული შემუშავებული სამოქმედო გეგმის შესაბამისად ანგარიშგების სისტემის შემუშავება.

ინტეგრალური მაჩვენებლის მიხედვით შენობის საექსპლუატაციო ენერგო დანახარჯების დონის კონტროლის სისტემის შემუშავება.

4. რესურს დამზოგი ტექნოლოგიები სამშენებლო მასალები და კონსტრუქციები

**4.1. ძირითადი სამშენებლო მასალების წარმოების,
მშენებლობის და ექსპლუატაციისას სტადიაზე რესურსების
დაზოგვის
შესაძლებლობები**

მშენებლობაში რესურსდამზოგი ფაქტორები
მშენებლობაში რესურსების დაზოგვა შემდეგი ფაქტორებით
შეიძლება იქნას უზრუნველყოფილი:

პროექტირების სტადიაზე მშენებლობის და შენობის ექსპლუატაციის
მინიმალური დანახარჯებით უზრუნველყოფა.

ენერგოფექტური და რესურს დამზოგი ტექნოლოგიების
მაქსიმალურად გამოყენებით მშენებლობისა და შენობების
ექსპლუატაციის პროცესის უზრუნველყოფა.

რესურს და ენერგო დამზოგი მასალების, ნაკეთობებისა და
კონსტრუქციების დანიშნულების მიხედვით შერჩევა და გამოყენება.

ახალი თანამედროვე რესურს დამზოგი ტექნოლოგიების მოძიება,

მათი მოსალოდნელი ეფექტის მაქსიმალური უბრუნველოფით გამოყენება.

სამშენებლო ციკლის ნებისმიერ ეტაპზე თანამედროვე მაღალეფექტური სამშენებლო ტექნიკის გამოყენება.

სამშენებლო ობიექტის მასალატევადობის მაქსიმალურად შემცირების ხარჯზე სატრანსპორტო დანახარჯების შემცირება.

ობიექტის მაქსიმალურად მოკლე დროში ჩაბარების მიზნით სამშენებლო სამუშაოების რაციონალურად ორგანიზება.

რესურს და ენერგო დაზოგვის მიღწევის მიზნით წარმოდგენილი ფაქტორების ნაწილი განეკუთვნება სამშენებლო მასალების და მშენებლობის წარმოების ინდუსტრიას, აյ მნიშვნელოვანია მასალატევადობის მაქსიმალურად შემცირების უბრუნველყოფით, გათვალისწინებული იქნას თანამდროვე მასალების რესურსდამზოგი ტექნოლოგიების გათვალისწინებით წარმოება და მშენებლობის სტადიაზე სამუშაოთა წარმართვა. მასალატევადობის შემცირება და ახალი სამშენებლო მასალების წარმოება ნედლეულის მოხმარების შემცირებასთან ერთად უბრუნველყოფს მათ წარმოებაზე და მონტაჟზე საჭირო ენერგო დანახარჯების შემცირებას. შენობების ექსპლუატაციისას აქცენტები გადატანილია გათბობის, ვენტილირებისთვის საჭირო ენერგო დანახარჯების შემცირებაზე, მასალა და ენერგო დანახარჯების შემცირება ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული პროცესებია და ერთის უბრუნველყოფა იძლევა ორმაგ ეფექტს და ორივე მიმართულებით კონკრეტული შედეგის მომტანია.

შენობის მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე ენერგოეფექტურობის შეფასების მიმართ სისტემური მიდგომა გულისხმობს რესურსების ეფექტურ მართვას ყველა შესაძლო მიმართულებით. ამათან საგულისხმოა რომ შენობის სასიცოცხლო ციკლის ხანგრძლივობა პირდაპირაა დაკავშირებული მშენებლობისას გამოყენებული მასალების სასიცოცხლო ციკლზე. ყველა სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის შდეგად საყოველთაოდაა აღიარებული, რომ სამოგადოებრივი საქმიანობის ყველა დარგიდან მშენებლობა ერთ-ერთი ყველაზე მასალატევადი მიმართულებაა. შენობა

ნაგებობების მშენებლობაზე გაწეული დანახარჯებიდან ნახევარზე მეტი მისი აგებისათვის საჭირო მასალებსა და კონსტრუქციებზე მოდის და ყველა კაპიტალური დანახარჯებიდან მშენებლობაზეა მიმართული სამოგადოდ გაწეული დანახარჯების 1/3. მაფერიალური წარმოების პროდუქციის 30% მშენებლობაშია გამოყენებული.

მშენებლობაში გამოყენებადი მასალებისა და კონსტრუქციების ფორმა, სახეობა და რაოდენობა პროექტირების სტადიაზე განისაზღვება.

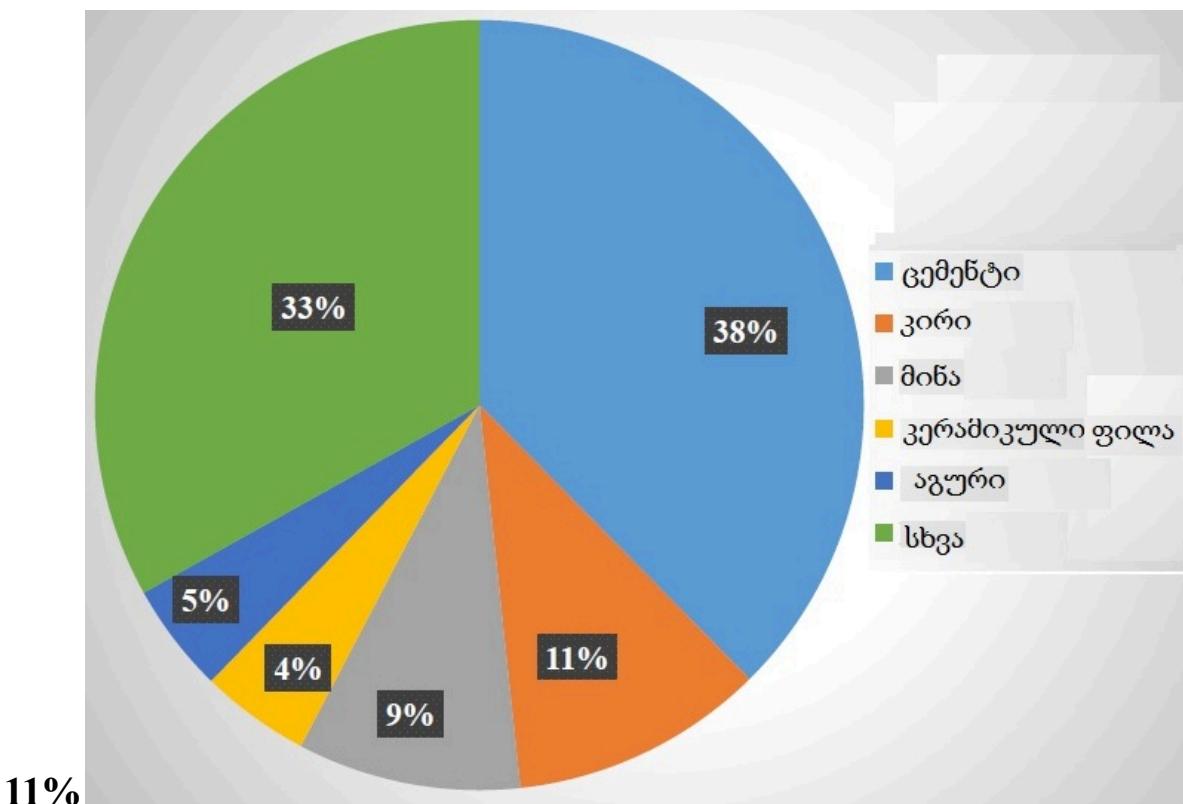
ამასთან მნიშვნელოვანია რომ სასურველი შედეგის მიღწევის მიზნით ამ ეტაპზევე იქნას დადგენილი ზუსტად მისი ენერგოეფექტურობის მაჩვენებელი და მისი წარმოებისას გაწეული ენერგო დანახარჯები. როგორც წესი ბეფონი, სამშენებლო ბლოკები, აგური, (კერამიკული ან სილიკატური) ხე, არამატურა ძირითად სამშენებლო მასალას წარმოადგენს. სამშენებლო მასალების, ნაკეთობების, და კონსტრუქციების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესი მნიშვნელოვან ენერგო დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. ბეფონი, არმატურა, ლითონის ნაკეთობები, მინა განსაკუთრებით ენერგოტევად სამშენებლო მასალების კატეგორიას განეკუთვნება. მინის წარმოებისას ტექნოლოგიური პროცესი 1500°C მიმდინარეობს. 1900°C ადის ტემპერატურა პენო მინის წარმოებისას. ცემენტის კლინკერის წარმოების ტექნოლოგიურ ციკლის მიმინარეობისას ტემპერატურა 1450°C აღწევს. შესამაბისად კირის წარმოება 1200°C ხდება კერამიკული აგურის 1100°C . შესაბამის ტექნოლოგიური ციკლის პირობებში ასეთი მაღალი ტემპერატურების უზრუნველყოფა დიდ ენერგო დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. ტონა ალუმინის მიღება გაცილებით მეტ ენერგო დანახარჯებთანაა დაკავშირებული ვიდრე ტონა ფოლადის წარმოება. ძირითად სამშენებლო მასალების წარმოებაზე დახარჯელი ენერგიის ხვედრითი წილი შეიძლება ასე იქნას წარმოდგენილი. ნახ.4.1.

სამშენებლო დარგის, მასალების წარმოების სტადიიდან, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პროცესის ჩათვლით ენერგოდამბობ ტექნოლოგიებზე გადასვლა, უზრუნველყოფს მასიმალურ

ენერგოეფექტურ შედეგების მიღწევას და ამასთან ამ პირობებში მაქსიმალურად იზრდება წარმოებისა და მშენებლობის სტადიაზე შრომის ნაყოფიერება.

ამასთან გასათვალისწინებელია რომ წარმოების ენერგო ტევადობა, შენობის თბური დაცვა და სამშენებლო პროდუქტის ხანგამძლეობა მჭიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული და ამიტომ მღიანად დარგში ენერგოეფექტურობა დამოკიდებულია წარმოების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სტადიაზე ენერგო დანახარჯებთან. ერთ შემთხვევაში შენობის კედლების მოწყობა დიდი ენერგო ტევადი მასალებისა და კონსტუქციების უფრო მცირე ენერგოტევადი იგივე მასალებით ჩანაცვლება იძლევა დადებით ეფექტს. სურ.4.1.

38%



სურ.4.1. ძირითადი სამშენებლო მასალების წარმოებაზე მოსული სკედრითი ენერგო დანახარჯები

სხვა შემთხვევაში პირიქით მცირე ენერგოტევადის უფრო ენერგო ტევადით ჩანაცვლება გრძის ნაგებობის ხანგამძლეობას და ამით

მიიღება მნიშვნელოვნი ეკონომიკური ეფექტი. მასალების შესწავლისას, მათი ენერგოტევადობის, ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით მოსალოდნელი ხანგამძლეობის, თბოსაიზოლაციო თვისებების კომპლექსური გათვალისწინებით შეიძლება მიღებული იქნას სწორი გადაწყვეტილება.

მაგრამ ნებისმიერ პირობებში სამშენებლო მასალების წარმოებისას ენერგო დანახარჯების შემცირება სულ უფრო აქტუალური ხდება და მიმდინარეობს ახალი ტექნოლოგებისა და მეთოდების ძიება რომელებიც უზრუნველყოფებენ სამშენებლო მასალის ხარისხის მთლანად შენარჩუნების პირობებში, ტრადიციულთან შედარებით, მის მცირე ენერგო დანახარჯებით წარმოების შესაძლებლობას. ზოგადად წარმოების პროცესში ენერგოდანახარჯების შემცირება ტენდენცია მსოფლიო ენერგეტიკული კრიზისის პერიოდიდან გააქტიურდა და სათანადო შედეგებიც იქნა მიღწეული. ენერგო დამზოგი ღონისძიებების, ტექნოლოგიების სრულყოფას და მართვის ხარისხის გაუმჯობესების ხარჯზე გასული 30 წლის მანძილზე წარმოების პროცესის ენერგო ტევადობა ევროპასა და იაპონიაში 1,6–1,8 ჯერ ამერიკაში კი 2–ჯერ შემცირდა. ენერგეტიკის საერთაშორისო სააგენტოს პროგნოზის მიხედვით 2030 წლისათვის ევროპაში წარმოების ენერგო ტევადობის კლება 30% კლებაა ნავარაუდები და ამერიკაში 2035 წლისათვის ენერგოტევადობა 25%-ით მოიკლებს. ამ კლების 2/3 წარმოების სტრუქტურული ცვლილებებზე მოდის.

ცხრილი 4.1. წარმოდგნილია დარგების მიხედვით ენერგოტევადობის კლების ტემპები.

ერთი ტონა 300 მარკიანი პორტლანდცემენტის წარმოებისათვის 140 კგ პირობითი საწვავია საჭირო. 345 კგ პირობითი საწვავია საჭირო 1 კგ. 600 მარკიანი პორტლანდ ცემენტის საწარმოებლად. ამ მასალის წარმოებისას ტექნოლოგიური პროცესის სველი წესიდან მშრალზე გადასვლით ენერგო რესურსების 55% დაბოგვაა შესაძლებელი. ცემენტის კლინკერის წარმოების მშრალ წესტეა გადასული იაპონიის ცემენტის წარმოება. აშშ-ს ცემენტის საწარმოების 65%, ხოლო ევროპის 58% ცემენტის კლინკერის იყენებს მშრალი

წარმოების ფექნოლოგიას. შედეგად აშშ-ში 1980–90 წლებში აშშ-ში ცემენტის წარმოების ენერგოტევადობა 29%–ით, იაპონიაში 18%–ით და კანადაში 9%–ით შემცირდა. ცემენტის წარმოებაში მაგნიტომგნობიარე დანამატების გამოყენება წარმოების პროცესის ენერგოტევადობის შემცირების პერსპექტიული შესაძლებლობაა, მაგნიტური ფორმის კამერებში ბეჭონის ნარევის თერმიული და ინდუქციური დამუშავებით ენერგოტევადობის 15–20%–ით შემცირებაა შესაძლებლელი. კრიზტალიზირებადი დანამატებით წარმოებული ცემენტები ჩვეულებრივ პირობებში 3–6 საათში აღწევენ საპროექტო სიმტკიცეს, რითაც 15–20%–ით იზოგება ენერგოდანახარჯები.

ცხრილი 4.1. დარგების მიხედვით ენერგოტევადობის კლების ტემპები

დარგი	ანგარიში		პროგნოზი	
	OECD ევროპა (1970-1997 წლ.)	OECD ევროპა (1990-200 0 წლ.)	OECD ე ვროპა (2000–203 0 წლ.)	OECD ამერიკა (2008–203 5 წლ.)
მანქანათმშენებლობა	1,8	2,3	0,6	0,7
შავი მეტალურგია	2,7	1,8	0,7	1,0
ჰერადი მეტალურგი	1,3	1,6	0,8	0,3
ქიმიური მრეწველობა	2,3	3,0	1,6	0,3
ხის დამუშავება	1,3	-0,1	1,5	0,3
სამშენებლო მასალების წარმოება	1,3	0,8	1,2	0,6
მსუბუქები მრეწველობა	1,6	1,5.	0,4	0,4
კვების მრეწველობა	0,6	0,2	0,5	0,6
მრეწველობა მთლიანად	2,3	2,7	1,0	1,0

სილიკატური ბეტონის გამოყენება ენერგო დანახარჯების მნიშვნელოვნად შემცირების საშუალებას იძლევა, ჩეულებრივ ბეტონთან შედარებით 1მ³ მაღალი სიმკვრივის მქონე სილიკატური ბეტონის წარმოებისას 56კგ. პირობითი საწვავისა და 15 კვტ.სთ ელ.ენერგიის დაზოგვაა შესაძლებელი. ტრადიციული წესით ცემენტის წარმოებისას მოხმარებული ენერგიის 40% ცემენტის ნედლეულის დაფქვაზე და 30% კლიკერის გამოწვაზე იხარჯება, აქედან გამომდინარე წისქვილების მუშაობის ეფექტურობის გაუმჯობესება ცემენტის წარმოების ენერგოეფექტურობის ამაღლების მნიშვნელოვანი რეზერვია.

60 ტ/სთ—ში დარტყმითი ცენტრიდანული ტიპის დამაქუმაცებლებით, ციკლონური სითბოცვლის და დეკარბონიზირების უნარის მქონე მაღალმწარმოებლური ტრადიციული მექანიზმების ჩანაცვლება საკმაოდ პერსპექტიულია ენერგოეფექტურობის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით.

არმატურის წარმოება განსაკუთრებით ენერგოეტევადია, 1 ტონა არმატურის წარმოებისათვის 1.8 ტ პირობითი საწვავი საჭირო. რკინა ბეტონის ქარხნებში 1 ტ. არმატურის ნაკეთობების მომზადებაზე დანახარჯი 100–150 კვტ.სთ—ია.

რკინა ბეტონის ქარხნებში ენერგოთერმო დამუშავების გამჭოლი ტიპის კამერებში ინდუქციური გახურების ენერგოდამზოგი რაციონალური მეთოდი ნაკეთობის 1მ³—8ე 100–120 კვტ.სთ ენერგიის დაზოგვის შესაძლებლობას იძლევა.

მნიშვნელოვან ენერგო დანახარჯებთანაა დაკავშირებული ყველა სახის აგურის წარმოება, ძირითადი ენერგო დანახარჯები აგურის გაშრობასა და გამოწვის პროცესზე მოდის. 1000 ცალ აგურის დამზადებაზე 300 კგ. პირობითი საწვავია საჭირო. შრობისა და გამოწვეის ღუმელების გაუმჯობესება ენერგიის დაზოგვის შესაძლებლობას იძლევა. ღუმელებში ცივი ჰაერის შეღწევის შემცირებით, მაღალი ხარისხის თბო საიზოლაციო მასალით ღუმელის შიგა კედლების მოპირკეთებით, გამახურებელი მოწყობილობის სწორი ექსპლუატაციით 1000 ცალ აგურის წარმოებაზე დახარჯული ენერგია 100 კგ. პირობით საწვავზე შეიძლება იქნას ჩამოყვანილი. სილიკატური

აგურის წარმოება თიხის აგურთან შედარებით ენერგოტევადობა გაცილებით დაბალია და 1000 ცალგე 85 კგ პირობით საწვავს შეადგენს და წარმოების ტექნიკური ციკლის ხანგრძლივობაც 8010 ჯერ ნაკლებია. ამასთან ნაკლებია ამ სახის აგურის ხანგამძლეობა და თბოსაიმოლაციო უნარი. დროთა განმავლოაში მსუბუქი ბეფონის წარმოების შესაძლებლობის განვითარების კვალობაზე მზიდი კედლებისა და ტიხოების ასაგებად ბოლო პერიოდში სამშენებლო ბლოკმა აგური მთლიანად ჩანაცვლა. მსუბუქ ბეფონის გააჩნია ფორმულა სტრუქტურა, ის კარგი თბოიმოლაციონია და მისი წარმობა გაცილებით ნაკლებ ენერგოტევადია ვიდრე აგურის. მნიშვნელოვანია რომ კედლის ბლოკით მოწყობისას აგურთან შედარებით მაღალია შრომის ნაყოფიერება და დაბალია შრომატევადობა, მაგრამ ამ უპირატესობებს სამშენებლო ბლოკი ინარჩუნებს იმ შემთხვევაში თუ მისი კუთრი წონა 400 კგ/მ³ ნაკლებია, სხვა შემთხვევაში მისი ენერგოტევადობა აჭარბებს აგურის იგივე მაჩვენებელს და კუთრი წონის ზრდის პარალელურად იკლებს მისი თბო საიმოლაციო უნარები, ასე მაგალითად 400 კგ/მ³ კუთრი წონის ბლოკის სითბოს გაფარების უნარი 25%-ით ნაკლებია 500 კგ/მ³ კუთრი წონის ბლოკთან შედარებით, ამაშთან მათი დამზადებისას 15%-ით ნაკლები ენერგიაა საჭირო პირველი ბლოკის დასამზადებლათ მეორესთან შედარებით და 1მ³ კერამზიტის ბოლკის დამზადებაზე იხარჯება 100 კგ, პირობითი საწვავი.

სამშენებლო მასალების წარმოების ენერგოტევადობა მოყვანილია ცხრილში 4.2.

ცხადია რომ სამშენებლო მასალების წარმოება დიდ ენერგო დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. სამშენებლო მასალების შერჩევისას გასათვალიწინებულია რომ შრობის ჯამური ენერგო დანახარჯები გაცილებით მეტი შეიძლება იყოს ვიდრე შენობის მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე საექსპლუატაციო და შემდგომ უფილიბაციისათვის აუცილებელი ენერგო დანახარჯები.

ცხრილში 4.2.

სამშენებლო მასალების წარმოების ენერგოტევადობა

მასალის დასახელება	რაოდენობა	ენერგოფევადობა კგ. ჸ.ს.
პორტლანდცემენტი მ 400	ტ	280
საარმატურე ფოლადი	ტ	920
სამშენებლო ლითონ კონსტრუქცია	ტ	1050
ალუმინის პროფილი	ტ	6120
თიხის აგური	ათასი ცალი	260
სილიკატური აგური	ათასი ცალი	85
ღორლი, ქვიშა	გ ³	30
სილა	გ ³	25

4.2. ენერგოდამზოგი კომპოზიციური სამშენებლო მასალები

21—საუკუნე სხვა უამრავ სიახლესთან ერთად ახალი კომპოზიციური მასალების საუკუნეცაა. ბუნებრივი და წარმოებული სინთეტიკური მასალები თავის ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ვეღარ პასუხობენ შენობის კონსტრუქციის, არქიტექტურის, თბოსაიზოლაციო ენერგოეფექტური ტექნოლოგიის მოთხოვნებს. სხვადასხვა მასალების შერევის შედეგად მიღებული ახალი მასალა იძენს კონკრეტული შემთხვევის შესაბამისად ახალ განსაკუთრებულ თვისებებს ეს კომპოზიტების განაკუთრებული შესაძლებლობაა. კომპოზიციური სამშენებლო მასალების გამოყენების შედეგად იზრდება მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე შენობის ენერგოეფექტურობა, რაც უზრუნველყოფილია შემდეგი ფაქტორების მეშვეობით;

კომპოზიციური სამშენებლო მასალების წარმოება ხდება ჩვეულებრივ მასალებთან შედარებით გაუმჯობესებული სითბოდამცავი თვისებებით, რაც მნიშვნელოვნად გრძის შენობის ენერგოეფექტურობის კლასს.

კომპოზიციური მასალების წარმოებისას ხშირად გამოიყენება

საყოფაცხოვრებო ნარჩენების სპეციფიკური ჯგუფში შემევალი სახეობები, რის გამოც მკვეთრად მცირდება ამ მასალებით ახალი პროდუქტის წარმოებისას გარემობები მიყენებული ზიანი და იზრდება მასალის გამოყენების სასიცოცხლო ციკლი.

კომპოზიციურ სამშენებლო მასალები როგორც წესი ხასიათდებიან გამოიყენებილი საექსპლუატაციოა ვადებით და რეციკლინგის უნარით.

კომპოზიციური არმატურა (იგივე ბაზალტის არმატურა, პლასტიკური არმატურა, პოლიმერული არმატურა, მინა ბოჭკოვანი არმატურა) ასეთი მასალების საუკეთესო შემთხვევაა, ის ფრთხოდ ინერგება სამოქალაქო მშენებლობაში, და ისეთ შემთხვევებში როცა ბეტონის კონსტრუქცია დინამიური დაფვირთვის ქვეშაა მოქცეული. სურ.4.2.



სურ.4.2.მინა ბოჭკოვანი არმატურა

4–5 ჯერ მცირე კუთრი წონა ფოლადის არმატურასთან შედარებით კომპოზიციური არმატურის მნიშვნელოვანი უპირატესობაა. ამის გამო არსებითად მცირდება მის მონტაჟისა და ტრანსპორტირებისათვის საჭირო შრომითი და ენერგო დანახარჯები. ის მეშაობს დიდ ტემპერატურულ -70 –დან $+100$ °C ფარგლებში. თავისი ტექნიკური მახასიათებლები გამო 8 მმ–იანი არმატურა ცვლის 10 მმ–იან ფოლადის არმატურას.



სურ.4.3. მინა ბოჭკოვანი არმატურის ბადე



სურ.4.4. მინა ბოჭკოვანი არმატურა ფრანსეპორტირებისას.

რკინა ბეტონის კონსტრუქციების უმეტესობას (ფუნდამენტები, ხილები, გადასასვლელები, რეზერვუარები), ხშირად აქვს შეხება წყალთან, წყალთან შეხებისას დროთა განმავლობაში წარმოებს ფოლადის არმატურის კორობია და მცირდება რკინა ბეტონის კონსტრუქციის საექსპლუატაციოა ვადა. მინა ბოჭკოვანი არმატურა სრულადაა დაცული კორობისაგან და ამის გამო მნიშვნელოვანად იზრდება შესაბამისი კონსტრუქციის ხანგამძლეობა. გომის მიხედვით მასალის მახასიათებელები წარმოდგენილია ცხრილში 4.3.

ცრხილი 4.3.

ფოლადის და მინა ბოჭკოვანი არმატურის შედარებითი ანალიზი.

მაჩვენებელი	მაჩვენებლის მნიშვნელობა								
	4	6	8	10	12	14	16	18	20
ფა-ის დიამეტრი	6	8	12	14	16	18	20	22	25
1გ მბა-წონა	0	03 0	06 0	083 0	135 0	21 0	24 0	287 0	313 0
1გ ფა-ის წონა	0	222 0	395 0	888 1	21 1	58 2	0 2	47 2	98 3
1გ მბა-ს მეტრაჟი	33334	16667	12048	7407	4762	4167	3484	3195	2833
1გ ფა-ს მეტრაჟი	4504	2532	1126	826	633	500	404	335	260
1გ ფა-ის ექვივალენტური მბა-ს წონა	135	152	93,5	111,5	133	120	116	105	92
	9	00 11	85 26	64 36	32 47	39 60	00 74	25 89	55 115
	8	00 9	5 13	5 18	7 29	2 41	00 51	50 78	3 98
	11	1 19	83 49	32 48	51 38	38 31	67 30	64 12	56 14

მშენებლობის ნებისმიერი მიმართულების შემდგომი განვითარება შეუძლებელია ინოვაციური სამშენებლო მასალების, საორგანიზაციო ტექნოლოგიური და ახალი ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე. ამ მიმართულებით ახალი რესურს და ენერგო დამზოგი სამშენებლო მასალების, კონსტრუქციებისა და ტექნოლოგიების მოძიება და მათი აქტიური გამოყენება ერთ-ერთი ეფექტური მიმართულებაა. ამის საუკეთესო მაგალითი მშენებლობაში გეომასალების გამოყენებაა. ჯეომასალები საფრანსელოფო მაგისტრალებში, პიდროფექნიკურ ნაგებობის მშენებლობაში კარგა ხანია უკვე გამოიყენება. ტერმინი „ჯეოსინთეტიკური მასალები“ აერთიანებს მასალების დიდ ჯგუფს. რომლებშიც ძირითად შემადგენელს სინთეტიკური ან ნატურალური პოლიმერები შეადგენენ. ჯეოფირის ფორმის მასალა გამოიყენება გზების მშენებლობისას და გრუნტის ყრილების სხვა შემთხვევებში

მოწყობისას, როგორც რელიეფისა და ყრილის გამყოფი, არმირების და წყალამრეკლი უნარის მქონე სისტემა. გეოსინტეტიკური მასალები ფლობენ რესურს და ენერგო დამზოგ თვისებებს. **ცხრილი 4.4.**

ჯეოტექსტილის გამოყენება ამცირებს შრომით, რესურსებისა და ენერგო დანახარჯებს, ის გრუნტის წყლებიდან ნაგებობის, (საავტომობილო გზის ვაკისის, შენობის ფუნდამენტის) საუკეთესო იმოლაცორია, იმრდება გზის ვაკისისა და ფუნდამენტის საექსპლუატაციო ვადა, მკვეთრად მცირდება ამ კონსტუქციების საექსპლუატაციო პერიოდში დაჯდომის მაჩვენებელი. ამ მასალის გამოყენებისას 70–85%-ით მცირდება მიწის და რკინა ბეჭონის სამუშაოებზე საფრანსპორტო დანახარჯები.

ცხრილი 4.4.

ჯეოტექსტილის გამოყენებისას მოსალოდნელი რესურსო და ენერგო დამზოგავი მახასიათებლები.

მახასიათებლები	რესურსდამზოგი	ენერგო დამზოგი
საკონსტრუქციო თვისებები	მოუხსნელი არმირება, არმირების მასალის ეკონომია.	ძვირად ღირებული, არმატურის ეკონომია.
მატერიალური შემადგენლობა	მატერიალური რესურსებია ეკეონომია	გეოსინეტიკური მასალის წარმოება ნაკლებად ენერგო დამზოგავადია ვიდრე რკინა ბეჭონის.
მონტაჟის ტექნოლოგია	რესურს დამზოგი ტექნოლოგია მონტაჟის მცირე დრო	სამშენებლო მანქანებზე ენერგო რესურსების ეკონომია მინიმალური არმატურა

	და შრომითი და ფინანსური რესურსების დაზოგვა.	და სამონტაჟო სამუშაოებზე შრომითი და მატერიალური რესურსების ეკონომია.
--	---	--

4.3. ენერგოფექტური ე.წ. მწვანე მასალების წარმოების შესაძლებლობები

4.3.1. წარმოების ეფაპზე ახალი ტექნოლოგიებისა და მეთოდების გამოყენებით ენერგოტევადობის უბრუნველყოფა.

ამ დროს ენერგიის შემცირების შესაძლებლობები უბრუნველყოფილი უნდა იქნას არა მარტო წარმოების არამედ, გეოლოგიურ საძიებო, ნედლეულის მოპოვების მასალის ტრანსპორტირების, თუ ნარჩენების უფილიბაცის და შენობის დემონტაჟის პროცესი.

ამ ეფაპზე მნიშვნელოვანია:

რა სახეობის და რა მოცულობის მასალები იქნა გამოყენებული მოცემული სახეობის სამშენებლო მასალის წარმოებისას.

არის თუ არა კონკრეტული სამშენებლო მასალის წარმოებისას განახლებადი ნედლეული.

როგორი ტექნოლოგიებით ხდება ნედლეულის წარმოება და მისი მოხმარების ადგილამდე ტრანსპორტირება.

რა სახეობის ხელოვნური მასალა გამოიყენება სამშენებლო მასალის წარმოებისას.

არსებობს თუ არა სამშენებლო მასალის წარმოებისას ნაჩენების მეორადი გამოყენების შესაძლებლობა, ან რამდენად თანამედროვეა მათი უფილიბაციის წესი.

როგორ ხდება წარმოებული მასალის დისტრიბუცია.

შესაძლებელია თუ არა სამშენებლო მასალის შეფუთვის ხელახალი გამოყენება.

რამდენადაა შესაძლებელი წარმოებული სამშენებლო მასალა მისი

რესურსის ამოწურვის შემდეგ.

4.3.2. გადამუშავების შესაძლებლობა.

ზოგიერთი სახეობის სამშენებლო მასალა მთლიანად ან ნაწილობრივ მეორადი მასალისაგან იწარმოება, ან შესაძლებელია მასალის გამოყენების შემდეგ მისი გადამუშავება. ცხადია სამშენებლო მასალების წარმოებისას მეორადი მასალის გამოყენება პირდაპირ პროპორციულად უზრუნველყოფს რესურსების და ენერგიის რამდენიმე მიმართულებით დაზოგვის შესაძლებლობას და აღნიშნული მასალის წარმოებისას გარემოზე წარმოებს შესაბამისი მოცულობით ნაკლები გიანის მიყენება. ნედლეულის აღედგენელი მარაგების გამოყენების შემცირებით მიიღწევა ნედლეულის ეკონომია და ასევე წარმოების პროცესისათვის საკმარისი ფინანსური რესურსების შემცირება. ევრკავშირის ახალი რეგულაციები ხელს უწყობენ გამოსახმარისებული პლასმასის, რეზინის, სამშენებლო ნაკეთობების თუ სხვა სახეობის ნარჩენების მეორად გამოყენებას. კონკრეტული სამშენებლო მასალის წარმოებისას უნდა მოიძებნოს ამ მასალის მთლიანად ან ნაწილობრივ მეორადი მასალისაგან ან ნარჩენებისაგან წარმოების შესაძლებლობა. რა ნარჩენები სახის ნარჩენები წარმოიქმნება კონკრეტული სამშენებლო მასალის წარმოებისას და არსებობს თუ არა მათი მეორადი გამოყენების შესაძლებლობა.

4.3.3 განახლებადი რესურსების გამოყენების შესაძლებლობა

სამშენებლო მასალების წარმოებისას შეიძლება გამოყენებული იქნას აღდგენადი ენერგიის წყაროებიდან წარმოებული ენერგია და აღდგენადი ნედლეული, ან მოპოვებადი ნედლეულით წარმოებული ენერგია და მასალები. სამშენებლო მასალების წარმოებისათვის საჭირო რესურსების მოპოვება მიმდინარეობს გარემოსათვის

სერიოზული საფრთხის შემცველი სისწრაფით. მოპოვებადი ენერგიის წყაროების რესურსებიც უსაბლვრო არაა. ამიტომ მნიშვნელოვანია სამშენებლო მასალების წარმოებაში აქტიურად იქნას გამოყენებული აღდგენადი ენერგიის წყაროები და ნედლეული.

4.3.4. წარმოების ლოჯისტიკა

ამ თვალსაზრისით არსებითია რომ სამშენებლო მასალების მიწოდება ობიექტზე წარმოებდეს რაც შეიძლება მოკლე მანძილებზე, ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ასფალტბეტონის, ცემენტბეტონის, მიწის ვაკისის მოსაწყობად მასალების გადატანისას. მასალების მიწოდების ლოჯისტიკის სწორად დაგეგმვა იძლევა ტრანსპორტირების ენერგო რესურსის დაზოგვისა და გარემობის მავნე ზემოქმედების შესაბამისი პროპორციით შემცირების საშუალებას. ახალი მშენებლობის დაწყებისას მისი მასშტაბებიდან გამომდინარე არსებითია ყველაზე ენერგო და მასალატევადი შემადგენელი წარმოებული იქნას მშენებლობის ობიექტიდან მკირე მანძილებზე.

4.3.5. ენერგოგევადობა

სამშენებლო მასალის წარმოებაზე სასურველია დაიხარჯოს იმდენად მინიმალური ენერგია რამდენადაც ეს შესაძლებელია ტექნოლოგიური ციკლიდან გამომდინარე. სამშენებლო მასალების წარმოება და სამშენებლო ფონდის ექსპლუატაცია მოიხმარს მსოფლიოში წარმოებული ენერგიის ნახევარს. ევროკავშირიში, ამერიკაში, იაპონიაში კანადაში, და სხვა ქვეყნებში მოქმედებს ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესების რეგულაციები და სისტემის გაუმჯობესების პროგრამები. ენერგოეფექტურობის მიმართ მოთხოვნები იმდება აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებში. ასოცირების ხელშეკრულების მოთხოვნების შესაბამისად საქართველოში მჩადდება

შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზა. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს რომ სამუშაოები საკანონმდებლო დონეზე, სამეცნიერო და სამშენებლო ინდუსტრიაში ორი მიმართულებით მიმდინარეობს; შენობა ნაგებობების ექსპლუატაციისას და სამშენებლო მასალების წარმოების ენერგოეფექტურობის ამაღლება და უზრუნველყოფილი იქნას პროცესის ენერგოტევადობის დინამიკურად თანმიმდევრული კლება. ამ მიმართულებით შედეგების მიღწევის მიზნით სხვადასხვა ქვეყნებში შემუშავებულია სხვადასხვა სტრატეგია, უნდა აღინიშნოს რომ გამოსავალი მსგავს პრობლემების გადაწყვეტაში მდგომარეობს, განსხვავება მხოლოდ შედეგის მიღწევის თანმიმდევრობაში ფინასურ მხარდაჭერასა და მოსალონდელი შედეგების რეალურად გააჩრების ხარისხზე დამოკიდებული. პრობლემის გადაწყვეტისას არსებითია სწორად მოიძებნოს პასუხი კითხვებზე:

ენერგიის რომელი წყაროები გამოიყენება სამშენებლო მასალების საწარმოო პროცესში თუ შენობების ექსპლუატაციისას.

რა სახის ინოვაციური ტექნოლოგიების დაგეგმვაა განსაზღვრული სამშენებლო მასალების საწარმოო პროცესში თუ შენობების ექსპლუატაციისას ენერგოეფექტური მიმართულებით სათანადო შედეგის მისაღწევად.

უზრუნველყოფს თუ არა შერჩეული სამშენებლო მასალა შენობის გათბობაზე და გაგრილებაზე მოხმარებული ენერგიის ნაწილობრივ შემცირებას ან მის მოხმარებაზე უარის თქმას.

შერჩეული მასალები, შენობის კონსტრუქცია, რამდენად იძლევა მზის ენერგიის გათბობისათვის და განათებისათვის გამოყენების შესაძლებლობას.

4.3.6. სამშენებლო მასალების წარმოებისას, მშენებლობის ეფაპზე და შენობების ექსპლუატაციისას გარემობების მავნე გემოქმედების შემცირების გზები

ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე დაკვირვებამ ნათელი გახადა

რომ სამშენებლო სექტორის როგორც ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ყველაზე მასშტაბური დარგის ფუნციონირება ნედლეულის მოპოვების სფალიდან, სამშენებლო მასალების, მშენებლობის, შენობების ექსპლუატაციის და მათი უტილიტაციის ყველა ეტაპზე სერიოზულ ნეგატიურ გავლენას ახდენს გარემობები, გრძელვადიანი და მრავლის მომცველი პროცესის დროს ბინძურდება, ჰაერი, წყალი, ნიადაგი, საფრთხე ექმნება ლოკალურ ტერიტორიებს, ლოკლაური ეკო სისტემა დადის ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევის რისკის დონემდე. ქვეყნების და მსოფლიოს მასშტაბით კი ყოველივე ამის გამო სერიოზული გამოწვევის წინაშე დგას გარემო და მისი ეკოლოგიური წონასწორობა. პრობლების გადაწყვეტის მიზნით არსებობს ფუნდამენტალური მიდგომები, უნდა განისაზღვროს:

სამშენებლო მასალის წარმოებისათვის ნედლეულის მოპოვება და მისი წარმოება რამდენად აყენებს ბიანს ნიადაგს, ჰაერს, წყალს, და ბოგადად ეკოსფერას.

რა ბეგავლენას ახდენს ნედლეულის, სამშენებლო მასალის დისტრიბუცია თუ სამშენებლო ობიექტამდე ფრანსპორტირება გარემობები.

რამდენად ტოქსიკურია და რადიოქტიურია სამშენებლო მასალის წარმოებისათვის განკუთვნილი ნედლეული და თვითონ სამშენებლო მასალა, მის მოხმარების სფალიაზე ხდება თუ არა გაზების, გამოყოფა, არის თუ არა ის კანცეროგნული და ელექტრომაგნიტურად აქციური.

რა წესით წარმოებს სამშენებლო მასალის წარმოებისას და სამშენებლო ობიექტები – ნახმარი წყლის უტილიტაცია.

ინვაციური ტექნოლოგიების და ახალი სამშენებლო მასალის გამოყენება რამდენად ამცირებს მოთხოვნას ტრადიციული ენერგიის წყაროებით გამომუშავებულ ენერგიაზე.

4.3.7. ხანგამძლეობა

ხანგამძლეობა ენეროეფექტურობისა და რესურსების დაზოგვის მნიშვნელოვანი მიმართულებაა, სასურველი შედეგის უზრუნველყოფის მიზნით სამშენებლო მასალები უნდა ხასიათდებოდნენ ხარისხის გაუარესების გარეშე ხანგამძლეობით და მთელი ექსპლუატაციის პერიოდის მანძილზე არ უნდა მოითხოვდნენ რთულ მომსახურეობას. შენობის დაგეგმარებისას სათანადო მასალების შერჩევისას მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული იქნას:

როგორია შერჩეული სამშენებლო მასალის სასიცოცხლო ციკლი.

რამდენად მარტივი და ენერგოეფექტურია მასალის მონტაჟი და მისი მოხმარება, ითხოვს ის თუ არა ტექნიკურ მომახურეობას და შეცვლას.

4.3.8. ნარჩენების მინიმიზაცია

რესურსების დაზოგვისა და გარემობები მავნე ზემოქმედების შემცირების მიზნით სამშენებლო მასალების წარმოება ისე უნდა იქნას ორგანიზებული, რომ მინიმაუმადე იქნას დაყვანილი ნარჩენების წარმოქმნა, ნაგვასაყრელებები უფილიბირებული მასიდან 40–დან 60%–ამდე სამშენებლო ნარჩენია. რეციკლირებისა და ახალი ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით მინიმუმადე უნდა იქნას დაყვანილი სამშენებლო ინდუსტრიის შედეგად ნარჩენების წარმოქმნა.

4.3.9. დადებითი სოციალური ეფექტი

ახალ სამშენებლო მასალები გარდა პირდაპირი დანიშნულებისა ხელს უნდა უწყობდნენ ცხოვრების პირობების ხარისხის გაუმჯობესებას და მათი გამოყენებით იმატებს შენობის კომფორტი, ანალოგებისაგან განსხვავებით იზრდება რესურსების დაზოგის ახალი შესაძლებლობები. რესურსდამზოგი ტექნოლოგიებით ხედლეულის მოპოვებას, მასალის წარმოებას, მშენებლობა და შენობის ექსპლუატაციას აქვს

მნიშვნელოვანი სოციალური ეფექტი, კომპორტული და უსაფრთხო გარემო ადამიანებისთვის ჯანმრთელობის შენარჩუნების სერიოზული ფაქტორია. აღნიშნული მიმართულებით წარმოების უბრუნველყოფისას რესურსები იზოგება, ნედლეულის მოპოვებაზე, მასალის წარმოებაზე, მშენებლობის სტადიაზე და შენობის ექსპლუატაციაზე, ამასთან გარემოს აღდენა და ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებაზე მოხმარება ნაკლები ფინანსური რესურსები, იზოგება სამოყვალებრივი ჯანდაცვის უბრუნველყოფისთვის გამოყოფილი ფინანსური რესურსები, მცირდება ტრადიციული წარმოებული ენერგიის მოხმარების ხვედრითი წილი მთლიანად მოხმარებული ენერგიიდან. გამოთავისუფლებული თანხები შესაძლებელია მიმართული იქნას სხვა სოციალურად აქტიური პრობლემების გადასაწყვეტად.

4.3.10. ხელმისაწვდომობა

რესურს დამზოგი „მწვანე სამშენებლო მასალების“ ფასი ბაზარზე ხშირად მეტია ჩვეულებრივ მასალებთან შედარებით, მაგრამ ამ მასალების რესურს დამზოგ შესაძლებლობების და გამოსყიდვის ვადის გათვალისწინებით მისი ფასი აღექვატურია და გრძელ ვადიან პერსპექტივაში ამ მასალის გამოყენების სასარგებლოდ უპირატესობას ასაბუთებს. მასალა ვერ იქცევა მაინსტრიმად სანამ ის სრულად არ გავრცელდება ბაზარზე, არ მოხდება ფასის ტრადიციულ სამშენებლო მასალებთან დაახლოება და მომხმარებელს არ ექნება ინფორმაცია ასეთი მასალების გამოყენებით მიღებული სარგებლს შესახებ.

5. სითბოს გადაცემა და თბოგამტარობა



5.1. მასალებში თბოგამტარობისა და სითბოს გადაცემის არსი

გარემოში სითბოს გადაცემა წარმოებს მოსაზღვრე მასალებს ან სივრცეებს შორის ტემპერატურის სხვაობის არსებობის პირობებში. ამ დროს სითბო გადაცემა მაღალი ტემპერატურის გარემოდან გადაეცემა დაბალი ტემპერატურის გარემოში. მაგალითად ზამთარში გამთბარი შენობებიდან სითბოს გადაცემა გარე შემზღვეველი კედლების გავლით გადის დაბალი ტემპერატურის მქონე გარემოში და ზაფხულში პირიქით მზის რადიაციით გამთბარი კედლებიდან სითბო გარემოდან შედის შენობის შიგა სივრცეში.

არსებობს სითბოს გადაცემის სამი ფორმა: თბოგამტარობა, კონვექცია, გამოსხივება.

თბოგამტარობა – მასალის თვისებაა მოსაზღვრე ზედაპირებ შორის ტემპერატურათა სხვაობის გამო, გაატაროს სითბოს ნაკადი მისი გეომეტროული ზომების გავლით, ერთი ზედაპირიდან მეორეს გავლით

მოსაზღვრე გარემოს შორის. თბოგამტარობა ხასითდება მოსაზღვრე ბედაპირებს შორის 1°C ტემპერატურის სხვაობისას, ერთი საათის განმავლობაში 1 \Delta^2 ფართისა და 1 \Delta სისქის მქონე საცდელი მასალის გავლით გასული სითბოს რაოდენობის მიხედვით. თბოგამტარობის ეფექტი კარგად ვლინდება მყარი ტანის მასალების პირობებში, მაგრამ ამ ფიზიკურ მოლენას ადგილი აქვს თხევად არეში და გაზების პირობებშიც. თბოგამტარობა აღწერილი შეიძლება იყოს $3\text{ \Delta}/(\text{ \Delta } \times {}^{\circ}\text{C})$ ან $3\text{ \Delta}/({\Delta }^2 \times {}^{\circ}\text{C})$ განზომილების მეშვეობით. მასალის თბოგამტარობა დამოკიდებულია მის სიმკვირივეზე, ქიმიურ-მინერალურ შემადგენლობაზე, სტრუქტურაზე, ტენიანობასა და მასში არსებულ საშუალო ტემპერატურაზე. რაც უფრო ფორთვანია მასალია მით ნაკლებია მისი სიმკვრივე და დაბალია თბოგამტარობის მაჩვენებელი. მასალის ტენიანობის ზრდის პარალელურად მცირდება მისი თბოიზოლირების უნარი და იზრდება მისი გავლით თბოგამტარობის მაჩვენებელი. ამის გათვალისწინებით სხვადასხვა მასალები სითბოს სხვადასხვაგვარად აფარებენ. მასალების ერთი ჯგუფი სწრაფად, მაგალითად ლითონი და მეორენი ნელა(თბოსაზოლაციო მასალები). თბოგამტარობის რაოდენობრივი მახასიათებელი, მასალის λ – თბოგამტარობის კოეფიციენტია. თბოგამტარობის კოეფიციენტის რაოდენობრივად ჯოულებში გამოხატული სითბოს იმ რაოდენობის ფოლია, რომელიც მოსაზღვრე ბედაპირებს შორის 1°C ტემპერატურის სხვაობისას, ერთი საათის განმავლობაში 1 \Delta^2 ფართისა და 1 \Delta სისქის მასალაში გადის, სამშენებლო მასალების თბოგამტარობის კოეფიციენტი მერყეობს $3.5 - \text{დან}(\text{გრანიტი}) 0,004 \text{ კ \Delta}/(\text{ \Delta } \times {}^{\circ}\text{C}) - \text{მდე.}$ (ქაფპოლისტიროლი) სხვადასხა მასალის შემთხვევეში, λ – თბოგამტარობის კოეფიციენტის მნიშვნელობის განსაზღვრა ხდება ექსპერიმენტული გზით, მასალის და გარემოს მახასიათებლებიდან გამომდინარე.

თბოგამტარობა – λ სითბოს გამტარობის საანგარიშო მაჩვენებელია რომელიც სტაციონალურ რეეიმში ერთი წამის განმავლობაში, 1 \Delta^2 ფართზე, 1 \Delta სისქის მასალის გავლით გავლილი

სითბოს რაოდენობის ფოლია. მაშინ როცა მასალის გარე და შიგა ფენებს შორის ტემპერატურათა სხვაობა 1 კელვინის ფოლია ($1\text{K} \approx 1^\circ\text{C}$) სითბოს გამტარობის მაჩვენებელის საზომი ერთეული შემდეგნაირად შეიძლება იყოს წარმოდგენილი:

$$\text{გტ.წმ.მ/წმ.მ}^2 \text{ კელ.ვტ}/(\text{მ.კელ})$$

რაც უფრო დიდია λ – ის მაჩვენებელი მით უფრო მაღალია მასალის სითბოგამტარობა და პირიქით, λ – ს დაბალი მაჩვენებლისას იმრდება მასალის მისი თბოსაიზოაციო თვისებები.

მასალის მიერ თბური ენერგიის გაფარება დამოკიდებულია მის ფიზიკურ თვისებებზე, ქიმიურ შემადგენლობაზე ექსპლუატაციის პირობებზე. სითბოს დამზოგად შეიძლება ჩაითვალოს მასალა თბოგამტარობის $17 \text{ ვტ}/(\text{მ.}^0\text{c})$

კონვექცია – სითხის ან გაზის მოძრავი მასების მიერ სითბოს გადაცემის პროცესია, მასების მოძრაობას შეძლება ჰქონდეს ტემპერატურული სხვაობის გამო ბუნებრივი ხასიათი, ან რომელიმე ხელოვნური საშუალებებით მაგალითად ვენტილიატორის ან კონდიციონერის მეშვეობით.

თბური გამოსხივება – გაზის ფორმის მასაში ან ვაკუუმში სითბოს გადაცემა ელექტრომაგნიტური ტალღების სახით. შენობა ნაგებობებში თბოგადაცემა შეიძლება წარმოებდეს სამივე ფორმით. თუმცა შენობის სხვადასხვა სივრცეში ან გარე კედლების ახლოს გარემოში, სითბოს გადაცემა უმეტეს შემთხვევაში წარმოებს კონვექციით ან გამოსხივებით. მყარ მასალებში ან მათგან აგებულ შენობის კონსტრუქციებში სითბოს გადაცემა წარმოებს თბოგამტარობის მეშვეობით.

სითბოს იბოლატორი მასალები. სამშენებლო მასალები და ნაკეთობები, რომელთაც გააჩნიათ სხვადასხვა ტექნიკური დანიშნულება და ამათგან ყველაზე მნიშვნელოვანი შენობის კონსტრუქციების, შიგა სივრცეების და ნაგებებოების ტემპერატურის ზემოქმედებისგან დაცვა. ასეთი მასალების თბური ზემოქედებისაგან დაცვის უნარის უზრუნველყოფა გარანტირებულია მასალის დაბალი სიმკვრივით,

ფორმვანი სტრუქტურით და დაბალი თბოგამფარობის მეშვეობით. შენობის გათბობასა და გაგრილებისათვის მოხმარებული ენერგიის მოცულობების მკვეთრი შემცირება, მშენებლობაში მასიურად და მიზანმიმართულად თბოსაიზოლაციო მასალების გამოყენების პირდაპირი შედეგია, გარდა ამისა აღნიშნული მასალების გამოყენება ამცირებს ტრადიციული სამშენებლო მასალების მოხმარებას და იწვევს შენობის კონსტრუქციის მასის შემცირებას, მათი გამოყენებით საგრძნობლად უმჯობესდება შენობის საცხოვრებელი პიროებების მახასიათებლები. შენობის გათბობაზე დახარჯული ენერგის შემცირების გზა მასალის თბოსაიზოლაციო უნარით მიღწეულ, კედლების სითბოს გაფარების თერმიულ წინააღმდეგობაზე გადის.

თბოგამფარობის მაჩვენებელი თბოსაიზოლაციო მასალის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. თბოსაიზოლაციო მასალის თბოგადაცემის უნარი დამოკიდებულია მასალის სიმკვრივეზე, მის სახეობაზე, ზომებზე, ფორიანობას, ტემპერატურასა და ტენიანობაზე.

სითბოს რაოდენობა – Q (ვტ.წმ) ენერგიის ის რაოდენობაა რომელიც, გარემოდან შეიძლება მიღებული ან გარემობების გაცემული იქნას ერთი წამის (წმ)განმავლობაში, თბური ნაკადის (ვტ) წარმოქმნისას.

სითბოს რაოდენობა: 1 ჯოული = 1ვტ.წმ=ნმ.

თბური ნაკადი: ჯოული/წმ = 1ნმ/წმ.

ფორიანობა – განისაზღვრება მასალის საერთო მოცულობიდან ფორებით დაკავებული მოცულობის პროცენტული მაჩვენებლით, სამშენებლო მასალების შემთხვევაში თბოსაიზოლაციო მასალების ფორიანობა მერყეობს 0–90%–ს შორის. ქაფპორისტილისათვის ეს მაჩვენებალი შეიძლება მეტიც იყოს.

სიმკვრივე – გარკვეული დატვირთვის ქვეშ მყოფი მშრალი მასალის მასის მოცულობასთან ფარდობაა. (კგ/მ³). კუმშვაზე სიმტკიცე დატვირთვის ის მაჩვენებელია (კ.კას)რომლის ბემოქმედებითაც 10%–ით იცვლება მასალის სისქე.

კუმშვის უნარი – მასალის თვისებაა შეიკუმშოს მოცემული დატვირთვის ბემოქმედებით. კუმშვა ხასიათდება 2 მკა–ს ძალის

ბემოქმედებისას მასალის ფარდობითი ბემოქმედების მაჩვენებლით.

ორთქლის გაფარების უნარი – კედლის გარეთ და შიგნით წნევათა სხვაობის ხარჯზე მასალის მიერ ნესტის გაფარების თვისებაა.

წყლის შეწოვა – მასალის თვისებაა წყალთან უშეალო ურთიერთობისას შეიწოვოს წყალი და დაიკავოს ის მის მოცულობაში არსებული ფორების მეშვეობით. თბოსაიმოლაციო მასალების წყლის შეწოვის უნარი ხასიათდება წყლის იმ მოცულობით რომელსაც შეიწოვს და იკავებს მშრალი მასალა, მის მოცულობასთან ან მასასთან შეფარდებით. წყლის შეწოვის უნარის შემცირების მიზნით თბოსაიმოლაციო მასალების დამზადებისას მათში შეპყავთ ჰიდროიმოლაციონური დანამატები.

ტენიანობა – მასალაში არსებული თავისუფალი წყლის რაოდენობაა. თბოსაიმოლაციო მასალაში წყლის რაოდენობის გაზრდისას იმრდება მისი სითბოსგაფარების უნარი.

ყინვაგამძლეობა – წყლით გაუღენთილი მასალის უნარია რღვევის ნიშნების გარეშე გადაიტანოს მრავალჯერადად გაყინვისა და გალღობის ციკლი. მასალის ამ თვისებაზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სამშენებლო მასალის კონსტრუქციის ხანგამძლეობა.

ჰაერგამტარობა – თბოსაიმოლაციო მასალის თბური ბემოქმედებისგან დაცვის უნარი იმრდება მასალის ჰაერგამტარობის უნარის შემცირების პირდაპირ პროპორციულად. მასალის ცეცხლგამძლეობის უნარი დამოკიდებულია იმაზე ცეცხლის გემოქმედებისას ხდება თუ არა მასალის აალება, მისი სტრუქტურის რღვევა, თუ სიმტკიცის შემცირება.

სითბოტევადობა – მასალის თვისებაა უბრუნველყოს სითბოს შთანთქმა მასზე მაღალი ტემპერატურის ბემოქმედებისას. რაოდენობრივად სითბოტევადობა ხასიათდება ხვედრითი თბოტევადობით, ჯოულებში იმ სითბოს რაოდეობაა, რომელიც ბეოქმედებით 1kg მასალის ტემპერატურა იმრდება 1°C –ით. ჯოული($\text{კგ} \times {}^{\circ}\text{C}$) აღნიშნული რაოდენობრივი მაჩვენებელი დამოკიდებულია მასალის ტენიანობაზე და ტენიანობის გრდის პარალელურად იმრდება მასალის სითბოტევადობაც.

თერმიული წინააღმდეგობა – შენობის გარე საკედლე კონსტრუქციის სითბოს გადაცემის უნართან დაკავშირებული თვისებაა, მასზეა დამოკიდებული კედლის სისქე და შენობის გათბობისათვის საჭირო ენერგიის რაოდენობა.

შენობის გარე კონსტრუქციის თბოსაიზოლაციო თვისებების გაუმჯობესებით მიღწევა შენობის გათბობისათვის საჭირო ენერგიის ხარჯი. თბოსაიზოლაციო თვისებები დამოკიდებულია კედლის სისქეზე და კედლის მასალის სითბოს გადაცემის კოეფიციენტის მაჩვენებელზე.

თუკი კედელი შედგება სხვადსახვა მასალის რამდენიმე შრისაგან, მაშინ მისი თერმიული წინააღმდეგობა კედლის შემადგენელი მასალების სითბოსგადაცემის კოეფიციენტების ჯამის ფოლი იქნება. თუკი კედლის სიმტკიცის უბრუნვესაყოფად შერჩეული სამშენებლო მასალა საკმაოდ ტრადიციულია და მათი შერჩევა არ უკავშირდება სირთულეებს. გასხვებით თბოსაიზოლაციო მასალებისა რომელიც ძალიან მრავალფეროვანია, ისინი განსხვავდებიან ფორმით, შემადგენლობით, დანიშნულებით, დამზადების წესით, ფასით. რბილი მინერალური ბამბით ან მინაბორკოვანი მასალით წარმოებს შენობის რთული კონფიქურაციის ღრუ სივრცეების ამოვსება, ხოლო ფილების ფორმის მყარი მასალით (ქაფპლასტი, ქაფიზოლი, ქაფპოლიურეტანი) უფრო ტექნოლოგიურია, ისინი არ იწვის, ცეცხლგამძლეა, მაღალპიგიენურია, ამ მასალებიდან ნაწილი აგმოიყენდა საწარმოო ციკლის თბოსაიზოლაციო პროცესის უბრუნველყოფის მიზნით, მერე ჯგუფის მასალები გამოიყენება შენობების თბოიზოლირების მიზნით. მათი მეშვეობით გარდა ენერგოეფქეტური შედეგის უბრუნველყოფისა, იზრდება შენობაში ცხოვრების კომფორტული პირობები და ცხოვრების ხარისხი. შენობებში სადაც ტემპერატურის ცვალებადობას არ აქვს ხშირი ხასიათი და ამ ცვალებადობის მასშტაბები დიდი არაა, შენობის თბოიზოლირება წარმოებს კედლის გარე ნაწილიდან. იშვიათად გამოყენებად შენობებში თბოიზოლირება როგორც წესი წარმოებს შენობის გარე კედლების შიგა მხრიდანა, ასე შენეობების ექსპლუატაციისას შენობის გარე კედლების გათბობაზე იზოგება ამ მიზნის მისაღწევად საჭირო ენერგიის რაოდენობა. შენობის შიგა

კედლების თბოიბოლირებისას აუცილებელია უზრუნველყოფილი იქნას ორთქლის სანიგარული ნორმების დაცვით ვენტილირების გზით შენობის შიგა სივრციდან იბოლირება, შენობების თბოიბოლირების მოწყობისას მოულოდნელი არაპროგრობირებადი შედეგების თავიდან აცილების მიზნით სასურველია მოეწყოს ერთ შრიანი თბო საიბოლაციო მასალები. მაღალი თბოსაიბოლაციო თვისებების, მცირე მოცულობითი წონის მქონე, მასალების ჯგუფს განეკუთვნება: გამობეჭონი, ქაფბეჭონი, პოლისტიროლბეჭონი, ვერმიკულტიბეჭონი. 600 კგ/მ³ საშუალო სიმკვრივისას სითბოსგადაცემის კოეფიციენტის მნიშვნელობა მერყეობს 0,14–0,145 ვტ/(მ×⁰C) რაც უზრუნველყოფს შენობის საკმარის თბოიბოლირებას. შენობების თბოიბოლირების მიზნით რეკონსტრუქციისას სასურველია გამოყენებული იქნას ქაფბოლისტიროლისა და ბოჭკოვანი ტიპის საიბოლაციო მასალები. კაპიტალური მშენებლობისას უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ერთშრიან თბოსაიბოლაციო თვასაბრისით ეფექტურ მასალებს, ქაფბეჭონს, გამობეჭონს, პოლისტიროლბეჭონს.

თბოიბოლირების მიზნით კედლის სისქე შეიძლება გაანგარიშებული იქნას:

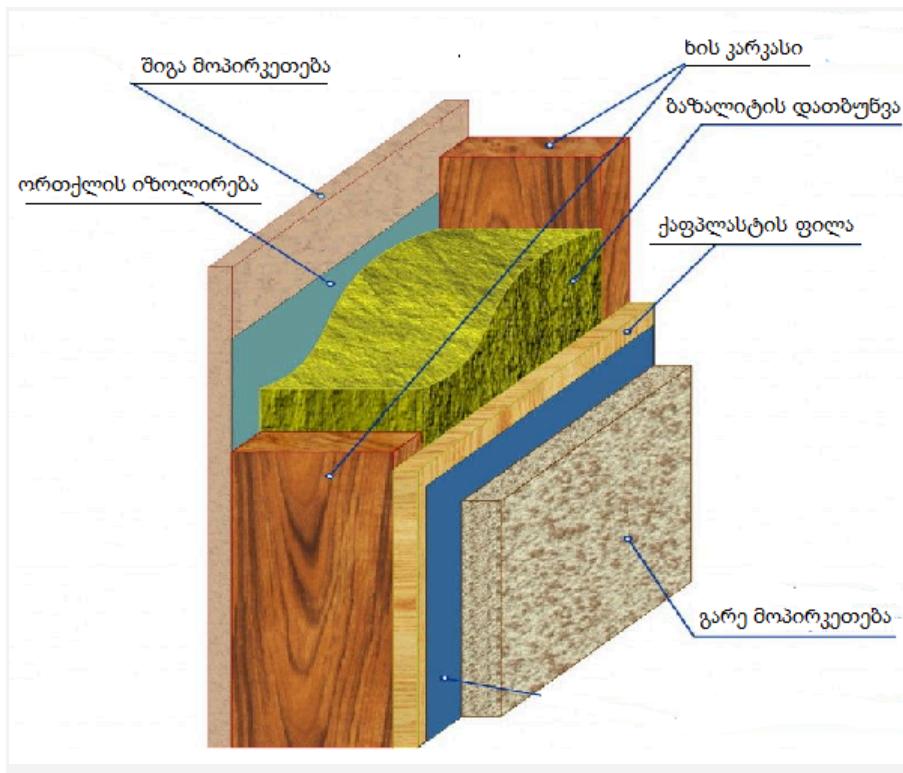
$$R = \delta / \lambda (\text{მ}^2 \text{წმ/ვტ})$$

სადაც; δ – კედლის მასალის სისქეა,

λ – ხვედრითი თბოგამტარობის მაჩვენებელია, ($\text{მ}^2 \text{წმ/ვტ}$)

საქართველოში რეგიონების მიხედვით სითბოს გამტარობის დასაშვები მაჩვენებელი მერყეობს 1.7–2.1 ($\text{მ}^2 \text{წმ/ვტ}$).

მაშინ როცა კედელი შედგებე სხვადასხვა მასალით მოწყობილ მრავალი შრისაგან. სურ.5.1. წაემოდგენილია შენობის კედლის თბოიბოლირების შესაძლო ვარიანტი



სურ.5.1. შენობის თბოიზოლირება

მაშინ თბოგამტარობის მაჩვენებელი ცალკეული მასალის თბოგამტარობის მაჩვენებლების ჯამის ფოლია:

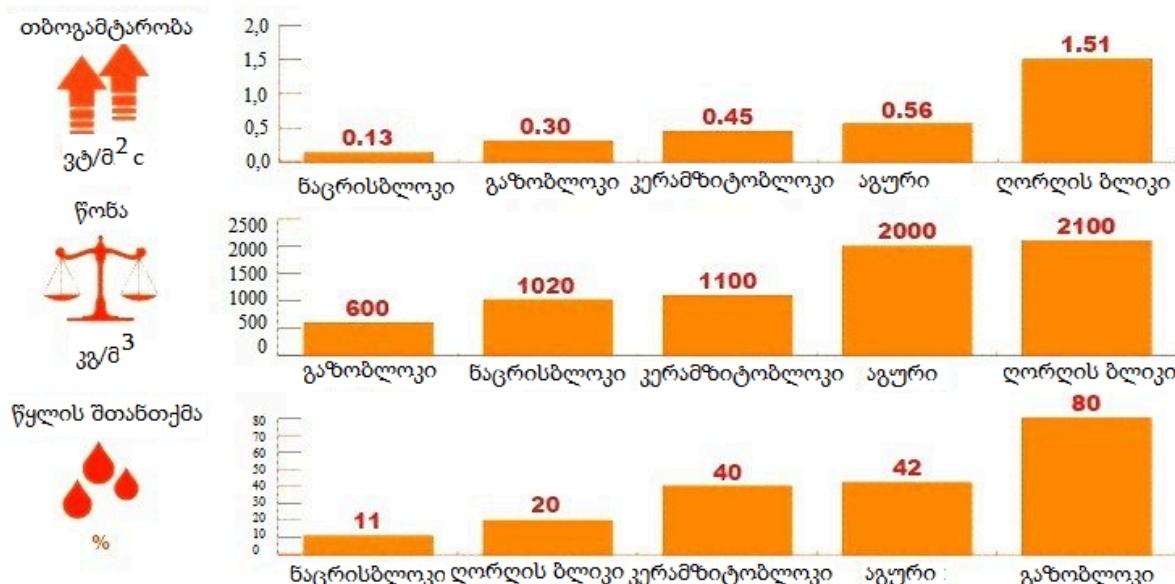
$$R_{\text{saet}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

სადაც: R_1, R_2 და ასე შემდეგ კედლის შრეების მასალის თბოგამტარობის მაჩვენებელია. ცხრ 5.1. წარმდგენილია სხვადასხვა მასალების თბოგამტარობის კოეფიციენტი

მასალა	სიმკვრივე კგ/მ ³	მშრალი ნივთიერების თბოგადაცემის
--------	-----------------------------	---------------------------------

		კოეფიციენტი. ვტ / (მx °C)
თიხის აგური	1800	0.55
რკინა ბეტონი	2500	1.69
ხის მასალა	500	0.09
მინერალური ბამბის ფირები	40–110	0.038–0.047
პოლისტიროლბეტონი	150–600	0.055–0.145
ქაჭბეტონი	300–1200	0.08–0.38

ცხრილი 5.1. მასალების თბოგამტარობის კოეფიციენტი



სურ. 5.2. მასალის ტექნიკური მახასიათებელები

ცხრილი 5.2-ში წარმოდგენილია მასალების თბოგამტარობის კოეფიციენტის რიცხობრივი მაჩვენებელი ვტ/მ/. კელ.

ცხრილი 5.2.

მასალების თბოგამტარობის კოეფიციენტი

მასალა	თბოგამგარობის კოეფიციენტი 38/გ/. კელ.
თაბაშირი	0,47
ალუმინი	230
შიფერი	0,35
ბოჭკოვანი შიფერი	0,15
ასფალტი	0,72
ბეტონი ქვის ღორღით	1,3
ბეტონი სილაბე	0,7
ფოროვანი ბეტონი	1,4
მაღალი სიმკვრივის ბეტონი	1,75
ბიტუმი	0,47
ქადალდი	0,14
მინერალური მსუბუქი ბამბა	0,045
მინერალური მძიმე ბამბა	0,055
სამშენებლო თაბაშირი	0,35
ღორღი	0,93
გრანიტი	3,5
გრუნტი 10% წყლის შემცველობით	1,75
გრუნტი 20% წყლის შემცველობით	2,1
გრუნტი წვრილმარცვლოვანი	1,16
მშრალი გრუნტი	0,4
შემჭიდროვებული გრუნტი	1,05
გუდრონი	0,3
ხის ფიცრები	0,15
ფანერა	0,15
მკვრივი ხის მასალა	0,2
დურალუმინი	160
რკინა ბეტონი	1,7
კირი	1,7
კირისა და სილის ხსნარი	0,87
ქვა	1,4
მუჟაო სამშენებლო	0,13
თბოსაიზოლაციო მუჟაო	0,04
აქაფებული კაუჩუკი	0,03
ნატურალური კაუჩუკი	0,042
კერამბიტო ბეტონი	0,2
აგური ღრუტანიანი	0,44

აგური სილიკატური	0,81
აგური სიკარიელის გარეშე	0,67
აგური საწვავის ნარჩენის	0,58
სპილენძი	380
ნახერხი	0,095
ქაფბეჭონი	0,3
ქაფპლასტი	0,04
პერლიტი	0,05
პერგამენტი	0,17
სილა მშრალი	0,33
სილა 20% წყლის შემცველობით	1,33
მოსაპირკეთებული ფილა	105
პოლისტიროლი	0,082
პორპლონი	0,04
პორტლამდცემენტის ხსნარი	0,47
რეზინა	0.15
რუბეროიდი	0.17
ფოლადი	52
მინა	1,15
მინაბამბა	0.05
ტეფლონი	0.25
ცემენტის ფილები	1.92
თუჯი	56
გრანულირებული წილა	0.15
ცემენტის ფათქაში	0.9
წილის ბეტონი	0.6

5.2. ტექნოლოგიური ენერგოტევადობა

სამშენებლო სექტორში რესურსების დაზოგვის მიზნით სამუშაოები სხვადასხვა მიმართულებით მიმდინარეობს, სამუშაოების სწორად დაგეგმვისა და სათანადო მოლოდინების რეალურად განსაზღვრის

მიზნით მაძიებელი სამეცნიერო ჯგუფები, სამშენებლო კომპანიები, გადაწყვეტილების მიმღები პოლიტიკური ჯგუფები ფლობენ დეტალურა ინფორმაციას მშენებლობაში, მიმართულების მიხედვით მოხმარებული პირობითი ენერგორესურსების შესახებ.

დედამიწაზე მთლიანად

მასალების წარმოებას ხმარდება წარმოებული ენერგო რესურსების 20%, წარმოებული მასალებიდან სამშენებლო მასალები უმეტეს ნაწილს შეადგენენ.

სახლების მშენებლობას ხმარდება მთლიანად მოპოვებული ბუნებრივი რესურსების 30–50%.

შენობები მოხმარენ პირველადი ენერგიის 40%–ს,

სამშენებლო მასალების და კონსტრუქციების წარმოებაზე იხარჯება შენობის აგებაზე დახარჯული ენერგიის 80%.

შენობების ექსპლუატაციისას გენერირდება ადამიანის საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილი ნაჩენების 40%.

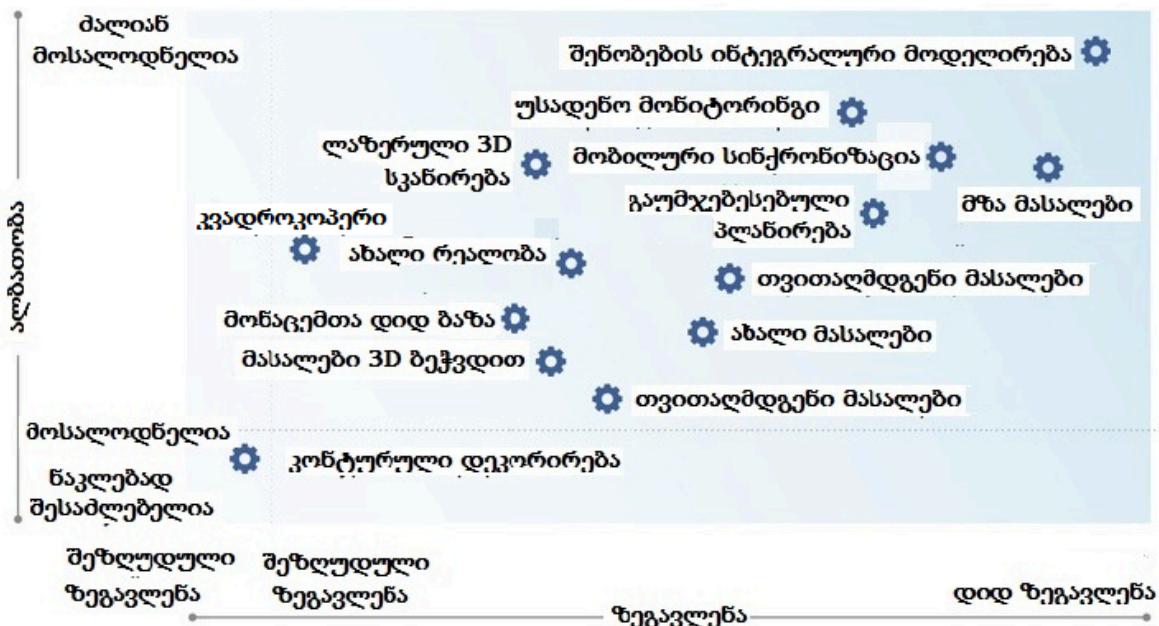
სამშენებლო სექტორი ქმნის მთლიანი მშპ–ს 6

სამშენებლო სექტორზე მოდის გარემოში გლობალური მაშტაბით CO_2 ემისიის 7%. (ერთი კგ ცემენტის წარმოებაზე გარემოში გაიტყორცნება 1 კგ CO_2 მასა.

საწვავის სახეობის მიხედვით 1კვტ.სთ ენერგიის გამომუშავებისას გარემოში გაიტყორცნება 0.3–1.4 კგ CO_2 .

მსოფლიო ეკონომიკური ინსტიტუტების BCG –სათან თანმაშრობლობით ჩატარებული ფორუმის ანგარიშში განსაზღვრულია სამშენებლო ინდუსტრიის განვითარების პერსპექტივები, სადაც გამოკვეთილი იქნა სექტორის გადაუდებელი ტრანსფორმაციის 30 მიმართულება, იმავე ანგარიშის მიხედვით არასაცხოვრებელი სექტორის ინვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით მშენებლობაში უახლოესი 10 წლის მანძილზე დაიზოგება 700\$–1,2 ტრილიონი დოლარი. იმავე ფორუმის მასალებიდან წარმოდგენილია სამშენებლო სექტორის ახალი ტექნოლოგიებით განვითარების პერსპექტივები (სურ.5.3).

ახალი ტექნოლოგიების ზეგავლენა და მოხდენის ალბათობა



სურ.5.3.ახალი ტექნოლოგიები და მათი მოქმედებაში მოყვანის ალბათობა

სამშენებლო მასალის წარმოების სტადიაზე სავარაუდო ენერგოდანაკარგებს და მასალის ენერგშემცველობის გაზრდის მიზეზები შეიძლება ასე იქნას წარმოდგენილი:

ტექნოლოგიური მოწყობილობის არასწორად გამოყენება ან მისი სრული დატვირთვის გარეშე მუშაობა.

პერსონალის მიერ რეგლამენტის დარღვევით მასალის წარმოებს, მომსახურეობის გაწევა.

საწარმოო ფართში არსებულ არასათანადო გარემოში მოწყობილობის ფუნქციონირება.

მოწყობილობის სტანდარტის შეუსაბამო დაბალი ხარისხის ელექტრო ენერგიით უზრუნველყოფა.

ნორმატივებით დადგენილი გარემოს დაცვის პირობებით მასალების წარმოება.

მასალების ტექნიკური გედამხედველობის ნორმების დარღვევით წარმოება.

მასალის წარმოებისას ტექნიკური ენერგოტევადობის ნორმატივების დარღვევით შეფასება.

მეორადი რესურსების შეზღუდული გამოყენება, ან ამ მასალების მათ გარეშე წარმოება.

მაგალითისათვის 1 ტონა ნარჩენის მეორადი გამოყენების შემთხვევაში შეიძლება მიღებული იქნას 620 კგ საწვავი. რაც კალორიულობის მიხედვით შეესაბამება 300 ლ მაბუთს, 150 კგ სამშენებლო მასალის (ლორდი, დამსხვრეული მინა, დამუშავებული ქვა), 20 კგ, შავი და ფერადი ლითონის, 65 კგ პლასმასის, 100 კგ მაკელატურის წარმოებას. სამშენებლო პროდუქტის წარმოებისას პროექტირების სტადიაზე ენერგო დანახარჯების შემცირების მიზნით აუცილებელია;

შემცირებული იქნას მთელი სამშენებლო პროდუქციის მასალატევადობა.

მშენებლობაში გამოყენებული იქნას მარტივი სამშენებლო კონსტრუქციები.

კედლების აგებისას გამოყენებული იქნას არაერთგვაროვანი მასალები.

ხარისხიანი საცხოვრებელი გარემოს შექმნის მიზნით აუცილებელია, რომ სამშენებლო პროდუქცია და კონსტრუქციები:

წარმოებული იქნას ბუნებრივი მასალებისაგან, რომლებსაც გააჩნია ნორმატივების შესაბამისი რადიოაქტივობა.

ისინი არ უნდა გამოყოფდეს ჯანმრთელობისათვის მავნე გაზებს და ნაწილაკებს.

მასალა უნდა ქმნიდეს შენობის შიგნით ტენიანობის სათანადო მაჩვენებლის შენარჩუნების პირობას.

მასალა ექსპლუატაციისას არ უნდა ქმნისდეს ელექტრომაგნიტურ ველს.

უნდა გააჩნდეს გააჩნია კარგი აკუსტიკური თვისებები.

მასალების წარმოების ტექნოლოგიური ენერგოტევადობა იანგარიშება ფორმულით:

$$E_{te} = E_{nd} + E_{war} + E_{per} + E_{ek}$$

სადაც; E_{nd} – ნედლეულის მოპოვებაზე, მათ შორის მასალის იმპორტირების ენერგოტევადობაა.

E_{war} – მასალია წარმოების ენერგოფევადობაა.

E_{per} – პერსონალისაათვის პირობების შექმანაზე გაწეული ენერგო დანახარჯები.

E_{ek} – ეკოლოგიის შენარჩუნებაზე გაწეული ენერგო დანახარჯები.

ცნობისათვის, სხვადასხვა შემთხვევებში ენერგოფევადობის გასაზღვრისას ენერგოდანახარჯები შეიძლება სხვადასხვა გვარად გაიზომოს : გ.ჯოული, მ.ჯოული. კ.ჯოული. და კონკრეტულ შემთხვევებისათვის მ.ჯოული/კვტ.სთ, მ.ჯოული/კკალ, მ.ჯოულ/კგ, მ.ჯოულ/ტ, მ.ჯოულ/1000 ცალი. მ.ჯოული/მ². მ.ჯოული/მ³. მ.ჯოული/ადამიანი.სთ. ამასთან პირობით საწვავის ქვეშ იგულისხმება საწვავი 29300 კ.ჯოული/კგ. სითბური წვის უნარით, ნაფურალური საწვავის პირობით საწვავზე გადაანგარიშება წარმოებს ფორმულით:

$$B_{\text{pir}} = B_{\text{nat}} \cdot Q_{\text{nat}} / 29300$$

სადაც: B_{pir} – პირობითი საწვავის რაოდენობაა კგ.

B_{nat} – ნაფურალური საწვავის რაოდენობაა კგ.

Q_{nat} – ნაფურალური საწვავის სითბური წვის უნარი, კ.ჯოული/კგ.

ელექტრონული, თბური, ენერგიის და საწვავის პირობით საწვავ ენერგიისათან შესაბამისობა განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$1\text{კგ.ქ.ს.} = 29,30 \text{ მ.ჯოულ.} = 7000 \text{ კკალ;}$$

$$1\text{კვტ.სთ} = 3,6 \text{ მ.ჯოულ.} = 0,12 \text{ კგ. ქ.ს.}$$

$$1 \text{ კგ დიზელის საწვავი} = 1,45 \text{ კგ. ქ.ს.}$$

$$1 \text{ კგ ბენზინი} = 1,52 \text{ კგ. ქ.ს.}$$

$$1 \text{ კკალ.} = 427 \text{ კგ.მ.} = 4,19 \text{ კ.ჯოულ.} = 1,163 \text{ კტ.სთ.}$$

$$1 \text{ ცხ.სთ.} = 2,56 \text{ მ.ჯოულ.}$$

$$1 \text{ მგ.ჯოულ.} = 0,278 \text{ კვტ. სთ.}$$

5.3. სამშენებლო მასალებისა და კონსტრუქციების წარმოების ტექნოლოგიური ენერგოტევადობის შემადგენელი დანახარჯები

სამშენებლო პროდუქციის კონკრეტულ პირობებში წარმოების ენერგოტევადობის კონკრეტული შედეგის მიღების მიზნით შეფასების განზოგადოებული ალგორითმი თავის თავში შემდეგ პროცედურებს გულისხმობს:

ა) კონკრეტული სამშენებლო პროდუქციის წარმოების, (ხარისხობრივი და პროცენტული მაჩვენებლებით) დანახარჯების სფრუქტურის განსაზღვრას შემდეგი პარამეტრების გათვალისწინებით:

საწარმოში ტექნიკურ ეკონომიკური რეგლამენტის მოთხოვნის შესაბამისად პროდუქციის წარმოების პირდაპირ დანახარჯებს,
— არაპირდაპირ დანახარჯებს დამხმარე საწარმოს დანახარჯების ჩათვლით.

საწარმოო ნაგებობების რემონტები და დანადგარების მომსახურეობის ენერგო დანახარჯები.

ნედლეულის, მარაგ ნაწილების, მზა მასალების ტრანსპორტირების ენერგოხარჯები.

საინჟინრო—ტექნიკურ და მომსახურე პერსონალის სათანადო სამუშაო პირობების შექმნაზე გაწეული ენერგოდანახარჯები.

შრომის უსაფრთხოების უზრუნველყოფაზე გაწეული ენერგოდანახარჯები.

გარემოს დაცვით ღონისძიების ენერგოდანახარჯები.

დასასრულისას წარმოებს ყველა გაზომვადი ენერგო დანახარჯის გადაყვანა პირობით საწვავის ერთეულში.

ენერგოდანახარჯების ანგარიში წარმოებს შეთანხმებული და მეთიდიკის თანახმად, და ყველა დასკვნითი მონაცემი შეტანება მონაცემთა ერთიან ბაზაში საბალოო ჯამური დანახარჯების განსაზღვრის მიზნით (ცხრ.5.3.).

ცხრილი 5.3.

ენერგოდანახარჯების შეფასების ჯამური მაჩვენებელი

ტექნიკურ ეკონომიკური რეგლამენტი პირობებით. საჭირო რესურსები და ენერგოდანახარჯების შემცირების პირობები	გაზომვის ერთეული, ნატურალური სიდიდეები	პროდუქციის წარმოების მთლიანი დანახარჯები
1	2	3

5.4. სრული ენერგოფევალობა

$$E_{sr.et} = E_{te} + E_{tr} + E_{saw} + E_{rem} + E_{S.d} + E_{ut}$$

სადაც: E_{te} – სამშენებლო მასალის ტექნიკური ენერგოფევალობაა,

E_{tr} – ტექნოლოგიური პროცესით გათვალისწინებული სატრანსპორტო ენერგო დანახარჯებია.

E_{saw} – მშენებლობის პროცესები, დანადგარების ექსპლუატაციაზე და სამუშაოების პირობებზე გაწეული ენერგო დანახარჯია.

E_{rem} – შენობების რემონტზე და სასიცოცხლო ციკლის ადგენაზე გაწეული ხარჯებია.

$E_{S.d.}$ – შენობის დაშლაზე გაწეული ენერგო დანახარჯია.

E_{ut} – შენობის დაშლის შემდეგ უტილიზაციის ხარჯებია.

6. შენობა ნაგებობების თანამდროვე თბოსაიტოლაციო კონსტრუქციები და მასალები

6.1. არსებული გამოცდილება და მიღები

არსებული ნორმებით ევროკავშირის ქვეყნებში ენერგიის წლიური მოხმარება $80 - 100$ კვტ.სთ/მ² წლ. ახალი თაობის Passive House (პასიური სახლი) კონცეფციით აგებულ სახლებში, სამშენებლო რეგიონის მიხედვით ენერგიის წლიური მოხმარება $15-30$ კვტ.სთ/მ² წლ. ტოლია. ასეთი შენობა ნაგებობების აგებისას ენერგიის მოხმარების მინიმიზაციის უზრუნველსაყოფად სხვა ფაქტორებთან ერთად მნიშვნელოვანია სათანადო სამშენებლო კონსტრუქციების გარე კედლების სათანადო დონეზე თბოიმოლაციაა. თამანედროვე სამშენებლო მასალების ინდუსტრია ბაზარს სთავაზობს სხვადასხვა ხარისხობრივი და მექანიკური მახასიათებლების მქონე თბოსაიტოლაციო მასალების სპექტრს. ბოლო პერიოდში თავისი

საუკეთესო თვისებების გამო სულ უფრო პოპულარული ხდება ისეთი თბოსაიმოლაციო მასალები როგორიცაა მინაბოჭკოვანი და მინერალური კერამზიტული ბამბა, მათ უკავია ანალოგიური მასალების გაყიდვების 38%,

22% მოდის ქაფპოლისტიროლზე მათ შორის ეკსტრუდირებულზე 5,3%. შენობების ენერგოეფექტურობის გაზრდის რეზერვები ენერგიის დანაკარგების მიზეზების მოძიებით და მათი კომპლექსური აღმოფხვრითაა შესაძლებელი. დადასტურებულია რომ თბური დანახარჯებზე ეკონომია შენობის ტრანსმისიურ დანაკარგების აღმოფხვრითაა შესაძლებელი, დანაკარგების მეორე მნიშვნელოვანი წყარო თბომომარაგების სისტემის სხვადასხვა მიზეზებითაა გამოწვეული. ენერგო მოხმარების ევროპულ $15-30 \text{ კვტ-სთ}/(\text{მ}^2 \text{ წლ})$ სტანდარტამდე დაყვანა შემდეგი ფაქტორების სათანადო უზრუნველყოფითაა შესაძლებელი

შენობის გარე კედლების თბური წინააღმგდეგობის მაქსიმალურად ტექნიკურ შესაძლებლომადე გაზრდა.

შენობის გამჭვირვალე კონსტრუქციის, თბური წინააღმგდეგობის მაქსიმალურად ტექნიკურ შესაძლებლომადე გაზრდა.

შენობის კონსტრუქციიაში თბური ხიდების რაოდენობის მაქსიმალურად შემცირება,

გარედან შენობაში ჰაერის შეღწევიდან დაცვის მიზნით მისი საკმარისი ჰერმეტულობის უზრუნველყოფა,

ჰაერში სითბოს რეკუპერაციის უზრუნველყოფით და შენობის იძულებითი ვენტილაციის სისტემით აღჭურვა.

გაბატონებული ქარების და მზის რადიაციის ძირითადი მიმართულების გათვალისწინებით გარემოში შენობის განთავსება.

შენობის სათანადო დონეზე თერმოიზოლირება შეუძლებელია ტრადიციული მასალების (აგური, სამშენებლო ბლოკი, ბეტონი) გამოყენებით. შენობის საჭირო დონის თბოიზოლაციის უზრუნველყოფა შესაძლებელია თანამედროვე მრავალშრიანი თბოსიზოლაციო მასალების გამოყენებით (სურ.6.1).

შენობის მიერ მოთხოვნილი სითბო მის თბოსაიზოლაციო მასალით
დაფარვამდე ტოლია:

$$Q = 0.4 \times 3000 \text{m}^3 \times (18_0 \text{C} - (-3,9)_0 \text{C}) \times 218_{\text{dR}} \times 24_{\text{sT}} = 13749660$$

$$\text{კკალ}=137,5 \text{გკალ}/\text{წლ.}$$

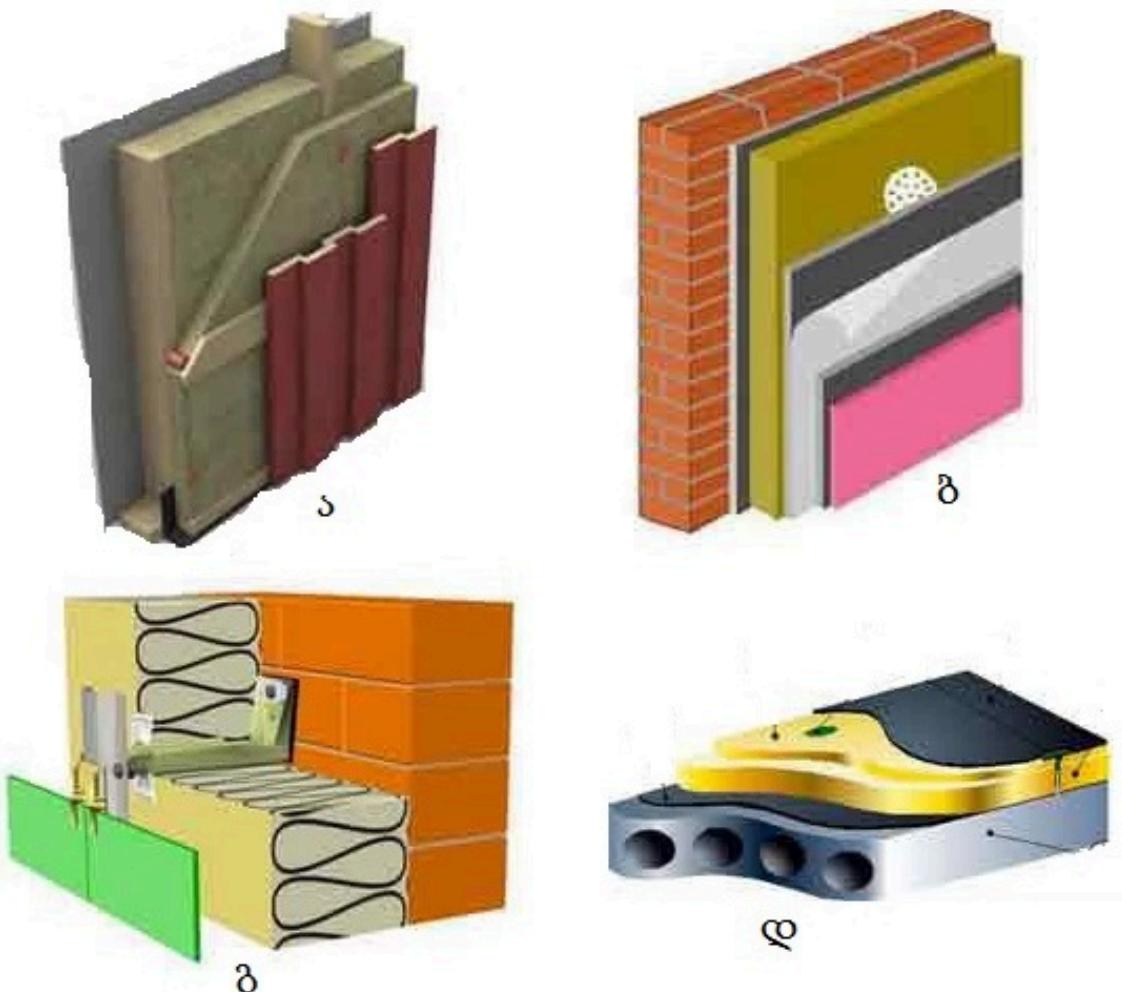
სადაც; 0,4 პირობით კვადრატულ მეტრზე თბური ენერგიის კუთრი
დანახარჯია,

3000 მ³ – გასათბობი შენობის სამშენებლო მოცულობაა.

18₀C – შენობაში გათბობის შემდეგ ტემპერატურაა.

(-3,9) – გათბობის პერიოდში საშუალო გარემო
ტემპერატურაა.

218_{dR} – გათბობის პერიოდის ხანგრძლივობაა.



სურ. 6.1. თბოსაიზოლაციო მასალების ნიმუშები

ა – შენობის გარე კედელი;

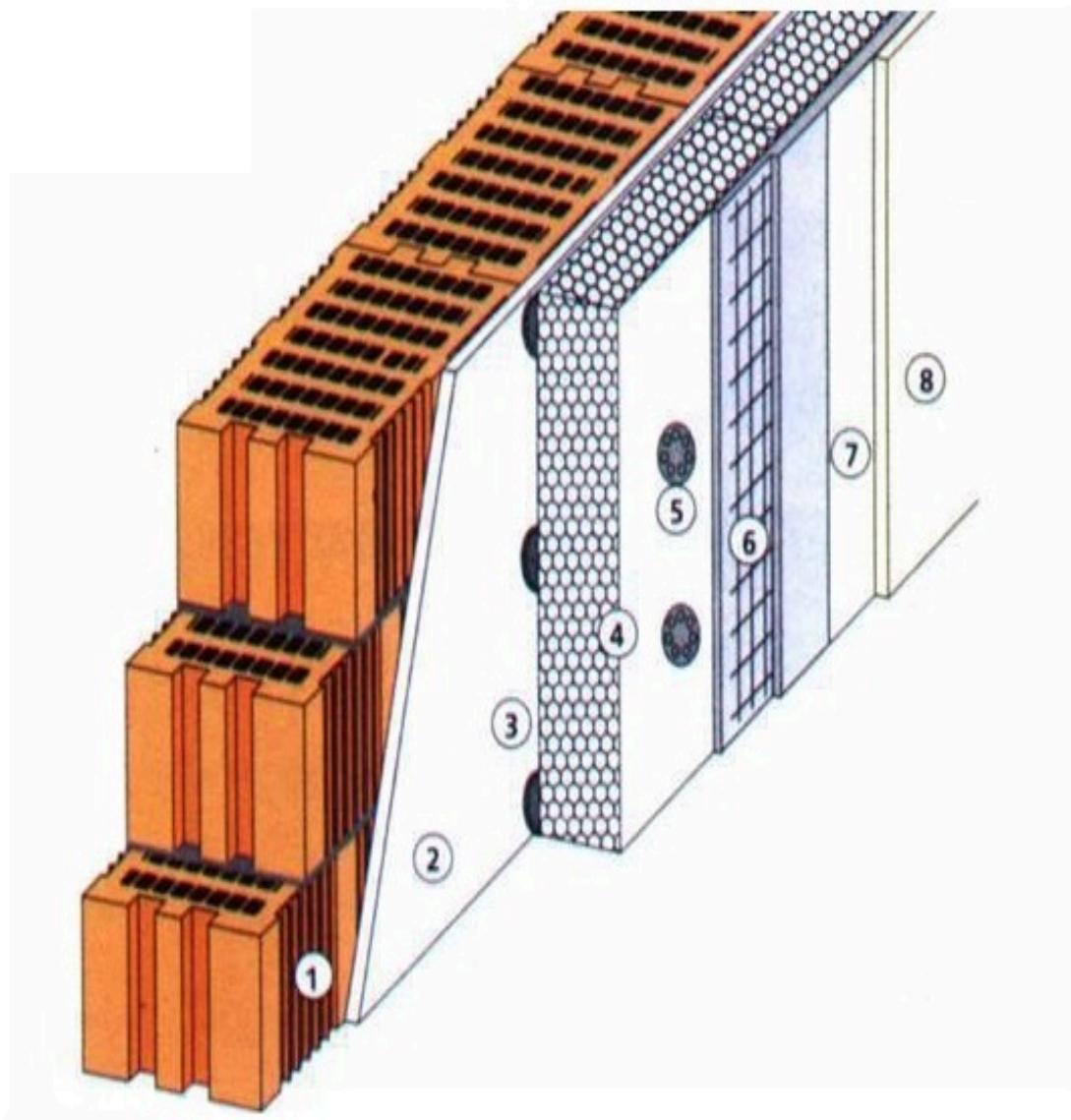
ბ – კედლის თბოიზოლაცია შებათქაშებული ფენით;

გ – დაკიდებული ვენტილირებადი ფასადის კონსტრუქცია;

მრავალფენიანი თბო საიზოლაციო მასალა.

სურათზე 6.2. წარმოდგენილია შენობის გარე კედლის პოლისტიროლით

თბოიზოლირების კონსტრუქციის მოწყობის ვარიანტი.



სურ.6.2. შენობის გარე კედლის დათბუნვა ქაფპოლიტიროლის მეშვეობით

- 1 – კედელი
- 2 – შიგა ბათქაში
- 3 –წებოს ფენა
- 4 – ქაფპოლისტიროლის ფილა
- 5 – დამჭერი წკირი,
6. მინა ბოჭკოვანი ბაღე წებოს ფენით
- 7.გრუნტის ფენა
8. თხელი ბათქაში

2,5 ჯერ თბოგამტარობის წინააღმგდევობის შემცირებით თბური ენერგიის პირობითი ხვედრითი ხარჯი 0,16 – ამდე ჩამოდის. შესამაბისად მოცემულ პირობებისათვის კედლების თბოიბოლირების შემდეგ შენობის გათბობის ენერგო დანახარჯი მცირდება და ის 55 კკალ/წელ. ცხადია ამ დროს მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული უნდა იქნას შენობის თბოსაიბოლაციო მასალით დაფარვის ხარჯი და ამ მასალის საექსპლუატაციო პერიოდი.

ზოგადად სხვადასხვა თბოსაიბოლაციო მასალის საექსპლოფააციო ვადა მისი ხარისხის მიხედვით ასე განისაზღვრება,

კედლის შიგნით ქაფპენოპოლისტიროლი 15–50 წელი,

მინერალური ბამბა 20–50 წელი,

წებვადი მინაპაკეტები 10–15 წელი.

ლრუტანიანი კერამიკული აგური 100–150 წელი.

6.2. თბოსაიბოლაციო მასალების ტექნიკური თვისებები.

ფოროვნება – 20°C ტემპერატურის პირობებში უძრავ მდგომარეობაში მყოფ ჰაერის სითბოფამტარობის კოეფიციენტი $0,028 \text{ ვტ}/\text{მ}^{\circ}\text{C}$ – ის ტოლია. ამის გათვალისწინებით თბოსაიბოლაციო მასალების მაღალი თერმიული წინააღმგდევობის უბრუნველყოფა მათ სტრუქტურაში ფორების გამტკიცია შესაძლებელი. ფორებში ჰაერის მოძრაობა მკვეთრად ზრდის მასალაში სითბოს გამტარობის შესაძლებლობას. ამიტომ მასალის სტრუქტურაში ფორები უნდა იყოს დახურული სივრცეებში და გამით არაუმეტეს 3–5 მმ.

სიმკვრივე – ეს მახასიათებელი მჭიდროდ უკავშირდება მასალაში ფორების რაოდენობას, თბოსაიბოლაციო მასალისათვის აიღება სიმკვრივის საშუალო მაჩვენებელი. ამასთან თბოგამტარობის უნარი დამოკიდებულია მასალაში ფორების სტრუქტურაზე, შესაბამისად სხვდასხვა მასალას ერთი და იგივე სიმკვრივის შემთხვევაში შესაძლებელია მათ გააჩნდეთ სხვადასხვა თბოგამტარობა.

თბოსაიბოლაციო მასალების მარკა განისაზღვრება მათი

სიმკვრივის კგ/მ³ მიხედვით. შეაბამისად არსებობს შემდეგი 15, 25, 35, 50, 75, 100, 125, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 და 600 მარკის თბოსაიტოლაციო მარკის მასალები.

სიმტკიცე – აღწერს მასალის კუმშვისას, გაჭიმვისას და ღუნვისას დეფორმაციის და ღვევაზე წინაარმგდეგობის უნარს, როგორც წესი თბოსაიტოლაციო მასალები დაბალი სიმტკიცით ხასიათდებიან, მაგრამ ამ მასალების სიმტკიცის მინიმალური მაჩვენებელი საკმარისი უნდა იყოს იმისათვის რომ გაუძლოს ტრანსპორტირების და მონტაჟისას მოსალოდნელ დაფირთვებს. თბოსაიტოლაციო მასალების სიმტკიცე განიზაღვრება მის 10% დეფორმაციისას. კუმშვაზე ზღვრული სიმტკიცე 0,2–0,25 მპა და ღუნვისას 0,15–2,0 მპა – ის ფოლია. დაბალი სიმკვრივის მქონე თბოსაიტოლაციო მასალები არასაკამარისი სიმტკიცით ხასიათდებიან.

თბოგამტარობა – (თბოცვლა) ტანის უფრო თბილი ნაწილიდან ნაკლებად თბილზე სითბოს გადატანის პროცესია, რომელიც მყარ ტანში განპირობებულია ატომების რხევის ამპლიდუდის ცვლილებით, თბოცვლა შეიძლება განპირობებული იყოს მასალის ფორმებში ჰაერის მოძრაობის სიჩქარის ცვლილებით. ლითონში თბოცვლაში მონაწილეობენ სითბოგამტარი ელექტრონები. სითბოგადაცემა განისაზღვრება შემდეგ სამ შემთხვევებში – მშრალი მასალა, ზონა A (მშრალი კლიმატი), ზონა B (ტენიანი კლიმატი). ფორთვანი მასალები დასველების შემდეგ ხდებიან უფრო თბოგამტარები. ეს იმითაა განპირობებული რომ წყლის თბოგამტარობა 0,58 ვტ/მ² °C, რაც 25 ჯერ მეტია ჰაერის თბოგამტარობაზე. ტემპერატურა მედეგობა, მასალის მიერ ექსპლუატაციისას თვისებების შეცვლის გარეშე ასაფანი ტემპერატურის ზღვრული მაჩვენებელია. ზოგადად ნებისმიერი მასალის ითვლება საუკეთესო თბო იზოლაციად თუკი მისი თბოგამტარობის კოეფიციენტი 0,023–0,072 vt/m² °C – ია.

ცხრილი 6.1. წარმოდგენილად თბოსაიცოლაზით მასალების მახასეიათებლები

ცხრილი 6.1.

ერთფენიანი კედლისთვის თბოსაიცოლაციო მასალების

მახასიათებლები

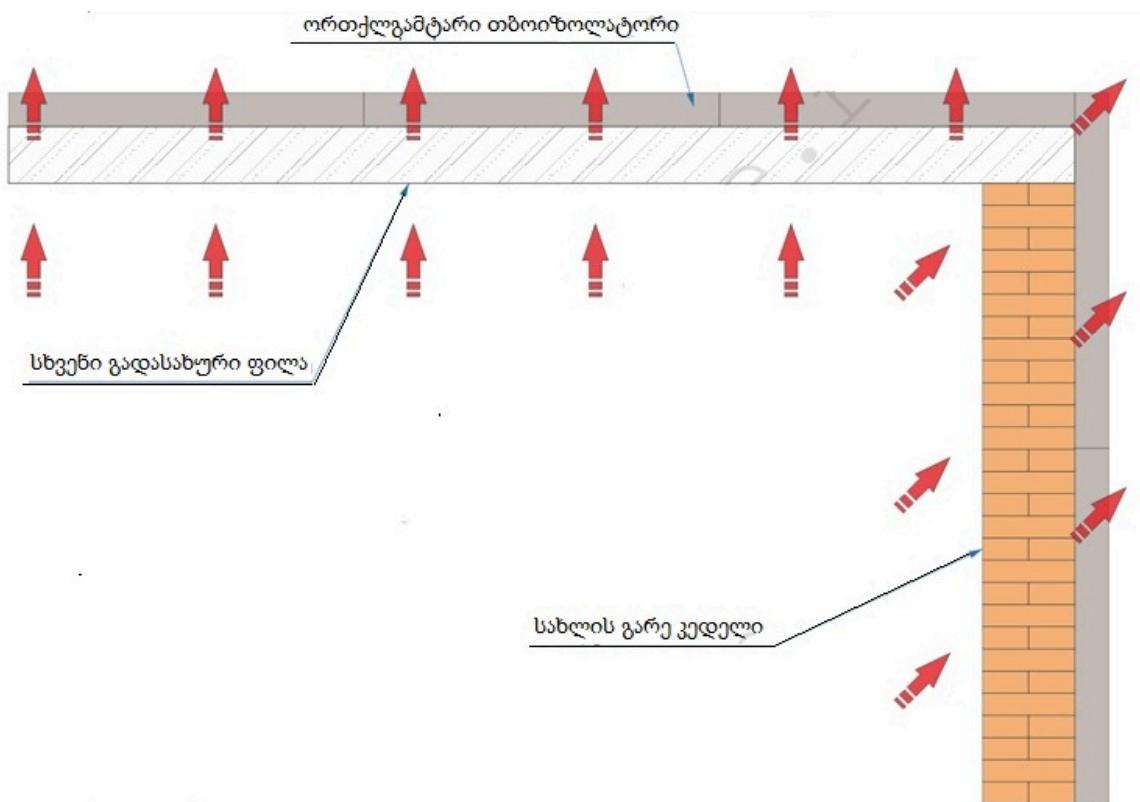
მასალა	სიმკვრ ოვე კგ/მ ³	თბოგამტარობის კოეფიციენტი 38/გ °C		ხა ნგ ამ ძ ლ ე ო ბა	ენე რგ ო ტეპ ად ობ სთა ნ თან აფა რდ ობა	მასი ს ტენ იან ობა სთა ნ თან აფა რდ ობა
		მშრალი	სველი			
პენზობეფონი	800	0,19	0,22	100	240	4
კერამზიტობეფონი	800/60 0	0,21/016	0,24/0,2	70	350	5
კერამზიტობეფონი კერამზიტ ღორლებე	500	0,14	0,17	70	375	5
წილაპემზონეფონი	1000	0,23	0,31	100	240	5
თერმზოფონბეფონი	1200	0,29	0,37	80	220	5
ბეტონი გრანულირებულ წილაბე	1200	0,35	0,47	120	195	8
ბეტონი ნახშირის წილაბე	1000	0,29	0,38	50	195	5
ბეტონი ნაცრის ღორლებე	1200	0,35	0,47	50	195	5
პოლისტიროლ ბეტონი	400/60 0 5	0,11/0,1 8	0,12/0,1 8	100	315	4
გაზობეფონი	400/80 0	0,11/021	0,14/0,3 3	100	58,2	8
გაზო და ნაცარბეფონი	800/120 0 9	0,17/0,2 2	0,35/0,5 2	100	58.2	15
ცემენტის ბათქაში	1800	0,56	0,7	200	246	1
სილიკაფური აგური	1800	0.7	0,76	150	7 0	2

ადსორბცია – ეს თბოსაიმოლაციო მასალის ექსპლუატაციის პერიოდში ტენის შემცველობის გამაწონასწორებელი მაჩვენებელია.

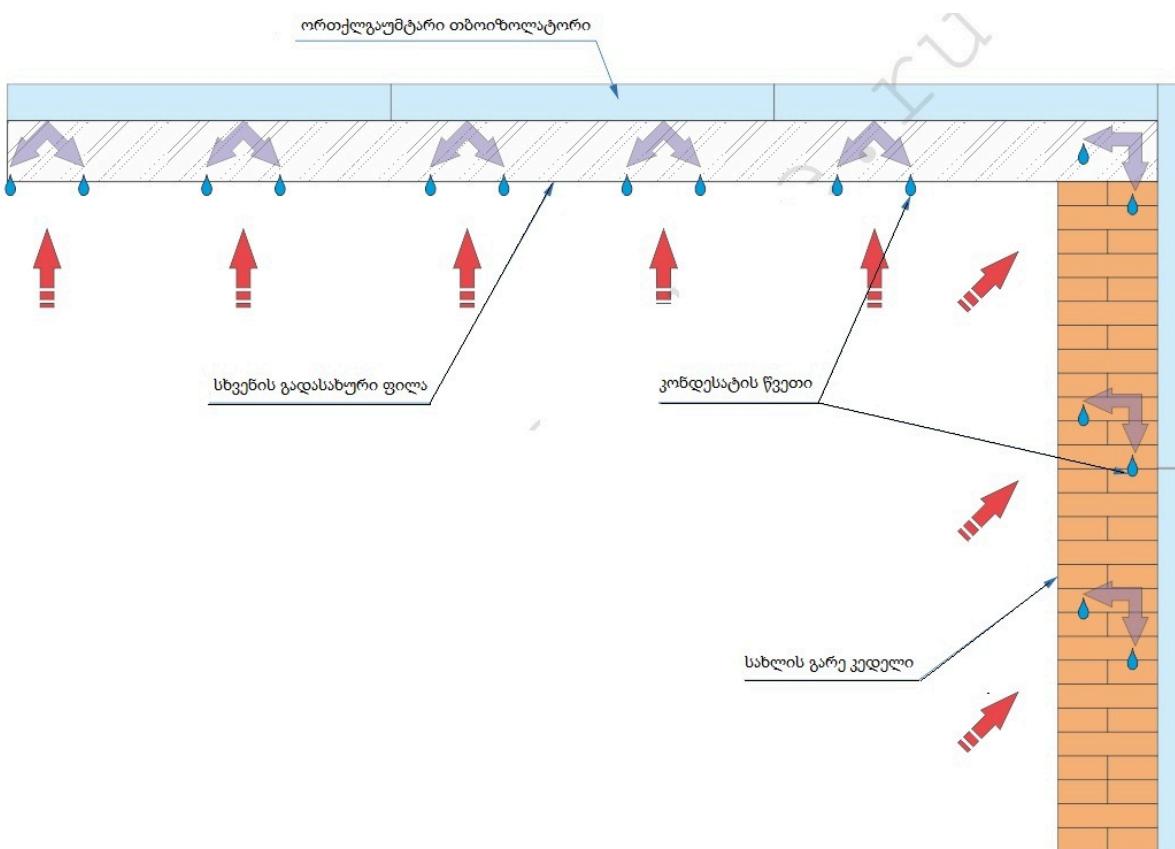
შიგა კედლებზე წყლის ორთქლის კონდიცირების თავიდან აცილების მიზნით მასალათა ერთობლიობის კონსტრუქციას უნდა გააჩნდეს გარედან შიგნით ორთქლის სათანადო რაოდენობით გაფარების უნარი, მაგრამ იმ შემთხვევაში შესაფერ მასალას სითბოდამცავ თვისებასთან ერთად ეკისრება ჰიდროსაიმოლაციო ფუნქციაც, ამ მიზნით ის უნდა იყოს ჰაერ, წყალ და ორთქლ გაუმტარი. ენიანობასა და ტემპერატურაზე. ადსორბციის შემდეგ იმრღვება მასალის თბოგამტარობა.

ორთქლის შეღწევადობა, მასალის მიერ წყლის ორთქლის გაფარების უნარია, წყლის ორთქლის დიფუზიის ინტენსივობა ორთქლის გაფარების წინააღმდეგობის უნარზეა დამოკიდებული. ($\text{kg/m}^2\text{st.pas.}$) წყლის ორთქლის გაფარებისას წარმოებს კონდენსაცია და მცირდება მასალის თერმიული წინააღმდეგობა.

ხარისხიანი მასალების საერთო მასასთან ფარდობით წყლის მხოლოდ 10%–ს ისრუტავენ. მასზე წყლის პირდაპირი ზემოქმედებისას თბოსაიმოლაციო თვისებები მხოლოდ 20 %–ით უარესდება და გაშრობისას ის მთლიანად იბრუნებს მის თბოსაიმოლაციო თვისებებს (სურ.6.4).



სურ.6.3. ორთქლგამტარი თბოიზოლაციება

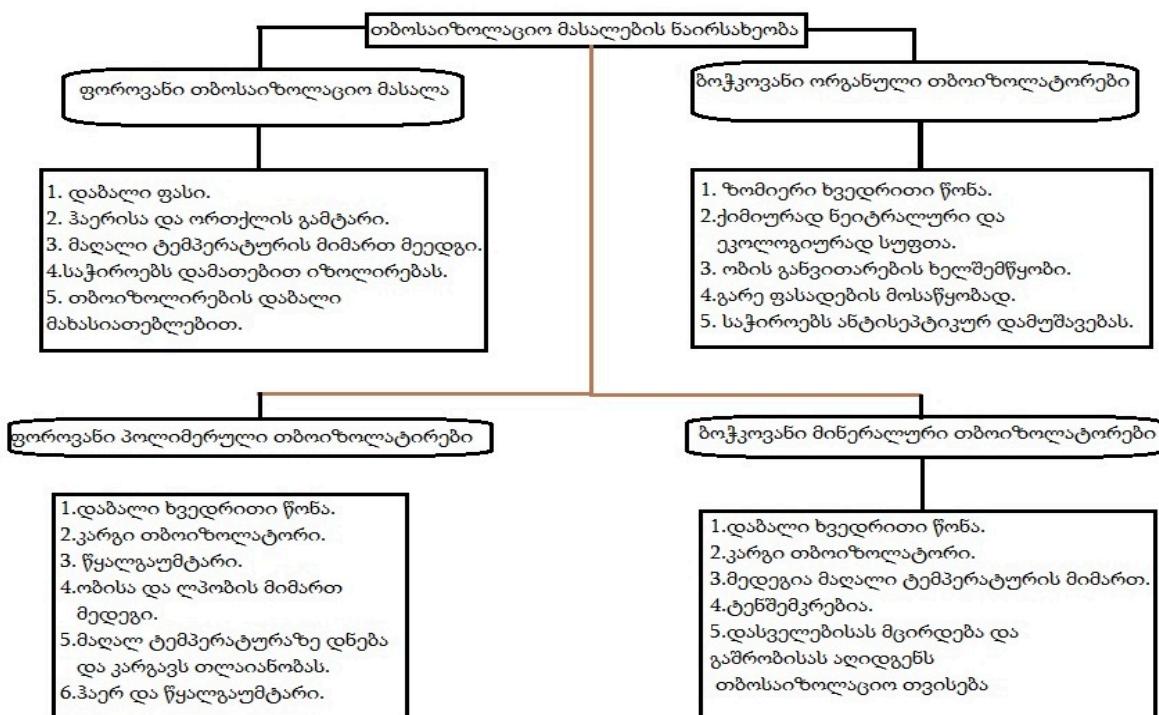


ნახ.6.4. ორთქლგაუმტარი თბოიზოლაციება

ჰაერგამფარობა, რაც უფრო მაღალია მასალის ან შეკრული კონსტრუქციის, რაც უფრო დაბალი მასალის თერმიული წინააღმდეგობის უნარი მით უფროა დაბალია მისი მიერ ჰაერგამფარობა, ამიტომ ფორებით და ბოჭკოვანი კარკასით ერთმანეთთან დაკავშირებული მასალები აუცილებლად დაცული უნდა იქნას ჰაერის ნაკადების ზემოქმედებისაგან. თბოსაიმოლაციო მასალების ნაირსახეობა სტრუქტურის მიხედვით წარმოდგენილია ცხრ.6.2-ში.

ცხრილი 6.2.

თბოსაიმოლაციო მასალების სახეობების მიხედვით



ფოროვანი მინერალური თბოიზოლატორები.

ამ მასალების დაბალ თბოსაიმოლაციო თვისებებს განაპირობებს მინერალური მასალისების ფოროვანი სტრუქტურა. ასეთ მასალებს განეკუთვნება გამო და ქაფბეტონი. მსუბუქი სამშებებლო ბოლოკები რომელთა დაბალი ხვედრითი წონა განპირობებულია მის სტრუქტურაში უხვად არსებულ ჰაერის ან გამის ბუშტულებით. თბოსაიმოლაციო მასალების უპურატესობები და ნაკლოვანი მხარეები წარმოდგენილია ცხრილში 6.3.

ცხრილი 6.3.

თბოსაიზოლაციო მასალების უპერატესობები და ნაკლოვანი
მხარეები

უპირატესობა	ნაკლოვანება
მასალას გააჩნია საკმარის სიმტკიცე, ის გამოიყენება თვითმშიდ კონსტრუქციებში. მასალის დაბალი ფასი. საკმარისი თბო და ხმაურის საიზოლაციო თვისებები.	სხვა მსგავს მასალებთან შედარებით მაღალი სითბოცვლის უნარი. $(0.18-0.38) \text{ vt/m}^2 \text{C}$. მისი ფორმები ჭარბად ტენშემკრებია, ამის გამო მისი გამოყენებებისას დამატებით ჰიდროსაიზოლაციო მასალით წარმოებს გარედან კედლის შეფუთვა.

6.3. გამოყენების სფერო

გარე მსუბუქი და შიგა ფიხრის კედლების აგებისას;
სხვენის თბოიზოლირებისას.



სურ.6.5. თბოსაიზოლაციო მასალის პრაქტიკული გამოყენება

კერამიგი— 15–25 მმ დიამეტრი მქონე ბურთულები, რომელიც მიიღება სპეციალური სახეობის წითელი თიხის გამოწვით.

უპირატესობა— წყლის მიმართ მედეგობის უნარი, მისით შეიძლება ამოივსოს შენობის კონსტრუქციის ძნელად მისადგომი ადგილები.

მასალა ხასიათდება დაბალი თბოიზოლაციო თვისებით ($0,16 \text{ vt/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

მისით შენობის თბოიზოლირებისას კერამიგის ფენის სისქე უნდა იყოს არანაკლებ $180\text{--}200$ მმ.

მასალა გამოიყენება სამშენებლო ბლოკების წარმოების და იატაკის და სხვენის თბოიზოლირებისას დამცავი ფენის მოწყობით.



სურ.6.6. სხვენისა და იატაკის თბოიზოლირება

6.4. პოლიმერულ საფუძველზე ფორმვანი თბოიზოლაცირები

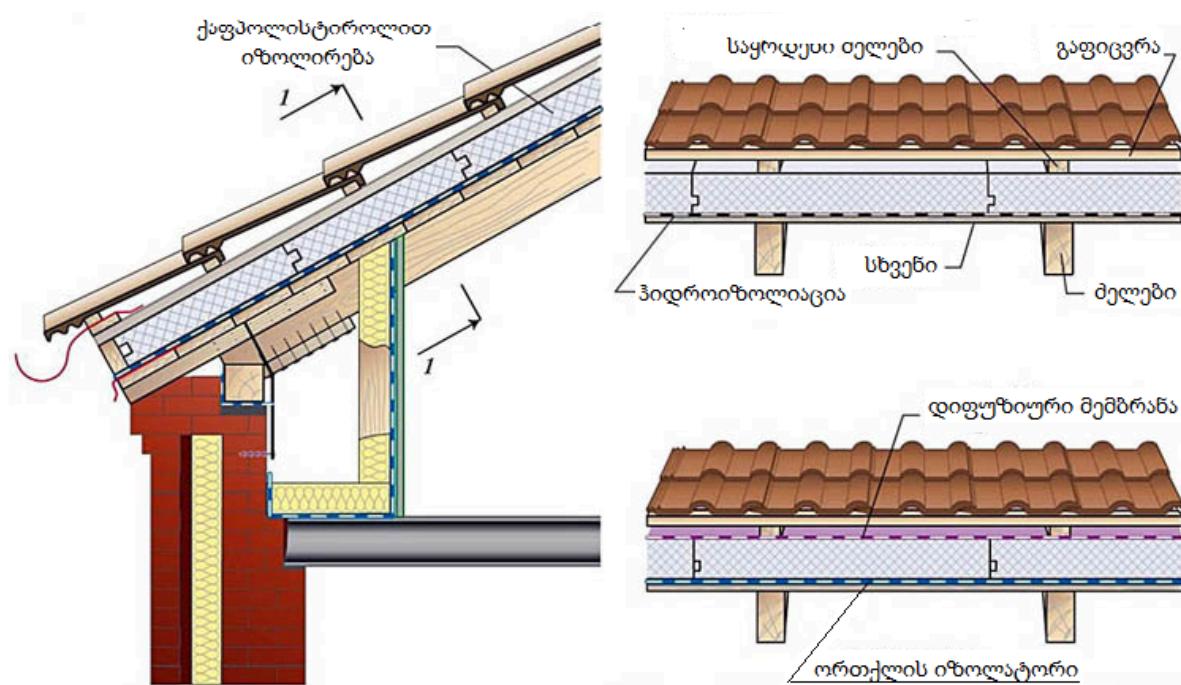
აქაფებით მიღებულ პოლიმერულ მასალებს გააჩნია ფორმვნი სტრუქტურა, მაგრამ მათში ფორები აბსოლიტურად ჰერმეტულია და არ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებულნი.

ქაფპლასტი—მიიღება პოლისტიროლის გრანულების აქაფებით, მიღებული მასის 1000×1000 მმ. გაბარიფის და 10 დან 100 მმ სისის შემდგომი დაწნეხვით.

მას გააჩნია თბოგადაცემის ძალიან დაბალი კოეფიციენტი ($0,027$ – $0,044 \text{ vt/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) და კუთრი წონა ($25\text{--}35 \text{ kg/m}^3$),

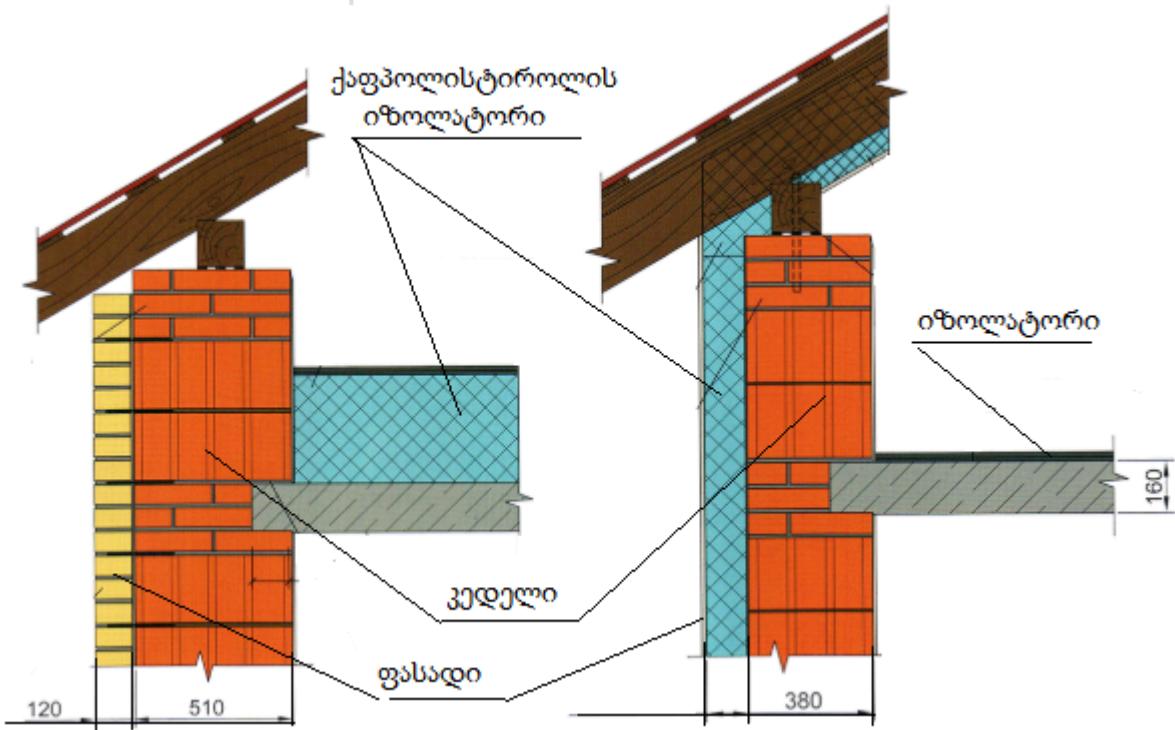
რადგან ქაფპლასტს გააჩნია დახურულო ფორმვანი სისტემა,

დამატებით აღარაა საჭირო თბოიზოლირების სხვა საშუალებების გამოყენება. ის არ ტენიანდება, არ ლპება, წყალში და დაბალ ტემპერატურაზე არ იშლება. არ აფარებს ჰაერს და წყლის ორთქლს ამიტომ შეიძნით მის გამოყენებისას დარწმუნებული უნდა ვიყოთ შენობის კარგი ვენტილირების უნარში. $+120^{\circ}\text{C}$ და ზემოთ მასალა ლდვება და აღუდგენლად კარგავს თბოიზოლირების უნარს, მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით არ იწვის მაგრამ გამოყოფს მხეთავ კვამლს. ულტრა ფიალეტური სხივების ზემოქმედებით ქაფპლასტი კარგავს მთლიანობას, ამიტომ გარე ფასადის ამ მასალით დაფარვისას, ის დაცული უნდა იქნას მზის სხივების ზემოქმედებიდან.



ნახ.6.7. სხვენის და სახურავის თბოიზოლირების ტექნიკური გადაწყვეტა.

სურათზე წარმოდგენილია სახურავისა და სხვენის თბოიზოლირების შესაძლო ვარიანტი, აღნიშნული სქემით კონსტრუქციის უზრუნველყოფა სრულად გამორიცხავს თბური ხიდის არსებობისა და სითბოს დანაკარგების წარმოქმნის შესაძლებლობას.



სურ. 6.8. სხვენის თბოიზოლირების ფექნიკური გადაწყვეტა

მასალა აქციურად გამოიყენება ბეტონისა და ხის იაფაკის თბოიზოლირებისას, ბეტონისა და აგურის კედლების გარეთ თბოიზოლაციის მიზნით ბათქაშის ქვეშ.



სურ.6.9. კედლების თბოიზოლირების მაგალითები

ექსტრუდირებული ქაფპოლისტიროლი – იწარმოება იგივე მასალისაგან რისგანაც ქაფპლასტი. მას გააჩნია ერთგვაროვანი

არაგრანიტული სტრუქტურა, ექსტრუდირებული პენოპოლისტიკი ფირფიტს ზომებია 1000×500 მმ, სისქით $20-100$ მმ.

მას გააჩნია ქაფპლასტის ყველა უპირატესობა და მასთან შედარებით არის გაცილებით ხისტი და მკვრივი ის უძლებს კუმშვაბე გაცილებით მეტ დატვირათვას.

პენოპლასტთან შედარებით ექსტრუდირებული ქაფპოლისტიკი ხასიათდება მეტი თბოვამტარობით, და ხასიათდება ქაფპლასტისათვის დამახასიათებელი უარყობითი თვისებებით.

ის მძიმე ბეტონის იატაკების საუკეთესო თბოიბოლფორია, ამასთან გამოიყენება გარე კედლების, საფუძვლების, სარდაფების, თბოიბოლირებისთვის.



სურ.6.10. შენობის სხვადასხვა აღგილის თბოიბოლირების მაგალითები

ქაფფოლგი – რელონად დახვეული 1 მ. სიგანისა და $3-12$ მმ. სისქის პოლიეთირებული ფირის აქაფების შედეგად მიღებული მასალაა, რომელიც ერთი ან ორივე მხრიდან ალუმინის ფოლგითაა დაფარული.

მასალა ალუმინის ფოლგის წყალობით კარგად ირეკლავს ინფრაწითელი სპექტრის თბურ სხივებს. საერთოდ არ ატარებს ჰაერს, წყალასა და ორთქლს. ბუსტად აღწერს შენობის კონსტრუქციის ნებისმიერი სირთულის მონაკვეთებს და არის კარგი თბოიბოლატორი.

+ 120°C – ტემპერატურაზე და მის გემოთ დნება, იწვის და გამოყოფს მხუთავ კვამლს.

გამოიყენება შენობის შიგა კედლების და სხვენის თბოსაიბოლაციო

მიზნით შესაფუთად.



სურ.6.11. ბოჭკოვნი მინარალური თბოიბოლაფორები

მასალის ბოჭკოვაან სტრუქტურაში გროვდება უძრავი ჰაერი, რომელიც უზრუნველყოფს დაბალ თბოგამფარობას.

ბაზალტის ბამბა-მზადდება მთის შესაბამისი ქანების გადნობის შედეგად მიღებული დაქუმაცებული ბოჭკოსაგან. მასალას წარმოდგენილია ხისფი ფილის ან 20–100 მმ სისქის დრეკადი რულონის სახით.

მშრალ მასალას გააჩნია დაბალი სითბოგამფარობის კოეფიციენტი ($0,042-0,08 \text{ vt/m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$)

არ იწვის, არ გამოცემს კვამლს, არ ღნება და უძლებს 1000°C – მდე ტემპერატურას. გააჩნია დაბალი ხვედრითი წონა. ჰაერისა და წყლის ორთქლის თავისუფალი გამფარია.

ხისფი ფილი საკმარის დატვირთვაზეა გათვლილი რბილი რულონი დეფორმაციის შემდეგ აღიდგენს თავის ფორმას

მასალა წყალშემკრებია, 50%–ით წყლით გაჯერებისას მთლიანად კარგავს თავის თვისებებს. ამითომ მასტან ერთად გამოყენებული უნდა იქნას სხვა თბოიბოლაფორიც.

მასალა უნივერსალურია თბოიბოლირების ასამაღლებლად და ის გამოიყენება სხვადასხვა პირობებში და არაა კონკრეტულად გამსაბლვრული მის დანიშნულების არეალი.

მინის ბამბა იწარმოება იგივე ტექნოლოგით და ამ დროს მასალის დასამზადებლად გამოიყენება გამდვალი მინის მცირე ზომის ბოჭკოები.

მინის ბამბას იგივე მახასიათებლები გააჩნია როგორიც ბაზალტის ბამბას.

დეფორმაციის შემდეგ მინის ბოჭკო იმსხვრევა და მასალა ვერ ახერხებს სტრუქტურის აღდგენას, მინის უმცირესი ნამსხვრევები ახდენს სხეულის გაღიზიანებას.

გამოიყენება სხვენის, მილსადენების, სხვადასხვა სამშენებლო კონსტრუქციების და შენობის გარედან შესაფუთად, არ შეიძლება მისი გამოყენება საცხოვრებელ სივრცესა და სველ წერტილებში.



სურ.. 6.12. მასალის სისქისა და თბოიზოლირების თვისებების ურთიერთ შედარება

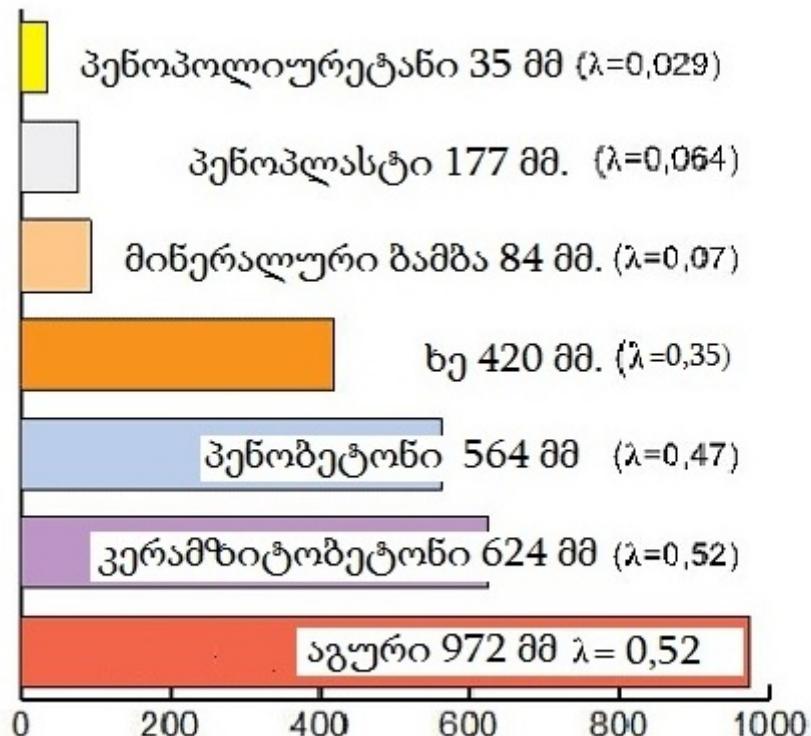
მასალის თბოგამგარობა დამოკიდებულია მის ფენის სისქესა და თერმიული წინააღმდეგობის უნარზე.

$$R = \frac{\delta}{\lambda}$$

სადაც; R – მასალის თერმიული წინააღმდეგობაა, ($\text{m}^2 \text{C}/\text{vt.}$)

δ – მასალის ფენის სისქეა მ.

λ – თბოგამტარობის კოეფიციენტია, ($vt/m^2 \cdot C$)



სურ.6.13. მასალის თბოსაიზოლაციო მახასიათებლების დამოკიდებულება ფენის სისქესა და თბოგამტარობის განვითარებულ მარტივნარჩევებზე

7. თბური ხიდები

7.1. თბოიზოლირების ხელშემშლელი ფაქტორები

შენობებში რესურსდამზოგი ტექნოლოგიებს გამოყენება მაქიმალურ ეფექტს იძლევა იმ შემთხვევაში თუკი ნაგებებოს კონსტრუქციებიში

მთლიანად გამორიცხული „ტემპეტურული ხიდების“ , იგივე „სიცივის ხიდების“ არსებობა. აღნიშნულ კვანძებს უფრო ხშირად „თბურ ხიდებსაც“ უწოდებენ, ვინაიდან შენობის სხვადასხვა კონსტრუქციებში არსებულ ამ არხებიდან წარმოებს შენობიდან სითბოს გადინება. კონსტრუქციების ამ არხებიდან სითბოს დაკარგვის თავიდან აცილების მიზნით, აუცილებელია ამდაგავრი ხიდების აღმოჩენა, მათი იდენტიფიცირება, და პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით თბურ ხიდებში არსებული სითბოს გადინების არხების იზოლირება. რას წარმოადგენს „თბური ხიდები“, ეს შენობის სხვადასხვა კონსტრუქცის ჩვეულებრივთან შედარებით მაღალი სითბოსგამტარობით გამორჩეული ადგილებია. სწორედ ამ ადგილებიდან ხდება შენობის შიგნით არსებული სითბოს გარეთ გადინება.

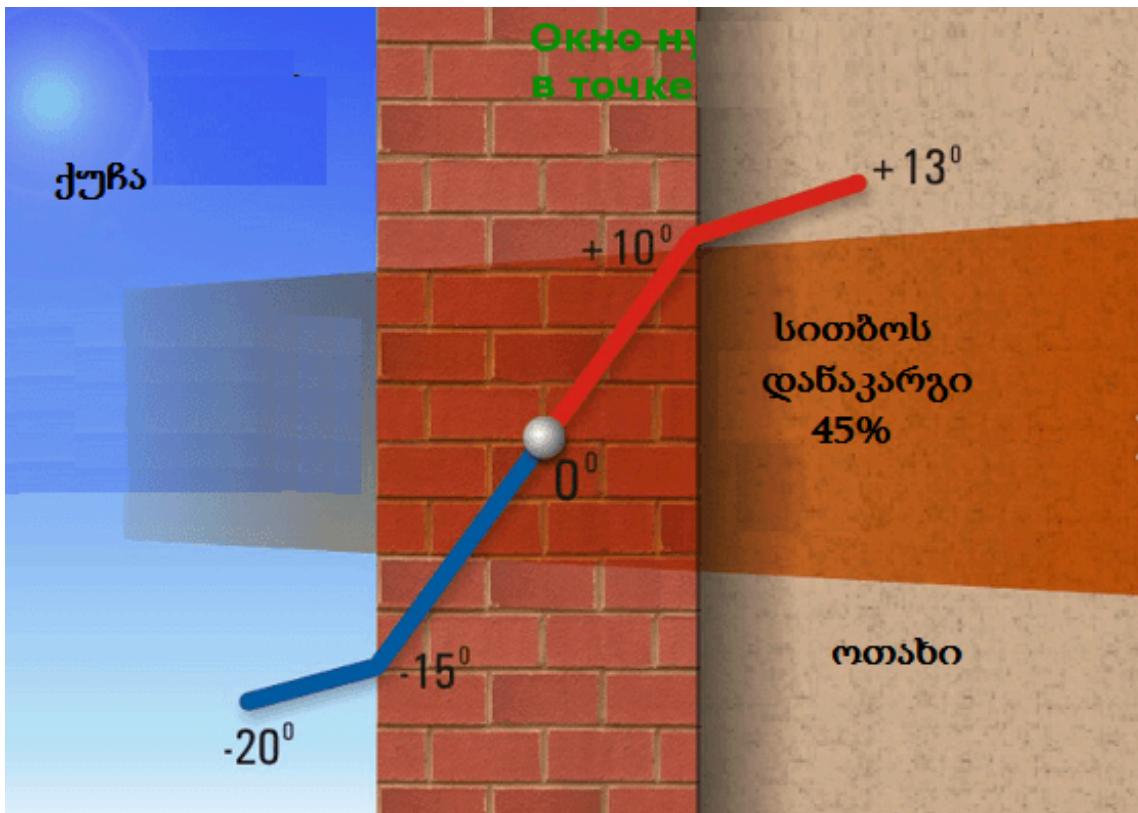


სურ.7.1.თბური ხიდების მაგალითები

არსებობს თბური ხიდების შემდეგნაირი სახეობები:

„გეომეტრიული თბური ხიდები“ – მათი ფორმა და მდგომარეობა შენობის კონსტრუქციაზეა დამოკიდებული. ასეთებია კონსტრუქციის გადაბმის და შეერთების ადგილები, შენობის გარე კეთხეები და გარდამავალი კვანძები.

„მასალის თავისებურებებზე დამოკიდებული თბური ხიდები“ ამ ტიპის თბური ხიდები წარმოდგენილია ერთი კონსტრუქციაში წარმოდგენილ სახვადასხვა თბოგამტარობის მასალის პირობებში.



სურ.7.2.თბური ხიდის მოქმედების პრინცი;იალური სქემა

რკინა ბეტონის გადახურვაში, კარების და ფანჯრის ღიობში, ფენდამენტსა და კედელს შორის არსებული თბური ხიდები. „ხაზისებრი თბური ხიდები“ – ასეთი ხიდების არსებობის ალბათობა მაღალია კედლის შეფუთვის დასრულების ან კარებისა და ფანჯრის რაფების გასწვრივ.

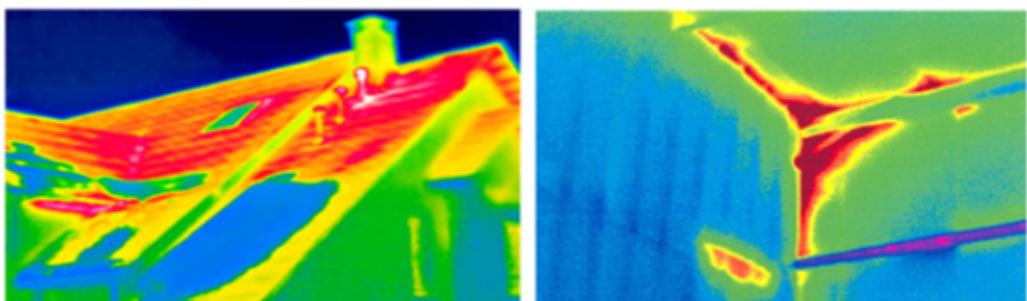
„წერტილოვანი თბური ხიდები“ – კედელზე, იატაკზე, საანკერე ან სხვა სახის სამაგრი კვანძის განთავსების ადგილები. როგორც წერი ასეთი კვანძის მასალის სითბოგადაცემის მაჩვენებელი გაცილებით დიდია ვიდრე კედლში ან იატაკის მასალის სითბოგადაცემის მაჩვენებელი. თბოიბოლირებით კედლის პირობებში წარმოქმნილი „თბური ხიდი“ შენობის შიგა სივრციდან სითბოს გადინების არხად ყალიბდება საიდანაც წარმოებს თბური ენერგიის გადინება და პარალელურად იზრდება კედლის მასალაში წყლის შემცველობა, რაც კიდე უფრო აუარესებს კედლის როგორც სითბოს იზოლაციის შესაძლებლობა, მცირდება მისი ხანგამდლეობა. თბური ხიდები როგორც წესი განთავსებულია სახურავის და კედლის, აივნისა და

კედლის, კედლისა და ფუნდამენტის შეერთების ადგილებზე. შენობის თბოსაიმოლაციო მასალებით შეფუთვის დასრულების, ნაკერების და გადაბმების ადგილებზე. როგორ შეიძლება იდენტიფიცირებული „თბური ხიდები“ და მათი ადგილმდებარეობა.



სურ.7.3.თბური ხიდების მოქმედების ვიზუალურ შედეგები

შენობის შიგა ან გარე კედელზე ნესტის არსებობა, რომელის აღმოჩენა წარმოქმნილი ობის ტალებითაა შესაძლებელი, თბური ხიდის არსებობითაა გამოწვეული.



სურ.7.4.თბური ხიდების მოქმედების შედეგები

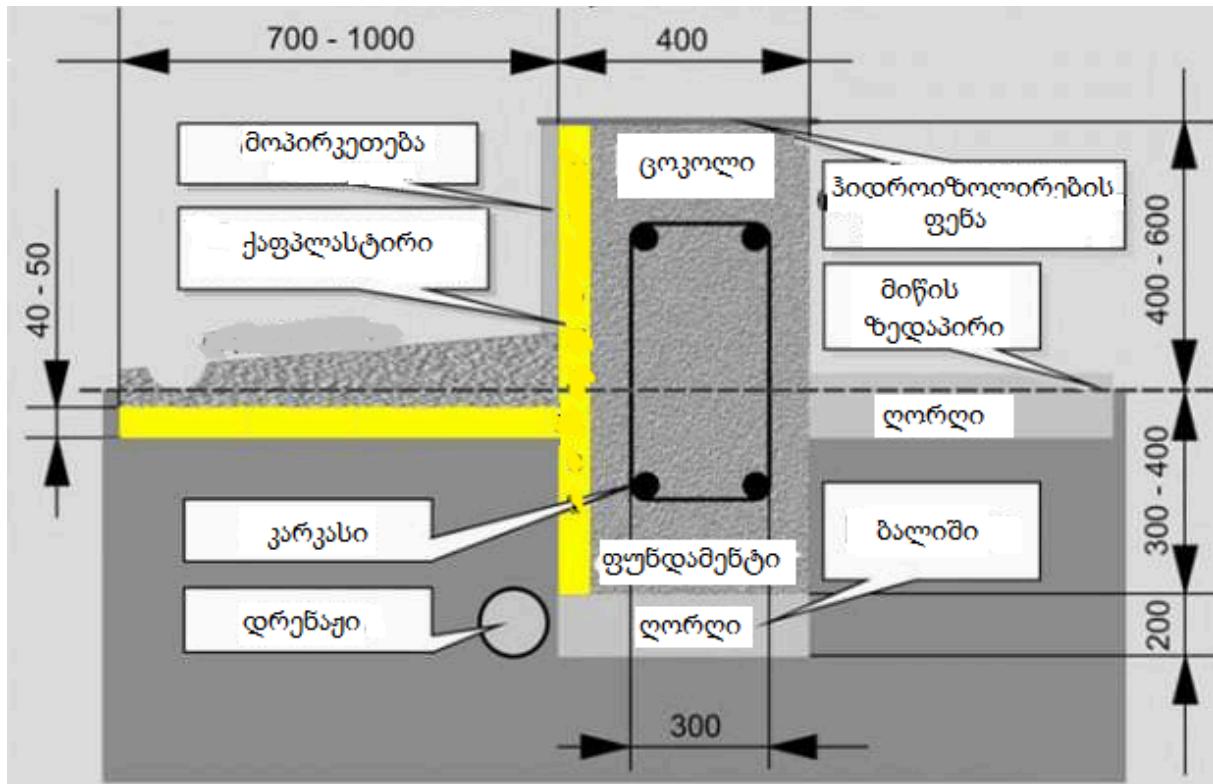
„თბური ხიდების“ გავლით გამორისას წარმოებს შენობიდან სითბოს გადინება, გაფხულში კი პირიქით იმრდება შენობის შიგნით ტემპერატურა. მათი არსებობა იწვევს შენობის გარე კედლებზე კონდესაცის წარმოქმნას, დანესტიანებულ ადგილებზე კი ჩნდება ჯანმრთელობისთვის საშიში სოკოები და ბაქტერიები. ასეთი თბოგამფარი არხების არსებობა ხშირად პროექტის წუნის ბრალია, არსებობს მშენებლობის უხარისხოდ წარმოების მიზეზით წარმოქმნილი

„თბური ხიდები“. შენობის პროექტირებისას გარდა კონსტრუქციის პროექტირების ტრადიციული გადაწყვეტისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს თბური ხიდების შესაძლო ადგილების წარმოქმნის შესაძლებლობას და მიღებული უნდა იქნას ისეთი გადაწყვეტილებები რომლებიც მაქსიმალურად შეზღუდავს მათი მეშვეობით სითბოს დანაკარგების არსებობას..



სურ.7.5.თბური ხიდების თავიდან აცილების მაგალითი

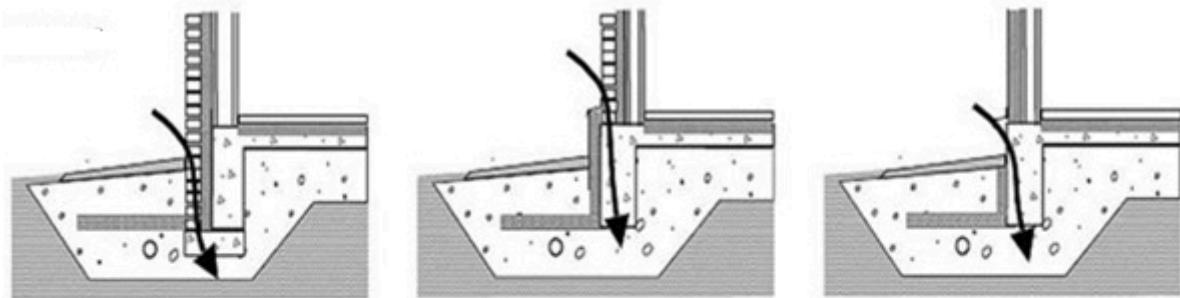
სურათზე წარმოდგენილია ფანჯრის ქვეშ „თბური ხიდის“ ლიკვიდირების შესაძლო ვარიანტი. ამ შემთხვევაში ფანჯრის ანჯამა იმოლირებულია კედლის მასალისაგან რაცი იძლევა ამ ადგილზე ტრადიციული თბური არხის მეშვეობით სითბოს გადინების აღკვეთის შესაძლებლობას. სითბოს დანაკარგების დიდი წილი შენობის არაიმოლირებული ფუნდამენტითაა გარანტირებული, ფუნდამენტის იმოლირება ძვირალირებული სამუშაოთა ჯგუფში შედის მაგრამ თუ სწორად იქნა დათვლილი მის შეუფეთავ მდგომარეობაში სითბოს დანაკარგებით, კედლის დასველებით და მისი ვადაზე ადრე სიმტკიცის პარამეტრების შემცირებით გამოწვეული ეკონომიკური თუ უსაფრთხოების დაქვეითებით მოსალოდნელი შედეგები არგუმენტი ყოველთვის შენობის ფუნდამენტის შეფუთვის სასარგებლოდ წყდება.



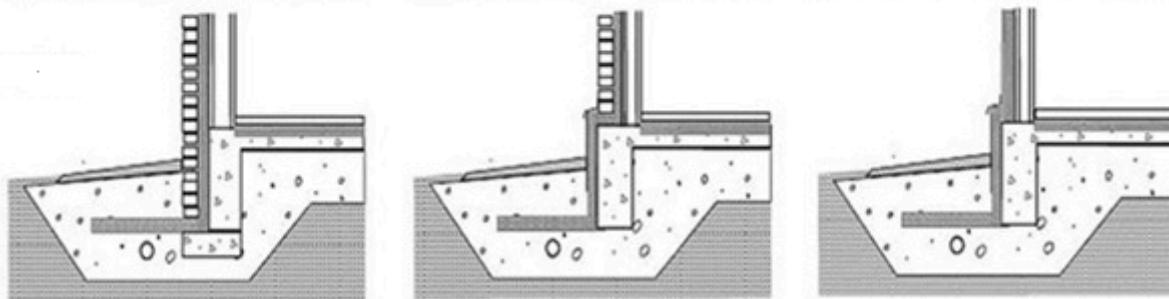
სურ. 7.6.თბური ხიდის იზოლირების ფენის გადაწყვეტა

შენობის ენერგოეფექტურობის შეფასებისას აღმოჩენილი უნდა იქნას „თბური ხიდებიდან“ სითბოს გადინების ადგილები და და პროექტირების, მშენებლობისა და შენობის რეკონსტრუქციისას უნდა მოიძებნოს პრობლემის გადაწყვეტის შესაძლო გზები.

ფუნდამენტის სწორად იზოლირებისას აღარ არასებობს „თბური ხიდის“ წარმოქმნის და შესაბამისად სითბოს დანაკარგების წარმოქმნის საფრთხე, ამ შემთხვევაში კონსტრუქციის თბურ რუკას აქვს სურათზე წარმოდგენილი სახე.

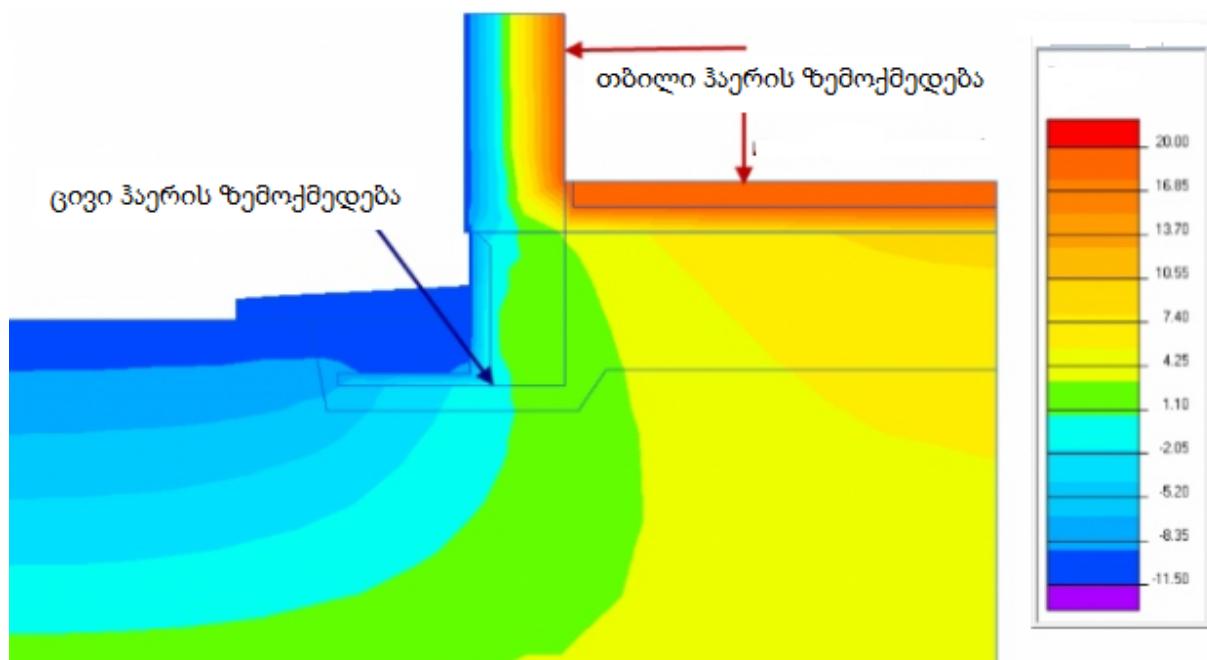


არასწორი გადაწყვეტა



სწორი გადაწყვეტა

სურ. 7.7. .თბური ხიდის იზოლირების ტექნიკური გადაწყვეტის მაგალითები



სურ..7.8.თბური ხიდის მოქმედების შედეგები

შენობების სახურევები „თბური ხიდების“ მოწყობის და შესაბამისად სითბოს დანაკარგებისათვის ყველაზე ხელსაყრელი ადგილია. ნახაზე წარმოდგენილია სახურავის თბოიბოლირების შესაძლო ვარიანტები, აღნიშნული წესით სახურავის თბოიბოლირებისას აღარ არსებობს თბური ხიდების შექმნისა და შესაბამისად შენობის შიგა სივრციდან სითბოს გადინების შესაძლებლობა.

8. ენერგო დამზოგი სამშენებლო კონსფრუქციები და

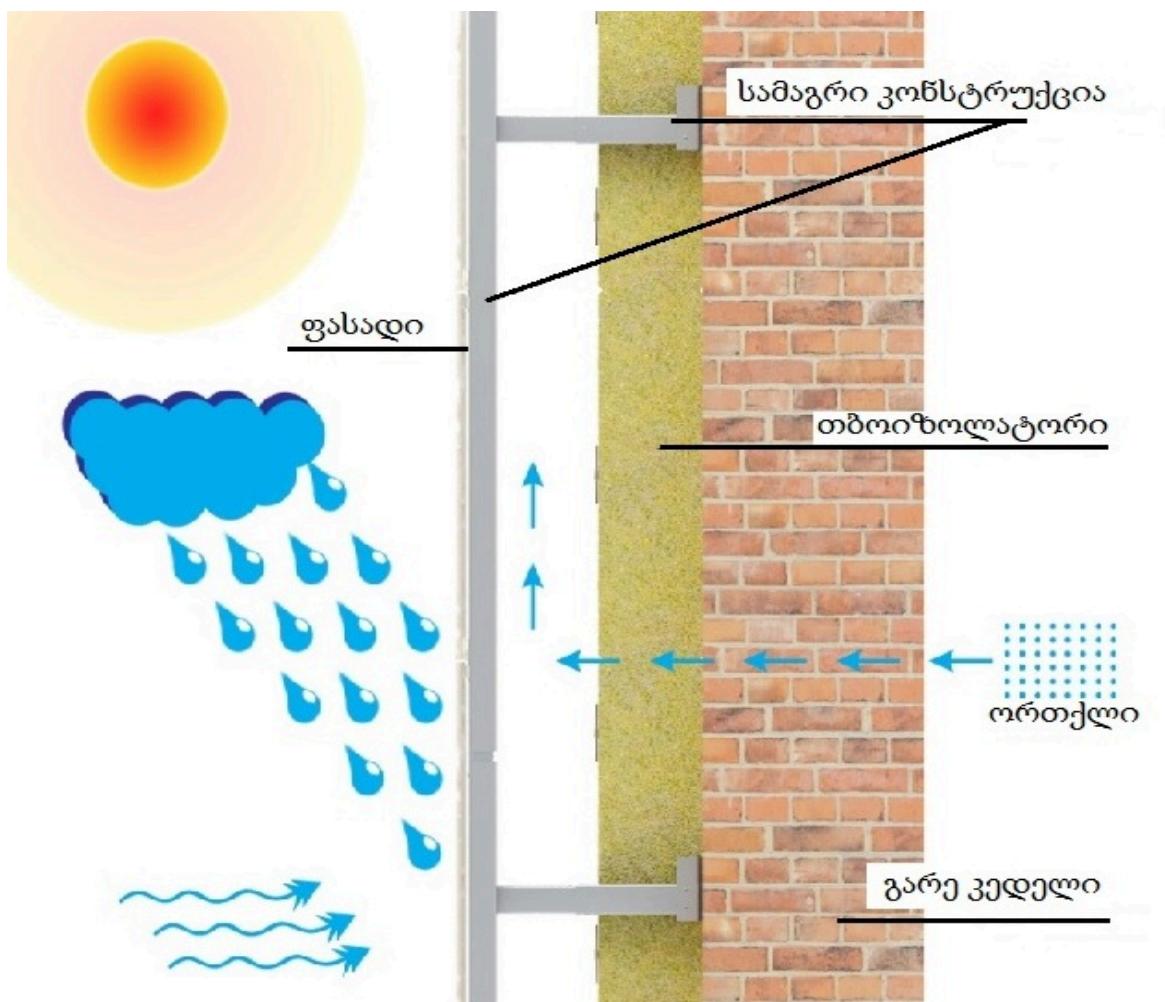
საინჟინრო სისტემები.

8.1. საკიდი ვენტილირებადი ფასადები

თანამდროვე პირობებში, სამშენებლო ინდუსტრიაში ხანგამძლე და ენერგოეფექტური მასალებისა და საინჟინრო სისტემების გამოყენება მნიშვნელოვანი გამოწვევაა. საკიდი ვენტილირებადი ფასადები ამ კატეგორიის სამშენებლო კონსტრუქციის არსებითი ეკონომიკური ეფექტის მქონე გადაწყვეტაა. მისი გამოყენებით მნიშვნელოვნად იმრედება შენობა ნაგებობების ენერგოეფექტურობა, შენობის ფასადის მოწყობისა და შენობის ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის მანძილზე მიღწევა საგრძნობი ეკონომიკური ეფექტი და სისტემა საშუალებას იძლევა რეალობად იქცეს ყველაზე გაბედული დიზაინური და არქიტექტურული გადაწყვეტა.

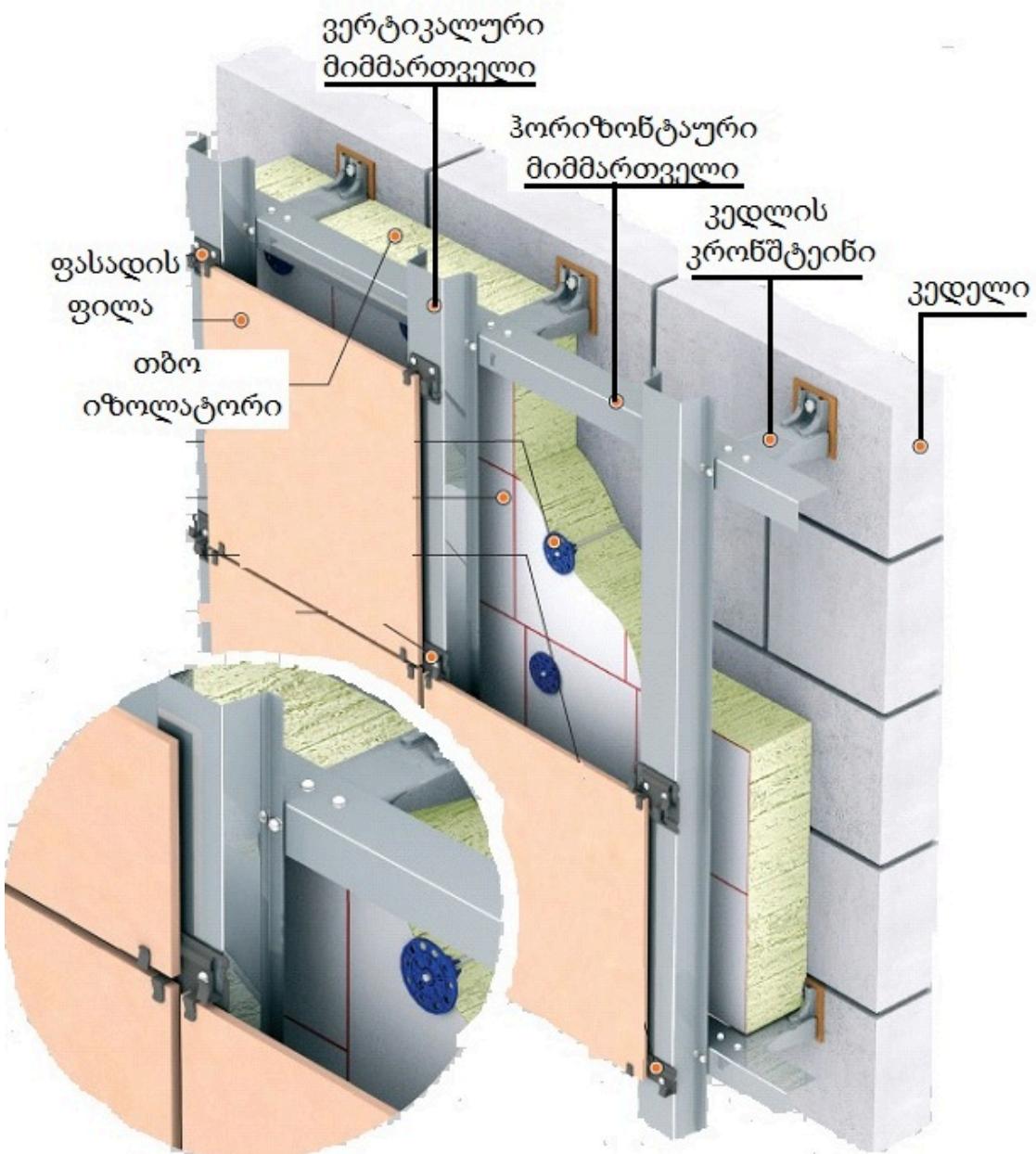
საკიდი ვენტილირებადი ფასადი, სისტემაა რომელიც შედგება მოსაპირკეთებული მასალისაგან (საიდინგი, მაპროფირებული ფილა, ფასადის კასეტა და სხვა) რომელიც მოპირკეთებული ფასადის ქვეშ დამონტაჟებული კონსტრუქციით (მიმმართველი პროფილი, სამაგრი კრონშტეინი და სხვა) დამაგრებულია გარე კედლის პარალელურად და სრულად ფარავს მას. ამასთან კედელსა და მოსაპირკეთებულ მასალას შორის კედლის გასწვრივ მასზე დამაგრებულია მინერალური დამათბუნებული თბოსაიზოლაციის მასალა, ისე რომ ამ მასალის ზედაპირსა და მოსაპირკეთებული მასალის შიდა ზედაპირს შორს დარჩენილია 4 სმ სიგანის არე ჰაერის თავისუფლად ცირკულირების მიზნით. რომლის მეშვეობით წარმოებს წარმოქმნილი ტენისა და წყლის ორთქლის გატანა.

გარე კედლების ამ ტექნოლოგიით შეფუთვისას მნიშვნელოვნად მცირდება კედლის ბათქაშებე და თბოიზოლაციაზე სამშენებლო მასალების დანახარჯები, ამასთან კონსტრუქციის შიგნით, კედლსა და ფასადს შორის დაჩენილი გამჭოლი ღიობი უბრუნველყოფს შენობის გარე კედლის თბოიზოლაციის მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებას.



სურ. 8.1.საკიდი ვენტილირებელი ფასადის კედელზე ზემოქმედების მაგალითი

ვენტილირებად ფასადისა და კედელს შორის არსებულ თბოსაიბოლაციო მასალის გამო არსებული კონსტრუქციის პირობებში კედლიდან სითბოს დანაკარგები 2–3 ჯერ მცირდება. შესამაბისად იკლებს შენობის გათბობაზე ენერგეტიკული დანახარჯები. არსებითია რომ კედლის გარედან თბოიბოლირებისას შიგნიდან იბოლირებასთან შედარებით ადამიანისათვის გაცილებით უკეთესი მიკროკლიმატი წარმოიქმნება. ვენტილირებადი კედლების აგება ე.წ. „მშრალი“ წესით მიმდინარეობს.



სურ. 8.2. საკიდი ვენტილირებადი ფასადის მოწყობის მაგალითი

ვენტილირებადი ფასადების მოწყაფი შესაძლებელია წლის ნებისმიერ პერიოდში, სამუშაოები მიმდინარეობს დროის მოკლე მონაკვეთში. მზა ფასადი არ საჭიროებს პერიოდულ მიმდინარე რემონტს და გადაღებვას. გარდა თბოსაიზოლაციო უნარისა ვენტილირებადი ფასადები კედლებს იცავენ ატმოსფერული ნალექების გემოქმედებისაგან.

ეს ტექნოლოგია უზრუნველყოფს კედლების მაღალ ხარისხით თბოიზოლაციას.

ხმაურის იზოლირება იზრდება 25 %-ით.

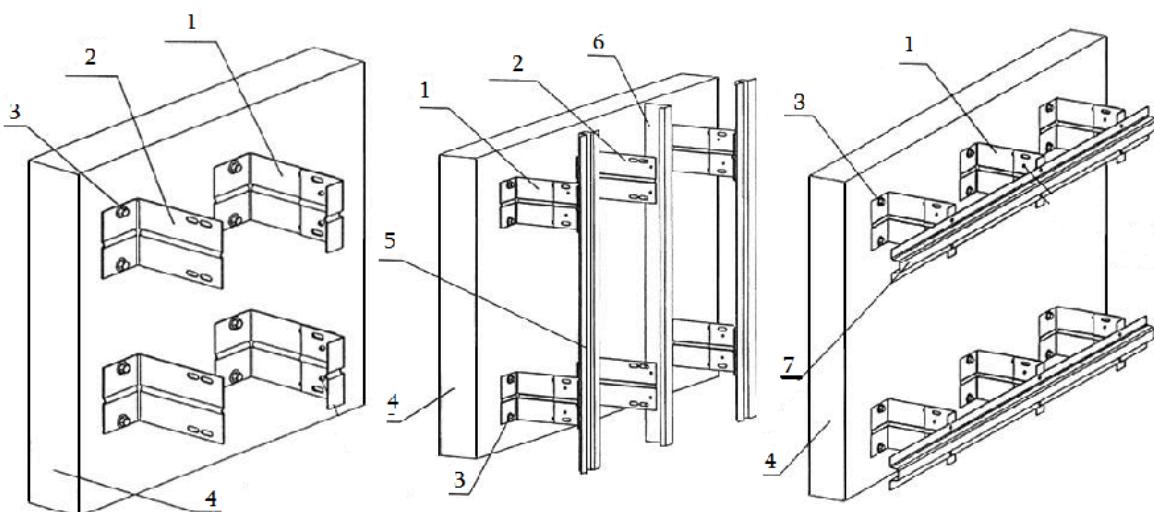
ხასითდება მომსახურეობის ხანგრძლივი პერიოდით.

საჭიროების შემთხვევაში მარტივია კედლის რემონტი.

იზრდება შენობის სამომხმარებლო ღირებულება.

ვენტილირებადი ფასადის შემთხვევაში მინიმუმადე დადის შენობის გარე კედლის გაყინვისა და გათბობის ციკლი, ასევე საერთოდ აღარ ხდება წვიმის დროს კედლის დასველება და მზიან ამინდში მისი გაშრობა. შიგა თბოიზოლაციის არ არსებობის გამო აღარ იკარგება შენობის სასარგებლო ფართი. აღარაა საჭირო შიგა თბოიზოლირების სისტემის აუცილებელი, ორთქლის იზოლირების ან მისი გამწოვი სისტემის გამოყენება

ვენტილირებადი ფასადის კონსტრუქცია უბრუნველყოფს შენობის შიგნით თბილ გარემოში არსებული ორთქლის გარეთ ცივ გარემოში გამოდევნას და რადგან კედელი არასოდეს სველდება მისი თბოგამზარობა არასოდეს მცირდება, არ წარმოიქმნება დროის ხანგრძლივ პერიოდში კედლის დამშლელი სოკო და ობი. დაკიდებული ვენტილირებადი ფასადები მაგრდება საკიდი კონსტრუქციის მეშვეობით, რომელიც შედგება კრონშტეინისაგან, ვერტიკალური ან ჰორიზონტალური დამჭერი პროფილისაგან.



სურ.8.8. .საკიდი ვენტილირებადი ფასადის საკიდი მოწყობილობა
1.შედგენილი კრონშტეინი. 2.საყრდენი კრონშტეინი. 3. დამჭერი ჭანჭიკი. 4.კედელი. 5.რთული ვერტიკალური პროფილი. 6.მარტივი ვერტიკალური პროფილი. 7.რთული ჰორიზონტალური პროფილი.

გარე პროფილი როგორც წესი მზადება კომპოზიციური მასალისა

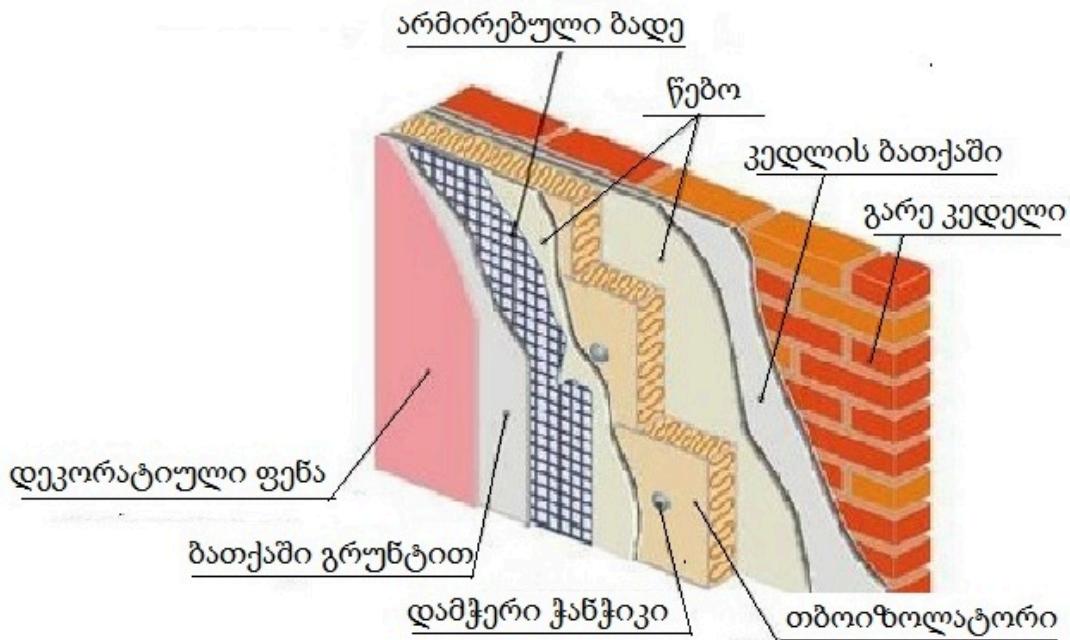
ან უქანგავი ლითონისაგან, კრონშტეინი თავის მდებარეობის გამო წარმოადგენს კონსტრუქციის სითბოგამტარ ნაწილს, მის მიერ სითბოგამტარობის შემცირების მიზნით მის კედელზე და და მასზე პროფილის ადგილებზე აუცილებლად გამოყენებული უნდა იქნას საფენები. თბოსაიმოლაციო მასალის და მისი ზომების შერჩევისას მხედველობაში მიიღება კედლის სისქე და მასალა რომლითაც კედელია აგებული. სამაგრი ქუდიანი სარჭებები შერჩეული უნდა იქნას განსაკუთრებული სიფრთხილით, მასზე დამოკიდებული მთელი კონსტრუქციის სიმტკიცე და სიხისფე. დაბალი სიმკვრივის მქონე გამობეტონის, ქაბფეტონის ან ღრუფანიანი აგურის კედლის შემთხვევაში საჭიროა გამოყენებული იქნას სპეციალური ძვირადლირებული სარჭები. მიუხედავად იმისა რომ ფასადის ფილებს არ აკისრია მზიდი ფუნქცია ისინი უნდა იყვნენ საკმარისად ხისფი, მარტივდება მაღალი სიხისფის ფილების მონტაჟი და იმპლება მათი საიმედობა ექსპლუატაციის მთელი პერიოდს მანძილზე. საკმარის სიხისფეს უნდა ფლობდეს თბოსაიმოლაციო მასალა, წინააღმგდევ შემთხვევაში საიმოლაციო ფილა შეიცვლის თავის გეომეტრიულ ფორმას და შემცირდება მისი საექსპლუატაციო ვადა და გაიმპლება ფასადიდან სითბოს დანაკარგების მაჩვენებელი.

თბოსაიმოლაციო მასალა სიხისფესთან ერთად უნდა ხასიათდებოდეს საკმარისი ელასტიურობით, რათა ისინი საკმარისად მჭიდროდ იქნას ერთმანეთთან დაკავშირებული, იმის გამო რომ მათ შორის წარმოქმნილმა სიცარიელემ არ შესრულოს თბოგამცვლელი ხიდის ფუნქცია და არ მოხდეს სითბოს უკონტროლო დანაკარგები. გარე დამცავი პანელის კონსტრუქცია უზრუველყოფს დაკიდებული ვენტილირებადი ფასადის შიგნით კედელზე აკრული თბოსაიმოლაციო მასალის დაუსველებლად მთელი საექსპლუატაციო ციკლის მანძილზე ფუნქციონირებას. კედელსა და ფასადს შორის თავისუფალ ღრეჩოში ჰაერის გადაადგილება უზრუნველყოფილია ღრეჩოში და ფასადის გარეთ ტემპერატურებს შორის სხვაობით, ტემპერატურებს შორის სხვაობაზეა დამოკიდებული წნევათა სხვაობის მნიშვნელობა, და რაც უფრო მეტია ეს სხვაობა მით მეტია ღრეჩოში ჰაერის ნაკადის

გადაადგილების სიჩქარე და შესაბამისად უფრო ეფექტურად წარმოებს შენობის შიგნიდან კედლისა და დამათბუნებლის ფორებს შორის გამოღწეული წყლის ორთქლის ატმოსფეროში გაფანა. ბოჭკოვანი ტიპის დამათბუნებელის შემთხვევაში ჰაერის ნაკადით შეიძლება ნაწილობრივ დაირღვეს დამათბუნებლის მთლიანობა და მასალიდან აცლილი იქნას მასალის მცირე ზომის ნაწილები. ამის თავიდან აცლილების მიზნით მასალა უნდა იყოს საკმარისად მტკიცე, ან მისი სიმტკიცის არასაკმარისი მაჩვენებლის პირობებში ის უნდა დაიფარის ქარსაწინაარმგდეგო მაღალი ხარისხის მემბრანით. ტექნიკური პროგრესისა და ახალი სინთეტიკური მასალების გამოყენებით, სულ უფრო სრულყოფილი ხდება ვენტილირებადი ფასადების კონსტრუქციები, იზრდება მათი ხანგამძლეობა და შეკეთებებ შორიდ შორის შუალედი, მაღალი ხარისხის კონსტრუქცია მკვეთრად ზრდის შენობის თბოეფექტურობის ხარისხს და კედლის საექსპლუატაციო ვადებს.

8.2. გაბათქაშებული ფასადის კედლების თბოსაიმოლაციო სისტემები

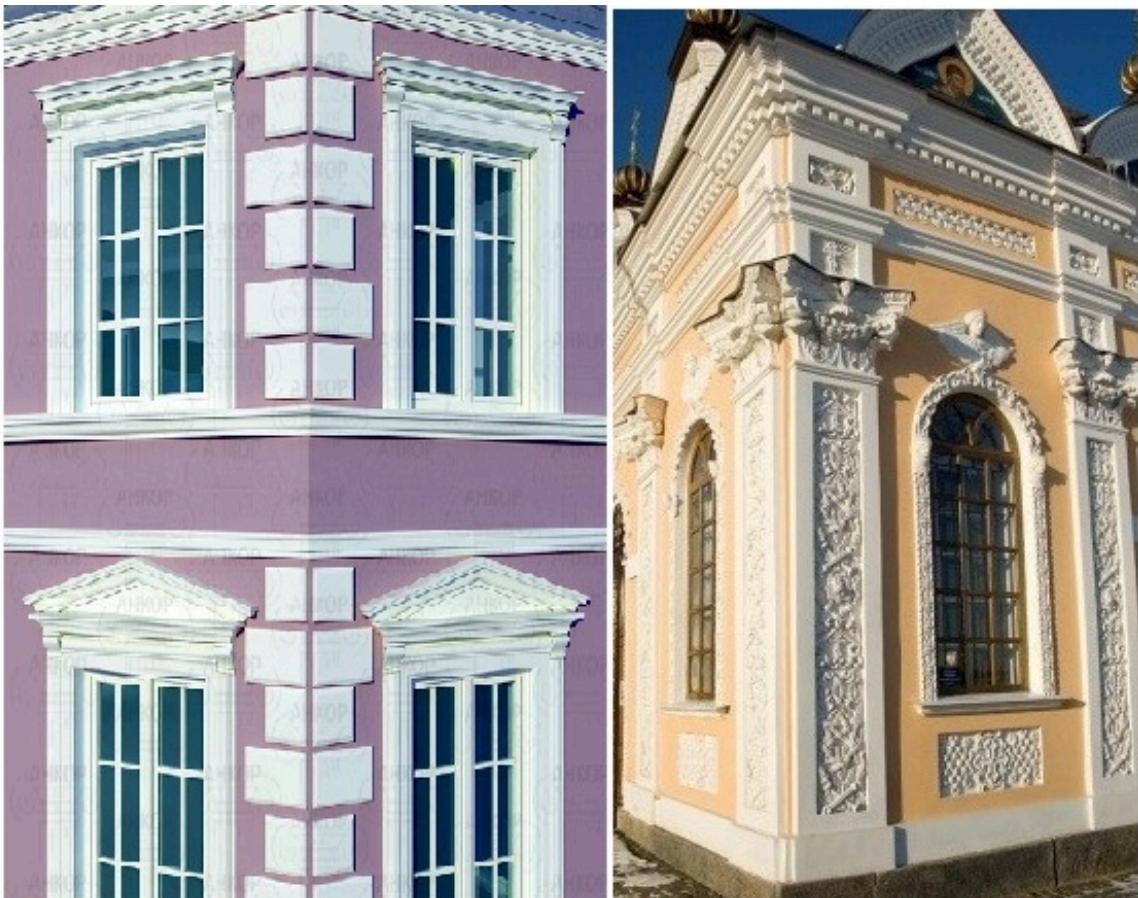
გაბათქაშებული კედლების თბოიმოლირება უზრუნველყოფილია კონსტრუქციით რომელიც შედგება ბათქაშით დაფარული კედლი, ბათქაშებ დაფანილია წებო, თბოსაიმოლაციო დამათბობელი მასალა. მისი დამჭერია ქუდიანი ჭანჭიკები, მასალაზე დაფანილი არმირებული მინაბადე, და გარედან დაფანილი თხელი ბათქაში. თბოსაიმოლაციო მასალა ამ სისტემის მთავარი შემადგენელი ნაწილია.



სურ.8.9. კედლის თბოიზოლირებს უზრუნველყოფა

შენობის ფასადის თბოიზოლირების ამ ტიპის კონსტრუქციას ხასიათდება დაბალი წონით და შესაბამისად ის იძლევა ენერგო რესურსების დაზოგვის საშუალებას. თბოსაიზოლაციო მასალის დაბალი წონა მნიშვნელოვანია იმ თვალსაზრისითაც რომ მან კედლებე დამაგრების შემდეგ უნდა გაუძლოს საკუთარ წონას, რათა სისტემის ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის მანძილზე შენარჩუნებული იქნას მისი მთლიანობა. კონსტრუქციის სიმარტივე და მისი დაბალი წონა არ ითხოვს დიდი მოცულობის მიწისა და ბეტონის სამუშაოებს და შესამაბისად ამცირებს მშენებლობის ხარჯებს. კონსტრუქციის სიმარტივე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ძველი შენობების რეკონსტრუქციისას. ვინაიდან მათი აღდგენისა და რეკონსტრუქციისას შენობის წონის მინიმალურად გაზრდამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგები. როგორც უკვე აღნიშნული იქნა ამ სისტემაში გამოყენებულ თბოსაიზოლაციო მასალებს გააჩნია თბოგამტარობის დაბალი მაჩვენებელი. და კონსტრუქციის სხვა შემადგენელ ნაწილებთან ერთად სისტემა მკვეთრად ამცირებს შენობის გარე კედლებიდან თბოცვლას და ამით უზრუნველყოფილია ენერგოფერობის მაღალი

მაჩვენებელი. ეს მნიშვნელოვანია იმის გათვალისწინებით რომ შენობიდან თბოდანაკარგების უმეტესი ხვედრითი წილი სწორედ გარე კედლებიდან მის დანაკარგებზე მოდის. გარდა თბოსაიზოლაციო თვისებისა აღნიშნული სისტემა უზრუნველყოფს ფასადის სასურველი წინასწარ შენობის პროექტით განსაზღვრული დიაზინით გაფორმებას.



სურ.8.10. თბოიზოლირება და არქიტექტურული დეტალების შეთავსება

ისეთ მნიშვნელოვან პარამეტრებთან ერთად როგორიცაა მასალის სიხისფე, მისი ფენებად დაშლის მიმართ მედეგობა, კუმშვის მიმართ საკმარისი წინააღმდეგობა აუცილებია რომ თბოსაიზოლაციო მასალა ქიმიურად ნეიტრალური იყოს, ფასადის მოწყობისას ის არ უნდა შევიდეს რეაქციაში სხვა ფასადის მოსაწყობ მასალებთან, წებოსთან ბათქაშთან, ბადესთან. თბოსაიზოლაციო მასალა მედეგი უნდა იყოს მაღალი ტემპერატურის მიმართ და მთლიანობის რღვევის გარეშე უნდა უძლებდეს თემპერატურის დიდი დიაპაზონში ცვალებადობას. ფათქაშით

მოწყობილი თბოსაიტოლაციო ფასადები გაცილებით იაფია ვერტიკალურ ვენტილირებად ფასადებთან შედარებით და მათი გამოყენებისას 1,5 – 2 ჯერ იზრდება ხმაურის იზოლირების მაჩვენებელი. ის გამოიყენება როგორც ძველი სახლების რეაბლიფაციისას ასევე ახალი სხვადასხვა კონსტრუქციისა და ნაგებობების მშენებლობისას, შენობის ენერგოეფექტურობის უბრუნველყოფასთან ერთად, ის იძლევა ენერგიის, შრომით და მატაერიალური დანახარჯების ეკონომიას, ამასთან მისი მეშვეობით შესაძლებელია მოეწყოს შენობის ფასადები ურთულესი არქიტექტურული ელემენტებით გამოყენებით.

8.3. ენერგო დამზოგი იატაკები

იატაკიდან შენობის გათბობის ე.წ. „თბილი იატაკი“ ენერგოეფექტური შენობების საინჟინრო სისტემის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია. არსებობს „თბილი იატაკების“ ორი, წყლით და ელ.ენერგიით გათბობის სისტემა. ამ ორი სისტემიდან მონტაჟისა და ექსპლუატაციის სიმარტივით, საიმედოობით რეალურ პრაკტიკაში უპირატესობა ელექტრონულ სისტემას ენიჭება. აღნიშნული სისტემის მონტაჟის სქემა წარმოდგენილია ნახ.8.11. მის ბოლო მოდელებში გამახურებელი ფირები მუშაობენ ინფრაწითელი შუქით სითბოს წარმოქმნის უნარით. გამახურებელი ფირები წარმოდგენილია რულონების სახით რომლის მონტაჟი შესაძლებელია როგორც პორიტონგალურ ასევე ვერტიკალურ ბედაპირზე, ფირზე ელ. ენერგიის გამტარი გოლები 13 მმ-ითაა ერთმანეთისაგან დაცილებული, შესაბამისად მინიმუმადე დაყვანილი პოტენციურად გადახურების შესაძლებლობა და ამ ტექნიკური საშუალებებით შენობის გათბობა აბსოლიტურად უსაფრთხოა როგორც ხანძარის წარმოქმნის თვალსაზრისით ასევე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. ენერგოეფექტური იატაკების გამოყენებისას ენერგიის ეკონომიური მოხმარება უბრუნველყოფილია თერმორეგულირებადი ელემენტების მეშვეობით. სისტემის ექსპლუატაციისას შესაძლებელია ენერგიის 40%

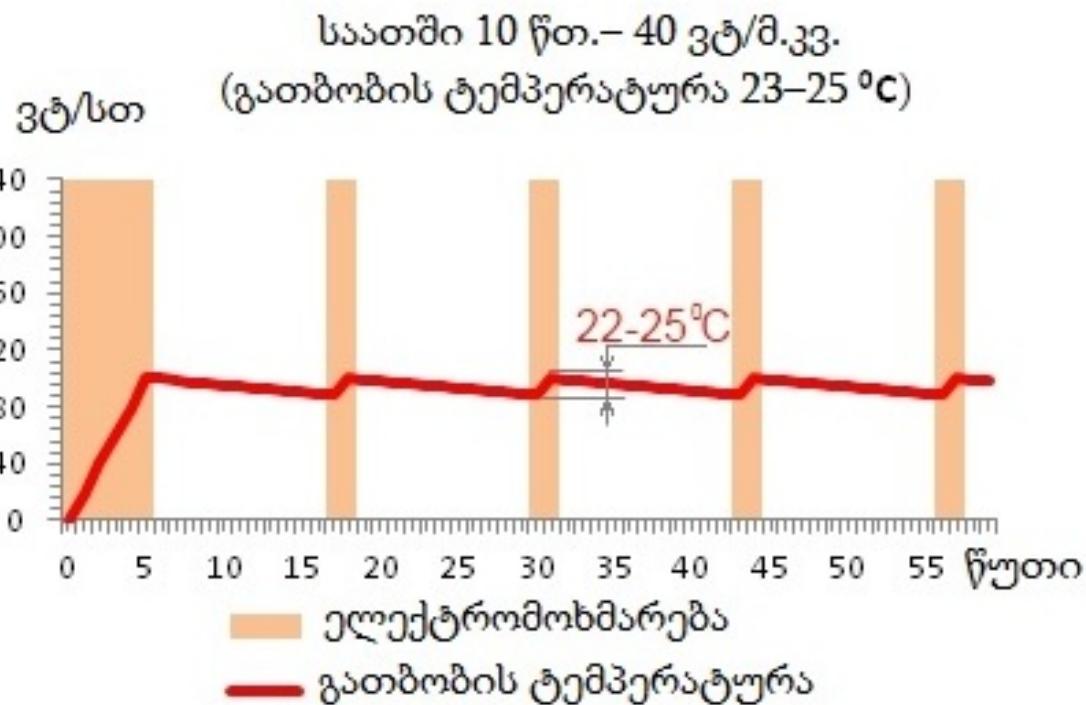
ეკონომია. მოკლე (15 წელი) ექსპლუატაციის ვადა აღნიშნული სისტემის მნიშვნელოვანი ნაკლია. ნაგებობის შიგა სივრცის გათბობა წარმობს არა მარტო ინფრაწითელი გამოსხივების, არამედ მეორადი კონვექციის ხარჯები. ინფრაწითელი გამოსხივებით გამთბარი შენობაში წარმოიქმნება განსაკუთრებული მიკროკლიმატი, ამ დროს



ადამიანისათვის კომფორტული ტემპერატურა $4-5^{\circ}\text{C}$ ნაკლებია ვიდრე ტრადიციული გათბობის საშუალებების გამოყენებისას მიღებულ კომფორტულ ტემპერატურასთან შედარებით. გარდა ამისა თბილი იტაკის გამოყენებისას შენობის შიგნით $4-5^{\circ}\text{C}$ იზრდება უარყოფითი იონების რაოდენობა, ვიდრე სხვა მათ შორის ეფექტური სისტემების გამოყენებისას. ინფრაწითელი თბილი იატაკის ექსპლუატაციისას არ წარმოიქმნება ხმაური, ვიბრაცია, მტვერი. დასაშვებთან შედარებით მცირეა წარმოქმნილი ელექტრო მაგნიტური გამოსხივების მაჩვენებელი. ასეთი იატაკების მოწყობა წარმოებს ნებისმიერი იატაკის ქვეშ, მშრალი წესით, მოჭიქვისა და წებოს გამოყენების გარეშე. მისი მონტაჟი შესაძლებელია როგორც ახალი შენობის აგებისას, ასევე ძველის რეკონსტრუქციის ან კოსმეტიკური რემონტისას.

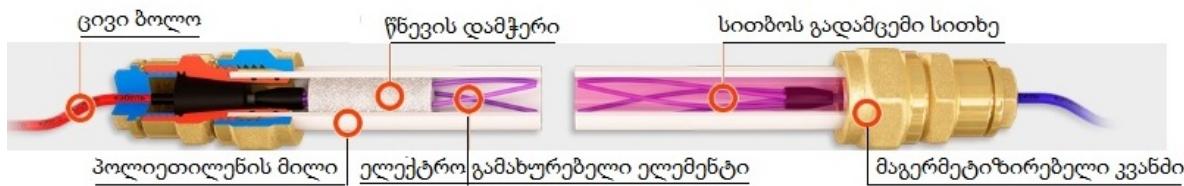
სურ.8.11. იატაკის ენერგო დამზოგი მეთოდით მოწყობის სქემა

სისტემა ჩართვისთანავე თბება, მოკლე დროში ოთახში ტემპერატურა $22-25^{\circ}\text{C}$ აღწევს. საათში ის 10 წუთის მანძილზეა ჩართული, ნახაბბე წარმოდგენილია მოხმარებულ ენერგიასა და მუშაობის ხანგრძლივობას შორის დამოკიდებულება.



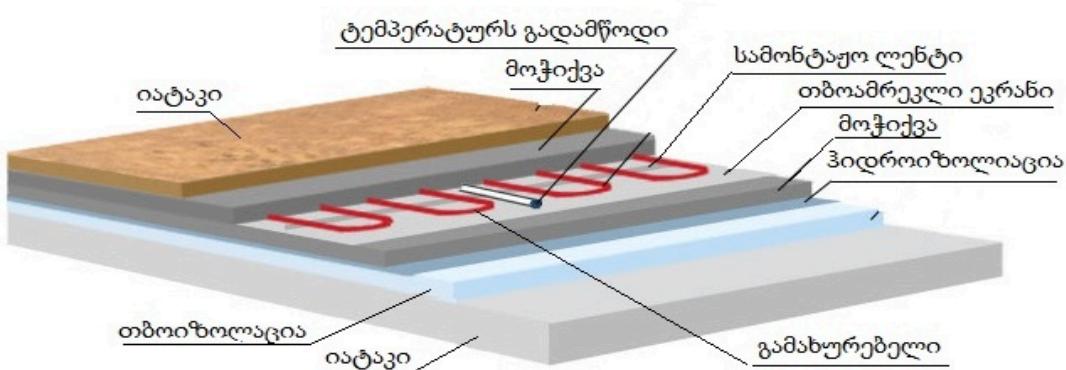
სურ.8.12. თბილი იაფაკები, ელექტრო მოხმარება და გათბობა
წყალბე მომუშავე თბილი იაფაკები

ჰერმეტული, მაღალი სიმტკიცის, 20 მმ დიამეტრის მქონე პლასტიკური მილი წყლაბე მომუშავე თბილი იაფაკების ძირითადი ელემენტია. მისი ექსპლუატაციის ვადა 50 წელია, მილის შიგნით მოთავსებულია შვიდი წვერისაგან შემდგარი გამახურებელი ელემენტი. გამახურებელი ელემენტისაგან თავისუფალი სივრცე მილის შიგნით ყინვამედეგი ხსნარითაა შევსებული. ნახ. 8.13. მისი მუშაობის პრინციპი საკმაოდ მარტივია, ელ. გამტარში ელეტროენერგიის გავლისას წარმოებს სითხის გათბობა. და მიღებული სითბო აკუმულირდება თვით სადენსა და სადენზე მოწყობილ მოჭიქულ იაფაკში. თბილი იაფაკის ექსპლუატაციისას მიღწი ჰერმეტულობის დაკარგვა სისტემის მთავარი რისკია,



სურ.8.13. თბილი იაფაკის მუშაობის პრინციპილაური სქემა

ეს გათბობის დამოუკიდებელი სისტემაა, რომელიც არ საჭიროებს სითბოს დამატებით წყაროების გამოყენებას. წყალი მიღებში თბება მასში გამავალი ელექტრო სადენის გახურების შედეგად, წყლით იაფაკის გათბობის სისტემა ენერგოფექტურია, ის კარგად მუშაობს თბერ ტუმბოებთან ერთიან სიტემაში, ამ დროს ენერგოფექტურობის მაჩვენებელი აღწევს მის მაქსიმალურ მნიშვნელობას. სისტემა ექსპლუატაციისას წარმოქმნის დასაშვებ მნიშვნელობაზე ნაკლებ ელექტრო მაგნიტურ ველს, რომლის მნიშვნელობა ორწვერიან სადენებიან სისტემაში ნულის ფოლია, მაგრამ ასეთი ელ.სადენების ფასი 20%—ით ძვირია ერთ წვერიან სადენებთან შედარებით. ამ სისტემის ექსპლუატაციისას გათბობის პროცესი ხასიათება ინერციით და გათბობა მიმდინარეობს ნელი ტემპით, $+27^{\circ}\text{C}$ გათბობა წარმოებს 30 წუთის განმავლობაში. ამ დროს ჯერ უნდა გათბეს მოჭიქული იაფაკი და შემდეგ სითბო თთახის შიგა სივრცესაც გადაეცემა.



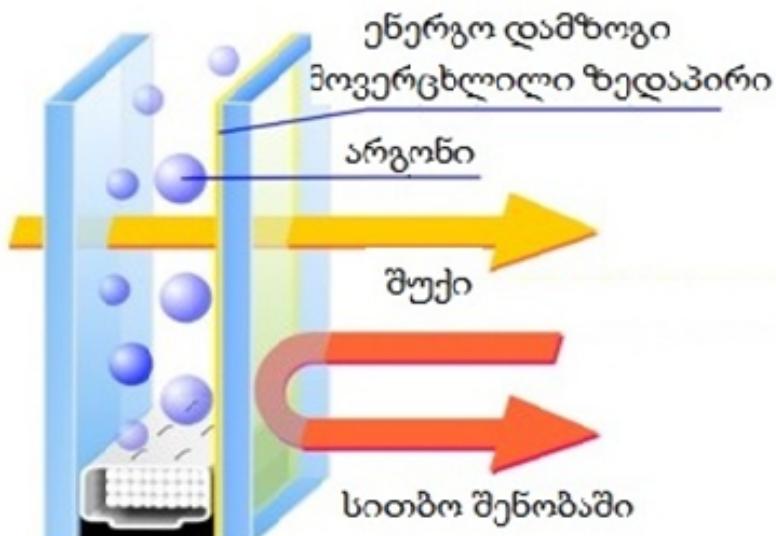
სურ. 8.14. თბილი იაფაკის მოწყობის მაგალითი

8.4. ენერგო დამზოგი ფანჯრები

შენობების ხასიათის მიხედვით, საშუალოდ მათი ფასადების ფართის 20% ფანჯრებს უჭირავს. ფანჯრებიდან იკარგება შენობის გათბობაზე დახარჯული თბური ენერგიის 30–40 და რიგ შემთხვევაში 50% $\text{მ}^{\circ}\text{C}$ /ვტ. ფანჯრების დასამზადებლად გამოყენებული მასალები და მისი აწყობის ტექნოლოგია უბრუნველყოფს მაქსიმალურ ჰერმეტულობას, შესაბამისად ფანჯრის ჩარჩოს პროფილის სითბოგადაცემის წინაარმგდევობის მაღალი კოეფიციენტი უბრუნველყოფს სითბოსა და ხმაურის იზოლიაცია, მაგრამ საყურადღებოა რომ ფანჯრის მეტი წილი მინაპაკეტზე მოდის. არსებული ნორმების მიხედვით მინა პაკეტის სითბოს გადაცემის კოეფიციენტი უნდა იყოს არანაკლებ $0,54 \text{ } \text{მ}^{\circ}\text{C} / \text{ვტ}$. ერთ კამერიანი მინა პაკეტის შემთხვევაში ეს მაჩენებელი $R = 0,32 \text{ } \text{მ}^{\circ}\text{C} / \text{ვტ}$. ხოლო ორკამერიანი მინაპაკეტის შემთხვევაში კი $R = 0,44 \text{ } \text{მ}^{\circ}\text{C} / \text{ვტ}$. ბოლო პერიოდში შემუშავებული იქნა და მშენებლობაში ინერგება მაღალეფებური სითბოდამცავი მინა პაკეტები რომელის მეშვეობით 2–ჯერ იზრდება სითბოს გადაცემის წინააღმდევობა. მინის სპეციალური რბილი ან ხისფი მასალით დაფარვა ფანჯრის ენერგოდამბოგი ეფექტის გაზრდის ერერთი საშუალებაა. ხისფი მასალით მინის დაფარვა წარმოებს ე.წ. პიროლიფის ანუ მაღალ ტემპერატურაზე პიროლიბის მეთოდით. (სპეციალური ხსნარი გაფრქვევით მაღალ ტემპერატურაზე დაიგანება მინის ზედაპირზე) ამ დროს მინაზე წარმოიქნება ხისფი, გამჭვირვალე, სითბოამრეკლი ფენა.

მინაზე დატანილი რბილი დამცავი ფენა მგმნობიარე აფმოსფერული ბემოქმედების მიმართ. ამ ფენის დატანა წარმოებს ვაკუუმ კამერაში რბილი წესით დაფრქვევით მინა პაკეტის შიგა მხრიდან, დამცავი ფენით დაფარული მინა უფრო ნაკლებად აფარებს სითბოს ჩვეულებრივ მინასთან შედარებით, ამით აიხსნება ასეთი მინების ენერგო დამბოგი ეფექტი. მინაპაკეტში 15%–ით სითბოს დანაკარგები დაკავშირებულია მის კონვექციური წესით გადაცემასთან და ამ დროს დანაკარგებიმით მეტია რაც მეტია მინა პაკეტში ჰაერის ფენის სისქე. კამერაში ჰაერის ფენის სისქის შემცირება წარმოებს ორკამერიანი მინა პაკეტების

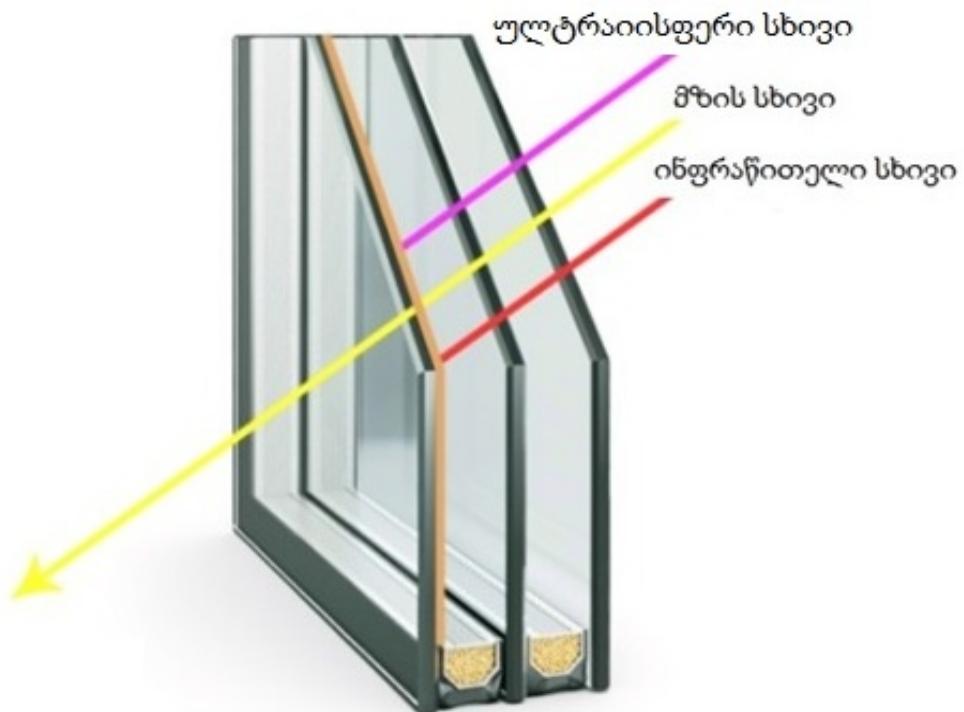
მეშვეობით. ამ დროს ფენის სისქე არ აღემატება 16 მმ. და მინა პაკეტის ა და მინსი გომების ოპტიმალური თანაფარდობა ტოლია: $4 \times 16 \times 4 \times 16 \times 4$ (4 მმ მინის სისქეა, 16 მმ ჰაერში კამერის სისქეა) ენერგო დამზოგი ეფექტის გაზრდის მიზნით ჰაერის კამერა ივსება ინერტული გაზით, არგონით ან კრიპტონით. ამ მეთოდის დაბალ ემისის მინის გამოყენებისას მიღება მაღალი თბური ენერგიის დამზოგვის ეფექტი. ენერგო დამზოგი მასალების ტექნოლოგიების ერთობლივად გამოყენებისას ფანჯრების ენერგო დამზოგი ეფექტი იზრდება და სითბოს გადაცემის წინაარმგდეგობის კოეფიციენტი იზრდება 0,8 მ $^2\text{°C}/\text{გზ.}$ დან $1,5 \text{ მ } ^2\text{°C}/\text{გზ-მდე.}$



ნახ.8.15. ენერგოდამზოგი შემინვა

მრავალფაქტორიანი ექსპერიმენტებითა და მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე წარმოებს ახალი მასალებისა და სათანადო ტექნოლოგიების დამუშავება რომელიც უზრუნველყოფს ფანჯრების ენერგო დამზოგი ეფექტის გაუმჯობესებას. მინა პაკეტში გამოიყენება მაღალ ტექნოლოგიური ვერცხლის იონებით დაფარული მინა და კამერა სავსეა ინერტული ჰაერზე მკვრივი გაზით არგონით, ამ დროს მინა პაკეტი ცუდად ატარებს თბურ ენერგიას, მინაზე დატანილი ვერცხლის ფენით წარმოებს სითბოს არეკვლა და შენობაში მის დაბრუნება, ამასთან ისე რომ არ მცირდება მინის გამჭვირვალეობა. ასეთი

კამერებით 20%-ით მეტ თბური ენერგიის იშოგება ერთკამერიან მინა პაკეტებთან შედარებით, კვლევებით დადასტურდა რომ არგონი დროთა განმავლობაში წარმოებს გაბის მინაპაკეტიდან გაუონვა და იკარგება მისი გამოყენებით მიღწეული ენერგო დაზოგვის ეფექტი. ბოლო პერიოდში ენერგოდამზოგი ფანჯრების წარმოებისას არგონის ჩანაცვლება წარმოებს უფრო ეფექტური გაბით კრიპტონით. ეს გაბი



გაცილებით მკვრივი და ბლანტია, ამის გამო მისი თბოგამფარობა 1,5 –ით მეტია არგონთან შედარებით. კრიპტონის მოლეკულა შვიდჯერ დიდია არგონის მოლეკულასთან შედარებით, რის გამოც მისი კამერიდან გაწოვა არ ხდება. მაგრამ მისი ფასი 205–ით მეტია არგონთან შედარებით.

სურ.8.16.ენერგო დამზოგი ფანჯარა

დასავლეთის ქვეყნებში პრაქტიკაში აქტიურად ინერგება, ახალი მაღალ ტექნოლოგიური და ენერგო დამზოგი i- კატეგორიის მინები. მინა დაფარულია სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერების რამდენიმე ფენით. ფენის სისქე 10–15 ნანომეტრის ფოლია, უმეტეს შემთხვევაში ფენა

იფარება ოქსიდი-ლითონი-ოქსიდი თანმიმდევრობით. ლითონად უმეტეს შემთხვევაში ვერცხლია გამოყენებული. ჩვეულებრივი მინის შემთხვევაში თბოგამტარობის კოეფიციენტი $0,835$ – ის ფოლია, მაღალ ტექნოლოგიური მინის შემთხვევაში იგივე მაჩვენებელი $0,04$ – ის ფოლია. ჩვეულებრივ მინასთან შედარებით სითბოს დაკავების უნარი $90\%-ს$ აღწევს. მინა ხასითდება

სხივის მაღალი ხარისხით გაფარების უნარით.

ის მტვერამტანია.

არ აფარებს ულტრაიისფერ და ინფრაწითელ შექს.

მინა მედეგია მექანიკური დაზიანებების მიმართ.

მინა უბრუნველყოფს გაფხულში სიცხისაგან შენობის შიგა პერიმეტრის დაცვას.

მინა გამთარში მაქსიმალურად იჭერს შენობაში დაგროვილ სითბოს.

8.5. ბუნებრივი მზის სხივით შენობების განათების სისტემები

შენობა ნაგებობების შიგა სივრცეების დღის მანძილზე, ბუნებრივი მზის განათების სისტემა (მგს) სულ უფრო პოპულარული ხდება დასავლეთის ქვეყნებსა და ამერიკაში. მგს იძლევა შენობის შიგა სივრცეების დროის მანძილზე ბუნებრივი, შეკრებული და სასურველ ადგლისაკენ მიმართული მზის სხივით განათების შესაძლებლობას. ამასთან მგს – ის მეშვეობით შენობების განათება იძლევა ელექტრო ენერგიის ეკონომიკურად მოხმარების უნიკალურ შესაძლებლობას, მგს-ი უბრუნველყოფს შენობის სახურავზე სხივების მიმღები თაღის მეშვეობით, შეკრებილი სხვი შექის გამტარი მიღის მეშვეობით სივრცის განათების მიზნით მიემართება სასურველ ადგილას და შექის გამშლელის მეშვეობით ანათებს გარემოს. შექის გამტარ მიღწი განთავსებულ არეკვლის დიდი უნარის მქონე ($99,7\%$) მრავალფენიან პოლიმერულ ფირის მეშვეობით მზის სხივის სპექტრალური შემადგენლობის რღვევის გარეშე შექის მიწოდება ხდება 20 მეტრამდე

მანძილზე. თაღის მეშვეობით შეკრებილი მზის ბუნებრივი სხივები სხივგამტარი მიღმი განთავსებული შექტექნიკური მაღალ ტექნოლოგიური ელემენტების მეშვეობით კონცენტრირებული ფორმით მიღის დანიშნულების ადგილამდე სასურველი სივრცის განათების მიზნით, მიღმი არსებული შექის კონცენტრირების სპეციალური ელემენტები უბრუნველყოფენ კონცენტრირებული მზის სხივის მიწოდებას სასურველ ადგილამდე მის ულტრაფიალეტური და ინფრაწითელი სპექტრის შემადგენლის გარეშე. ნაგებობების შიგა სივრცის მზის ბუნებრივი შექით განათების პირობებში, შენობის განათება უბრუნველყოფილია ამისთვის საჭირო ენერგო დანახარჯების გარეშე. შენობის სახურავზე დაყენებული თაღი დამბადებულია გარემოს ბემოქმედებისაგან დაცული აკრილის მასალისაგან, რომელიც უბრუნველყოფილია ფრენელის ლინზების ერთიბლიობისაგან. რომელთა მეშვეობით ხდება კუთხით დაცემული გაბნეული დიფუზიურად გაბნეული შექის დაჭერა შენობის შიგა სივრცისაკენ მიმართვის მიზნით. კონსტრუქცია არ იქცევს ბედმეტ ყურადღებას და არ ახდენს შენობის არქიტექტურული სახის დამახინჯებას. ის შედგება:

შექის შემკრებ თაღისაგან,
ფლეშინგისაგან,
შექგამტარისაგან,
დიფუზორისაგან.

შექის სპექტრი 99.7% შენარჩუნებით შექის მიწოდება შესაძლებელია 20 მ მანძილზე შექგამტარის 90 გრადუსით რამდენჯერმე მობრუნებით. მსგ—ს მეშვეობით განატების უბრუნველყოფის ძირითადი ხარჯი სისტემის შეძენაზე, ტრანსპორტირებასა და მონტაჟზე გაწეული ფინანსური რესურსია. 45–55[°] განედგე მის მონტაჟზე გაწეული დანახარჯების გამოსყიდვის პერიოდი 3–5 წელს შეადგენს.

აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენება შესაძლებელია:

ჯანდაცვისა და რეკრიაციულ ცენტრებში,
განათლების სისტემის შენობებში, ბაღები, სკოლები, კოლეჯები,
უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებში.

საცხოვრებელ სახლებში,
ბიზნეს ცენტრებში,
სავაჭრო ცენტრებში, სუპერ და ჰიპერმარკეტებში.
სპორტულ ნაგებობებში.

საწარმოო სივრცეებსა და სასაწყობო ფართებში,
სასოფლო სამეურნეო ნაგებობებში, ფერმებში.

მზის განათების აღნიშნული სიტემის მასიურად გამოყენება:
დადებითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, იძლევა შენობის
არქიტექტურის ახალი ელემენტებით გამდიდრების საშუალებას,
შენობის შიგა სივრცის შექით უბრუნველყოფის ღიობები, ფანჯრები,
ჭერში და კედლებში შექის მიწოდების ჭრილები, სივრცის
განათებაში აღარ ასრულებენ დომინირებულ როლს.

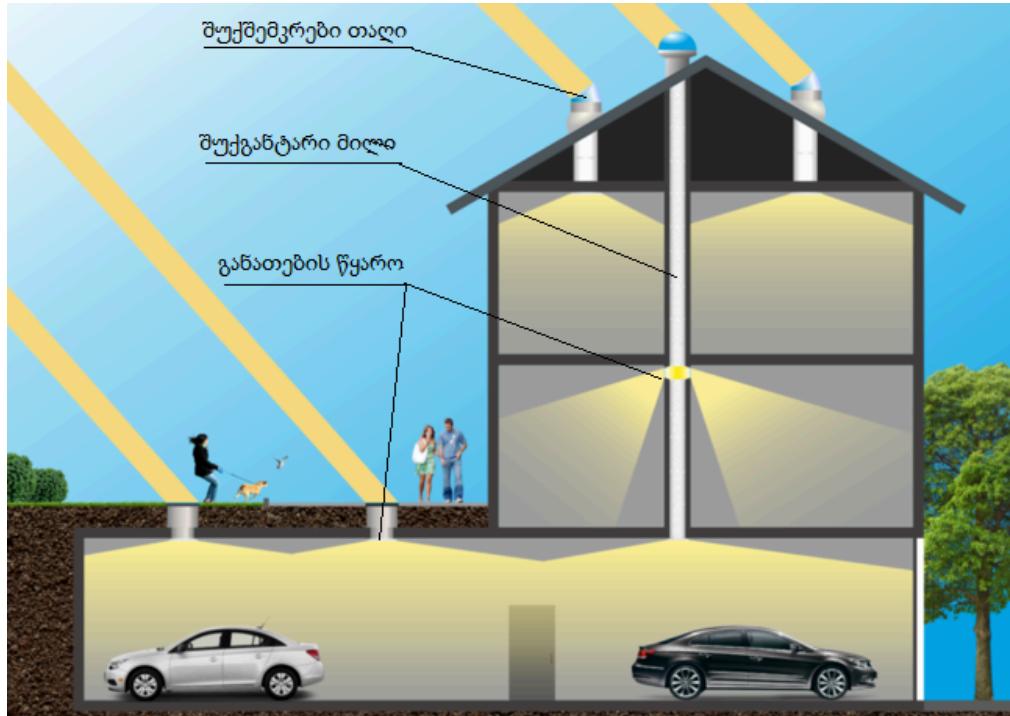
მინიმალური ენერგო დანახარჯებით უმჯობესდება შენობის შიგა
სივრცის ბუნებრივი შექით განათება.

შენობის განათებისას მთელი დღის მანძილზე იმოგება ენერგო
რესურსი და შესამაბისი დობით მცირდება გარემოში CO_2 -ის
ემისია. მზით შენობების განათების აღნიშნული სისტემა თავისი
უპირატესობებით და საექსპლუატაციო თვისებებით სრულად
პასუხობს რესურს დამზოგ ენერგოფექტურ და ეკოლოგიურად
სუფთა ტქებოლოგიის მოთხოვნებს. არსებული გამოწვევები და
სხვადასხვა მიმართულებით მოსალოდნელი პერსპექტივები კერძოდ:
ენერგომატარებლებზე ფასების ზრდა,

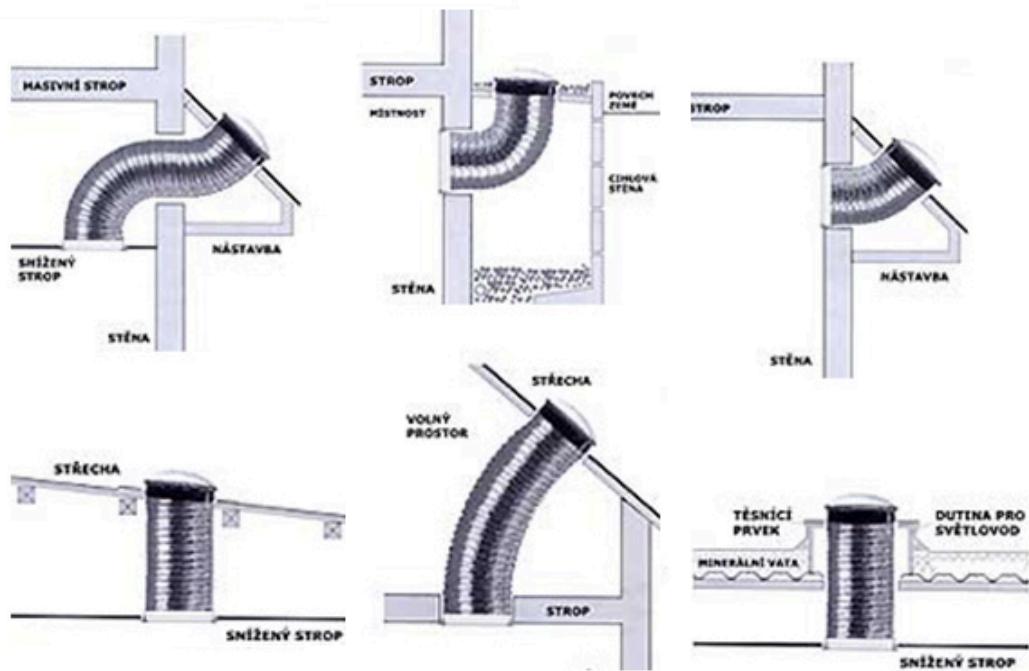
მოსახლეობის კეთილდღეობის ზრდა,

ეკოლოგიური რეგულაციების ახალი კიდე უფრო მკაფრი მოთხოვნები
კიდევ უფრო პოპულარულს გახდის ამ სისტემის გამოყენებას.
სიტემებს გაანია 10 წლიანი გარანტია და ექსპლუატაციის
განუსაზღვრელი ვადა. მსხვილ ობიექტებზე დამონტაჟებული
სისტემების გამოსყიდვის ვადა 3–5 წელია. შენობა ნაგებობები მზის
განათების აღნიშნული სისტემებით შეიძლება უბრუნველყოფილი
იქნას მშენებლობის ნებისმიერ ეტაპზე ან რეკონსტრუქციისას.
ამერიკასა და ევროპის ზოგიერთ ქვეყანაში მზის განათების
აღნიშნული სისტემები უკვე 20 წელია წარმატებით ფუნქციონირებს.

სისტემების გამოყენება არ მოითხოვს დიზაინერებისა და არიტექტორების დამატებით გადამზადებას. სიტემის მასური გამოყენებისათვის ეკონომიკურ სტიმულირებას, მისი მონფაქი არსად არაა დაკავშირებული ნორმატიულ—სამართლებრივი ბაზით დაწესებულ შეზღუდვებთან. ნახ.8.17.



სურ.8.17. შენობისა და დამხმარე ნაგებობების მზით განათების მაგალითი
2500 მ^2 ფართით სპორტული მოედნის აღნიშნული სისტემით
განათებისას წლის მანძილზე იმოგება 240 მგვტ.სთ ენერგია რის
შედეგადაც გარემოში აღარ ხდება 120 ტონა CO_2 გატყორცნა. მგს ერთი
ნათურა მზიანი დღის პირობებში შიგა სივრცეს აწვდის 2800 ლუმენი
ნათების მოქნე შექს, ერთი ასეთი ნათურა საკმარისია 9–20 მ^2
ფართის გასანათებლად



სურ.8.18. შენობის მზით განათების სისტემები

სისტემის მონტაჟისას გათვალისწინებული უნდა იქნას ის რომ:
შექმაგრძელებული მიღების ყველა მოხვევისას იკარგება შექი ნათების $10-40\%$,

მიღების ყოველ მეტრზე დანაკარგები შედაგენს $20-40\%$ -ს.
განათების მაქსიმალური უფექტის უბრუნველყოფის მიზნით
რკომონდირებულია ხისფი შექაგამტარი მიღების სიგრძე შედგენდეს $0,9-6,0$ მ-ს.

ხოლო გოფრირებული მიღების სიგრძე კი $0,4-2,0$ მ-ს.



ნახ.8.19. მზის განათბის სისტემების სხვენზე დამაგრების მაგალითები

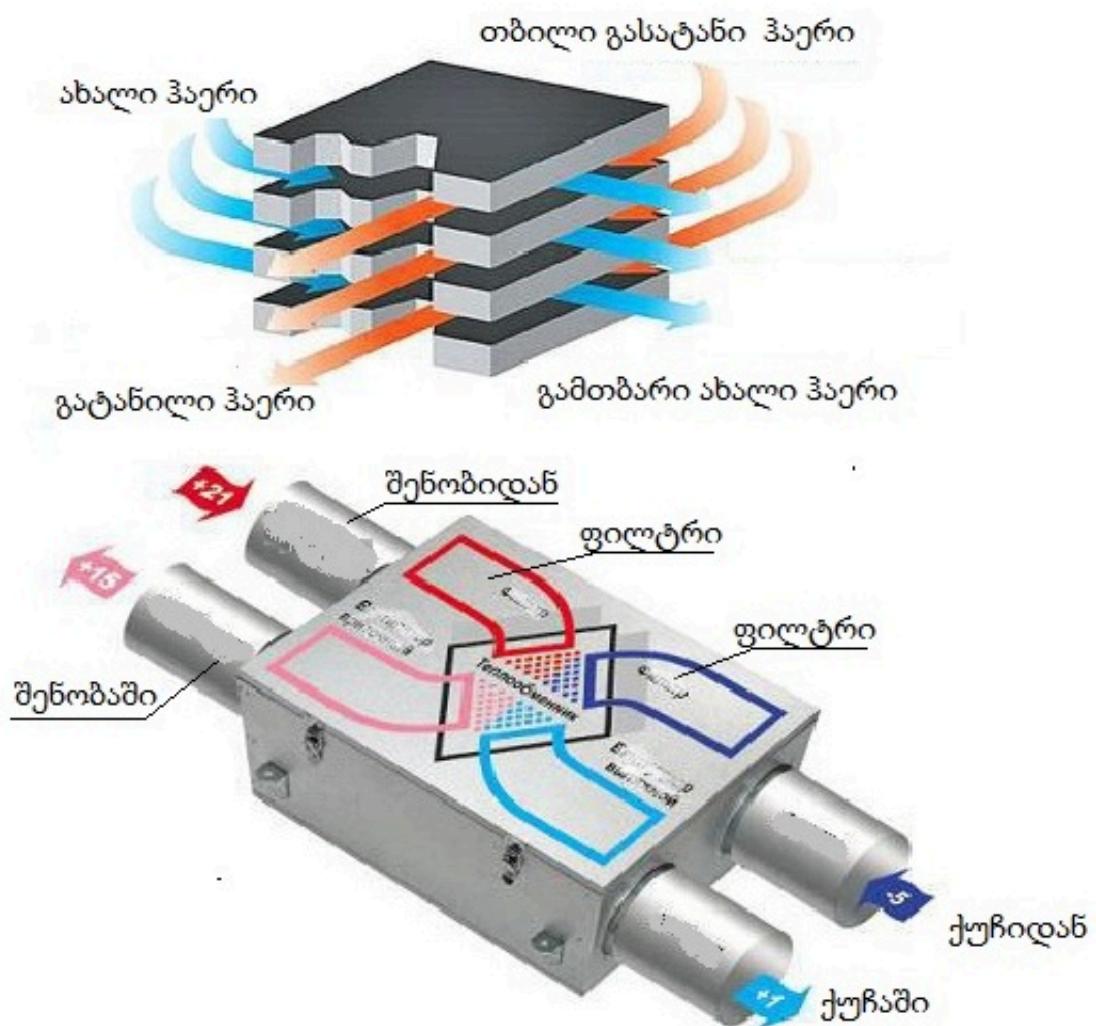
8.6. შენობის ენერგოეფექტურობის უზრუნველყოფის საინჟინრო მეთოდები

8.6.1.თბური ენერგიის რეკუპერაცია

თანამედროვე ენერგოდამზოგი ფანჯრების გამოყენება მის დადებით ეფექტთან ერთად შეიცავს გარკვეულ უარყოფით ფაქტორებს, ეს ნეგატიური ფაქტორები გარკვეული რისკის ქვეშ აყენებს როგორც ადამიანის ჯანმრთელობას ასევე შენობის მდგრად ექსპლუატაციას. სპეციალური იძულებითი გამწოვი სავენტილაციო სისტემის გამოყენების გარეშე ენერგოდამზოგი ფანჯრების გამოყენებისას შენობის შიგნით იცვლება ჰაერის შემადგენლობის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებელი, მცირდება მასში ჟანგბადის შემადგენლობა, იზრდება ნახშირორჟანგის, რადონის და სხვა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საფრთხის მატარებელი გაზების რაოდენობა. ამასთან ასეთი ფანჯრების გამოყენებისას იზრდება შენობის შიგნით ფარდობითი ტენიანობა, რის გამოც იქმნება ობისა და სოკოს კოლონიების წარმოქმნისა და კულტივირების პირობები. აქედან სოკოს ბოგიერთი სახეობა ადამიანის სიცოცხლისთვის საფრთხის მატარებელია. სხვა სახის სოკოები და ობი კი დროთა განმავლობაში საფრთხეს უქმნის ნაგებობის კონსტრუქციის ცალკეული კვანძების მთლიანობას. ენერგოეფექტური ფანჯრების ხამგრძლივი პერიოდის მანძილზე ექსპლუატაციის დროს პროცესზე დაკვირვებით დაგროვილი, გამოცდილებით ევროპაში გაჩნდა ტერმინი „ავადმყოფი სახლის სინდრომი“ და მთელ რიგ ქვეყნებში აკრძალულია იძულებითი ვენტილიაციის სისტემის გამოყენების გარეშე ენერგოდამზოგი ფანჯრების დაყენება. მაგრამ ამ შემთხვევასი ტრადიციული სავენტილიაციო სისტემის გამოყენებისას შენობიდან გარეთ ჰაერის გატანისას მას თან მიყვება შენობაში დაგროვილი სითბო და ენერგოდამზოგი ფანჯრის ეფექტი აბრს კარგავს. პრომლების გაცნობიერებისა და პროცესის შესწავლის შედეგად მოიძებნა პრობლემის გადაწყვეტის სათანადო გამოსავალი ე.წ.

რეკუპერატორების შექმნამ და მისმა პრაქტიკაში გამოყენებამ, მისი სითბოს ცვლის ელემენტის საშუალებით შესაძლებელი გახადა, რომ ვენტილირებისას შენობიდან ჰაერის გაფანისას მისი სითბო გადაეცემა შენობის შიგნით გარედან შემომავალ ახალ ჰაერს და ადგილი აღარ აქვს თბო დანაკარგებს. პირიქით შენობის გაგრილებისას კი შენობაში ახალი ჰაერის შეფანისას, თუკი იქ დგას მოქმედი კონდიციონერი. რეკუპერატორი ახდენს შენობიდან გამომუშავებული მაგრამ გამთბარი ჰაერის გარეთ გაფანისას მისი ახლით ჩანაცვლების დროს მათ სითბოს დანაკარგის გარეშე ცვლას. შენობაში ახალი ჰაერის შემოფანისას რეკუპერატორის მეშვეობით წარმოებს შენობიდან გასატანი ჰაერში არსებულ სითბოს შემოტანილ ჰაერში გადატანას.

არსებობდა რეკუპერატორების გამოყენებას ცაკლეული შემთხვევები, მაგრამ ენერგოდამზოგი ფანჯრების გამოყენებისას რეკუპერატორების მონტაჟი და მათი პარალელურ რეჟიმში ექსპლუატაცია სამშენებლო პროცესის სავალდებულო ნორმად ჩამოყალიბდა. დეცენტრალიზირებული რეკუპერატორები იძლევიან შენობის იმ ნაწილის ვენტილირებას რომლშიც ჰაერის ცვლა მოცემულ სიტუაციაში გარდაუვალია.

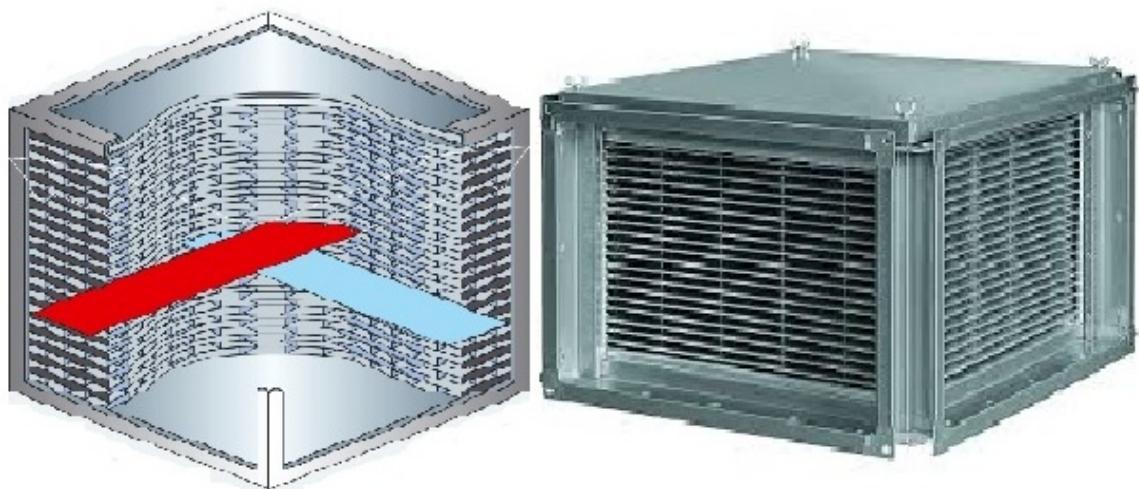


სურ.8.20. რეკუპერატორის პრინციპიალური სქემა

არსებობს სხვადასხვა კონსტრუქციის რეკუპერატორები

ფირფიტებიანი რეკუპერატორი

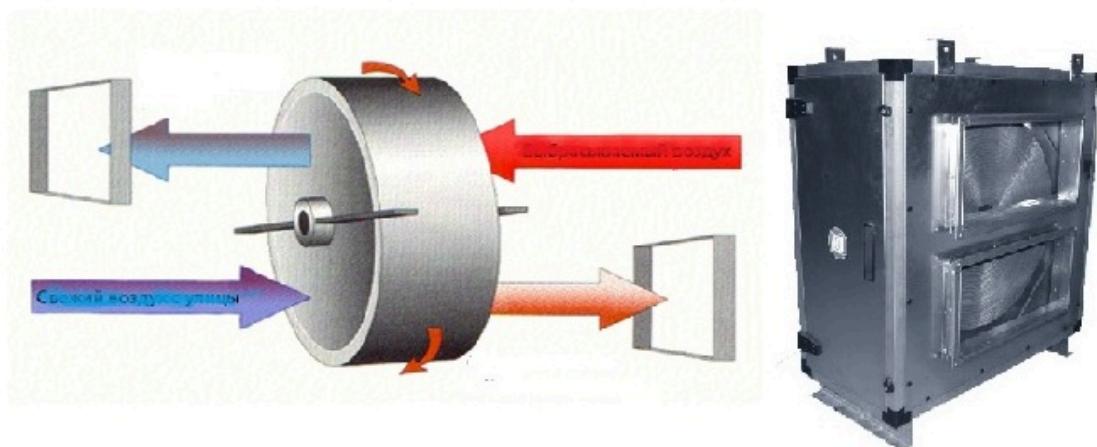
გამავალი და შემომავალი ჰერი გადის მრავალრიცხოვან ფირფიტებს შორის. ფირფიტებიანი რეკუპერატორები ხასიათდება მაღალი ეფექტურობით ($50-80\%$). ის შედარებით იაფია და გავრცელებულია მცირე ზომის შენობებში და მაღაზიებში, ოფისებში, კოტეჯებში. ამ ტიპის რეკუპერატორს ფირფიტებზე გროვდება კონდესატი და არსებობს მის დაბალ ტემპერატურაზე გაყინვის საფრთხე. კონსტრუქცია აღჭურვილია კონდესატების და მის გამტანი სისტემით. სურ.8.21..



სურ..8.21.დიდი მოცულობის რეკუპერატორები

როგორებიანი რეკუპერატორები

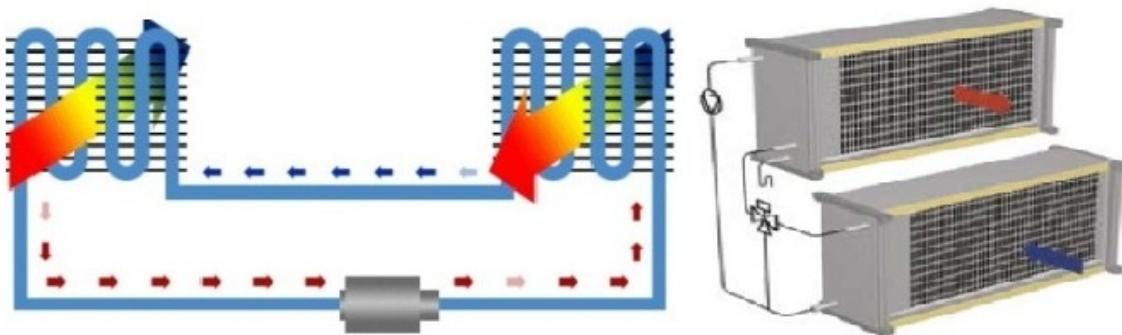
შემავალ და გამომავალ ჰაერს შორის თბოცვლა წარმოებს მბრუნავ როგორში შემავალ დია არხების მეშვეობით, აյ სითბოს ცვლასთან ერთად არსებობს მფვერისა და არასასურველი სუნის ახლა ჰაერზე ძველიდან გადატანის შესაძლებლბა. ასეთი რეკუპერატორის ეფექტურობა აღწევს (70–90%) და თბოცვლა მიმდინარეობს როგორის ბრუნვის სიჩქარით. მის გამოყენება ხდება დიდი ზომის შენობებში, ფაბრიკებში ქარხნებში, სასაწყობო ნაგებობებში.



სურ.8.22.რეკუპარატორის მუშაობის პრინციპიალური სქემა

რეკუპირატორები შეალებული სითბოს მატარებლით

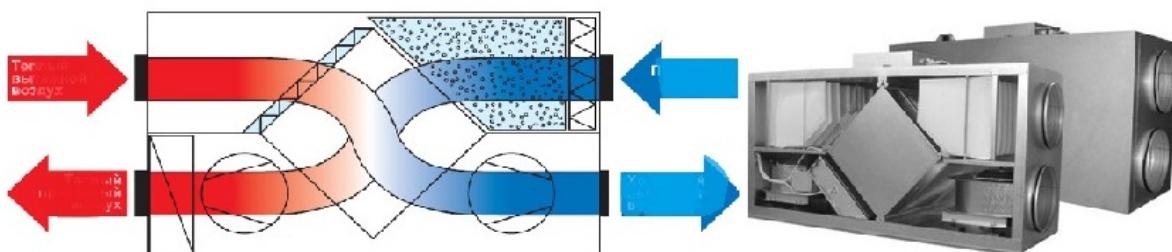
წყალი ან წყლისა და გლიკოლის ხსნაირი ცირკულირებს ორ თბომცვლელ მოწყობილობას შორის, რომლიდანაც ერთი გამწოვ არხზეა დაყენებული, მეორე კი შემწოვბე. სითბოს მაფარებელი თბება შენობიდან გამავალი ჰაერის სითბოთი და გადაცემს ამ ტემპერატურას შემომავალ ჰაერს. აյ არ არსებობს ჰაერის სუნით ან მტვერით დაბინძურების საფრთხე. სითბოს ცვლის პროცესის რეგულირება წარმოებს სითბოს მაფარებელის გადაადგილების სიჩქარის ცვლილებით. ასეთი ტიპის რეკუპერატორის ეფექტურობა დაბალია და ის 45–60% ფარგლებში მერყეობს. ისინი გამოიყენება სუნის ან მტვერის გამო მოსალოდნელი საფრთხეების შემთხვევაში.



სურ.8.23.ჰაერის რეკუპერაციის თვალსაჩინო მაგალითი

კამერის ტიპის რეკუპერატორები

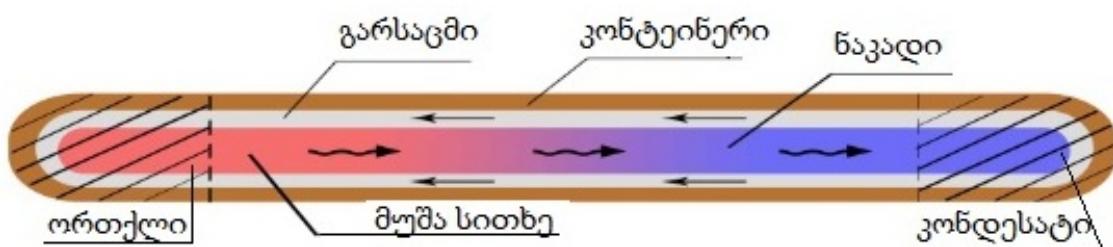
კამერა ტიხარით გაყოფილია ორ ნაწილად. გასაგანილი ჰაერი ათბობს კამერის ერთ ნაწილს, ამის შემდეგ წარმოებს ტიხრით ჰაერის მიმართულების შეცვლა და შემომავალი ჰაერი თბება კამერის გამთბარი კედლების მეშვეობით. ამ სისტემის ენერგო ეფექტურობა 70–80%-ია.



სურ.8.24.შენობაში ჰაერის რეკუპერაცია

თბილი მილები

ამ ტიპის რეკუპერაცორი შედგება ფრეონით სავსე დახურული მილები სისტემიდან. გამავალი ჰაერის სითბოს ბემოქმედებით წარმოებს ფრეონის აორთქლება, შემომავალი ჰაერის ბემოქმედებით ორთქლი კონდენსირდება და სითხედ გარდაიქმნება ამასთან ორთქლის სითბო გადაეცემა ჰაერს. მის ეფექტურობა 50–70%-ია.



სურ.8.25.რეკუპერაცორის თბური მილები

9. განახლებადი ენერგიის წყაროები და მათი რესურს დამზოდი შესაძლებლობა.

9.1. განახლებადი ენერგიის წყაროების განვითარების ისტორია

განახლებადი ან რეგენირებადი ენერგიის წყაროები ეს ის ენერგიაა რომელიც ადამიანური წარმოდგენებით ამოუწერავია და

სისტემატიურად ხელოვნური ჩარევის გარეშე ახლდება. ის მიიღება გარემოში არსებული ბუნებრივი რესურსებიდან და გამოიყენება ადამიანის საჭიროების მიზნით ენერგიაზე მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად. განახლებადი ენერგიის ძირითადი წყაროებია მზის სხივი, ქარი, წვიმა, მდინარეები, მოქცევა უკუქცევა, გემოთერმიული ენერგია, დღეს-დღეობით დედამიწაზე მოხმარებული ენერგიის 18% განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენებითაა წარმოებული. და აქედან 13% ბიო-მასის, შემის წვის წარმოებაზე მოდის. 2015 წელს ჰიდროელექტრო სადგურების მეშვეობით იქნა გამომუშავებული გამოყენებული ენერგიის 3%. (706 ტერავატ საათი) და წარმოებული ელ.ენრგიის 15%. ქარის ენერგიის შედგად გამომუშავებული რესურსების რაოდენობა ყოველწლიურად 30%-ით იზრდება. 2016 წელს ქარის ენერგიის დადგმულმა სიმძლავრეებმა ჯამში შეადგინა 432 გიგავატი.

2015 წელს დანიაში ქარის ენერგიაზე მოდიოდა წარმოებული ელ. ენერგიის 43%,

პორტუგალიაში – 27%,
ნიკარაგუაში – 21%,
ესპანეთში – 20%,
ირლანდიაში – 19%,
გერმანიაში – 18,8%.

XVI საუკუნეში იწყება წყლის საქაჩი, წისქვილებისა და სამჭედლოების ფუნქციონირებისათვს ჰიდრო და ქარის ენერგიის გამოყენებით პირველი სადგურების აგება,

ტოლედო-1524 წ,
გლოსტერი-1542 წ,
ლონდონი-1582 წ.
პარიზი 1608 წ.

ცხრილი 9.1.

მზის ელექტრო სადგურებით გამომუშვებული ენერგია და მისი ხვედრითი
წილი

**მზის ელ.სადგურებით გამომუშავებული ენერგის მოცულობა და
ხვედრითი წილი.**

წელი	ენერგია გვტ.სთ.	წლიური ზრდა	საერთო წარმოებიდან ხვედრითი წილი
2004	2,6	—	0,01 %
2005	3,7	42 %	0,02 %
2006	5,0	35 %	0,03 %
2007	6,8	36 %	0,03 %
2008	11,4	68 %	0,06 %
2009	19,3	69 %	0,10 %
2010	31,4	63 %	0,15 %
2011	60,6	93 %	0,27 %
2012	96,7	60 %	0,43 %
2013	134,5	39 %	0,58 %
2014	185,9	38 %	0,79 %
2015	253,0	36 %	1,05 %
2016	301,0	33 %	1,3 %

დედამიწაზე მზის სხივის პერპენდიკულარულად განლაგებულ $1\delta^2$ ფართობზე მოსული მზის ენერგია 1367 ვტ – ია. ატმოსფეროში გავლის შემდეგ დანაკარგების გათვალისწინებით ბლვის დონეზე ეკვატორზე ეს ენერგია 1020 ვტ/ δ^2 – ია. ეს მაჩვენებელი დღე დამური ცვლილების გამო კიდე უფრო ნაკლებია, ის კიდე უფრო მცირდება ზამთრის თვეების განმავლობაში. ცხრ.9.1. წარმოდგენილია მზის ელექტრო სადგურებით გამომუშავებული ელენერგიის მოცულობა წლების მიხედვით და მისი ხვედრითი წილი ელ.ენერგიის საერთო წარმოებიდან (ცხრილი 9.1).

მსოფლიოში ბოლო ხეთი წლის განმავლობაში ენერგიის წარმოება ყოველწლიურად იზრდება $50\% -$ ით. ბოგადი მონაცემებით 2050 წლისათვის მზის ენერგიაზე მოვა მოხმარებული ენერგიის $20 - 25\%$. რაც თავის მხრივ უზრუნველყოფს გარემოში ნახშირბადის გატყორცნის

ყოველწლიურად 6 მლრდ ტონით შემცირებას.

ამ დროისათვის უკვე არსებობს მზის ენერგიის მრეწველობაში გამოყენება სხვადასხვა გამოცდილება:

ისრაელში კომპანია Weizmann Institute of Science გამოცადა მზის ენერგიით ხის ნახშირისაგან მისი 1200^2 გახურებისას თუთიის მიღების ტექნოლოგია. მიღებული იქნა სუფთა თუთია რომლის მზის ენერგიით შემდგომი გადამუშავებით მიიღება წყალბადი და თუთიის ოქსიდი.

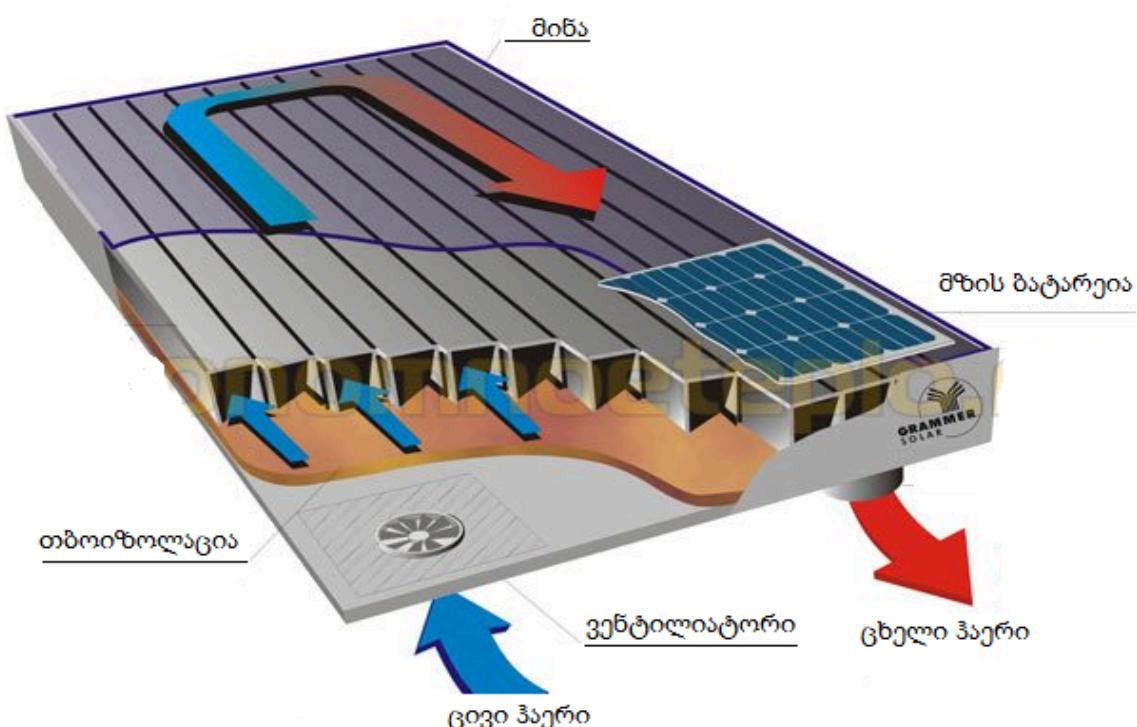
შვეიცარიული კომპანიის Clean Hydrogen Producers (CHP) მზის ენერგიის გამოყენებით შეიმუშავა წყალბადის მიღების ტექნოლოგია, მზის ენერგიით 2200^2 გაცხელებით მიიღება წყალბადი და ჟანგბადი. დღის მანძილზე, 6,5 საათის განმავლობაში, შესაძლებელია ამ ტექნოლოგიით გადამუშავებული იქნას 94,9 ლიტრი წყალი, და 2200^2 მანძილზე წამოებული იქნას 3800 კგ წყალბადი.

ევროპარლამენტმა მხარი დაუჭირა ენერგოეფექტურობის ამაღლების და რესურს დამზოგ ღონისძიებების მიზნობრივ გეგმას რომლის მიხედვითაც 2030 წელს ევროკავშირიში ენერგოეფექტურობა უნდა გაიზარდოს $32,5\%-ით$, ხოლო განახლებადი წყაროებიდან წარმოებული ენერგიის მოცულობამ მთლიანად მოხმარებული ენერგიის 32% უნდა მიაღწიოს. აღნიშნული დირექტივის მიხედვით ენერგიის მომხმარებლებს ეძლევათ ენერგიის არა მარტო გენერირების უფლება, არამედ მათ აქვთ ენერგიის შენახვის და რეალიზაციის საშუალებაც. აღნიშნულ შედეგებზე გასვლის მიზნით 2019 წლის 31 დეკემბერს ევროკავშირის წევრმა სახელმწიფოებმა ევროპარლამენტს უნდა წარუდგინოს „კომპლექსური ნაციონალური ენერგეტიკული და კლიმატური“ 10 წელზე გაწერილი გეგმა. დამტკიცებისათანავე გეგმა საჯარო დოკუმენტად ცხადდება და გამოქვეყნებიდან 20 დღის შემდეგ შედის ძალაში. აღდგენითი ენერგიის იგივე „მწვანე ენერგიის“ წარმოებაში აშშ-მ ინვესტირება $8\%-ით$ შეამცირა და ის 332.1 მილიარდი დოლარი შეადგინა, 2018 წელს მზის ენერგეტიკის წარმოებაში ყველაზე დიდი ინვესტირება $32\%-ით$ ნაკლები იყო 2017

წლის მაჩვენებელზე 100,1 მილიარდი ლოდარი ჩინეთმა გააკეთა, აშშ-მ დარგის ინვესტირება 32%-ით გატარდა და 64,4 მილიარდი ლოდარი შეადგინა. ევროკავშირში იმავე 2018 წელს დარგის განვითარება 27%-ით გაიზარდა და 75,4 მილიარდი ლოდარი შეადგინა.

9.2. მზის სადგურების ენერგოეფექტურობა და ენერგო დამოუკიდებლობა.

მსოფლიოს ენერგიის მოხმარების და წარმოების საერთაშორისო ორგანიზაციის მონაცემებით მზის ენერგიის 0.0125% გამოყნება სრულად ჩაანაცვლებს, მთლიანად მოხმარებულ ენერგიას. ხოლო ამ ენერგიის 0.5% ის გამოყენებით დაკმაყოფილდებოდა მომავალში ენერგიის მოხმარების ყველაზე ოპტიმისტური პროგნოზიც. დედამიწაზე მზიდან ყოველ სუთის მანძილზე მოსული ენერგია საკმარისი იქნებოდა წლიურად მოხმარებული ენერგიაზე მოთხოვნების



სურ.9.1. მზით ჰაერის გათბობის კოლექტორი

სურ.9.2. მზით წყლის გათბობის კოლექტორი



დასაკმაყოფილებლად. 2017 წელს მსოფლიოში ფუნქციონირებდა მზის სადგურების 40 გვთ საერთო დადგმული სიმძლავრით. რაც მზის ენერგიის აქტიურად გამოყენების კიდე ერთი მკაფიო მაგალითია. არსებობს მონაცემები რომ მზის ენერგიის დედამიწის ბედაპირამდე მოლწეული ენერგიის ჯამური მაჩვენებელი 152424×10^{13} კვტ-ის ფოლია.

მზის ენერგია იძლევა შენობების ტრადიციული ენერგო წყაროებიდან წარმოებული ენერგიის აღდგენითი ენერგიით ჩანაცვლების შესაძლებლობას. როგორც წესი მზის რადიაცია მოიხმარება როგორც გამომუშავებული ელ ენერგიის ასევე თბური ენერგიის სახით. მზის რადიაციის მოხმარებად ენერგიად გადაქცევა წარმოებს მსხვილ მზის ელექტრო სადგურების, ჰელიოსისტემების, მზის კოლექტორებისა და პანელების მეშვეობით.

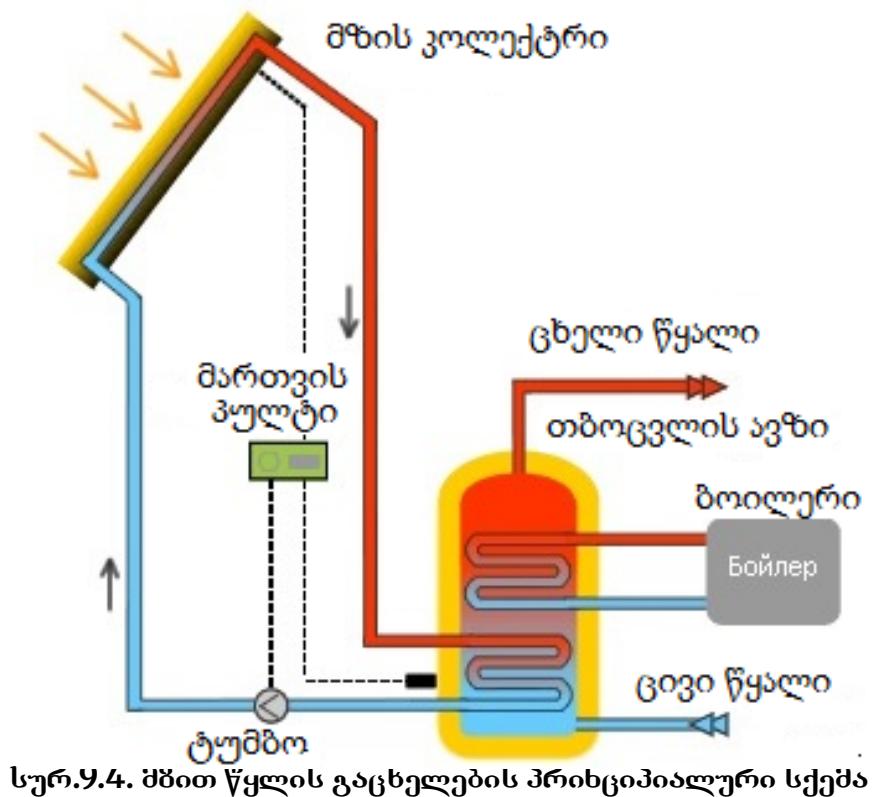
ჰელიოსისტემა— ერთ სისტემაში გაერთიანებული მოწყობილობების ერთობლიობაა რომლის მეშვეობითაც წარმოებს მზის სხივის მიერ მოფანილი რადიაციის თბურ ენერგიად გარდაქმნა, მიღებული სითბო კი ხმარდება შენობების ცხელი წყლით უზრუნველყოფას, საყოფაცხოვრებო საწიროებების და გათბობის მიზნით, ასევე ის შეიძლება გამოყენებული იქნას სამშენებლო მასალების წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესში. მზის კოლექტორი ამ სისტემის ძირითადი შემადგნელი ნაწილია, რომლის მეშვეობითაც მზის ენერგია გარდაიქმნება თბურ ენერგიად სითბოს მატარებული მასალის გათბობის საშუალებით.

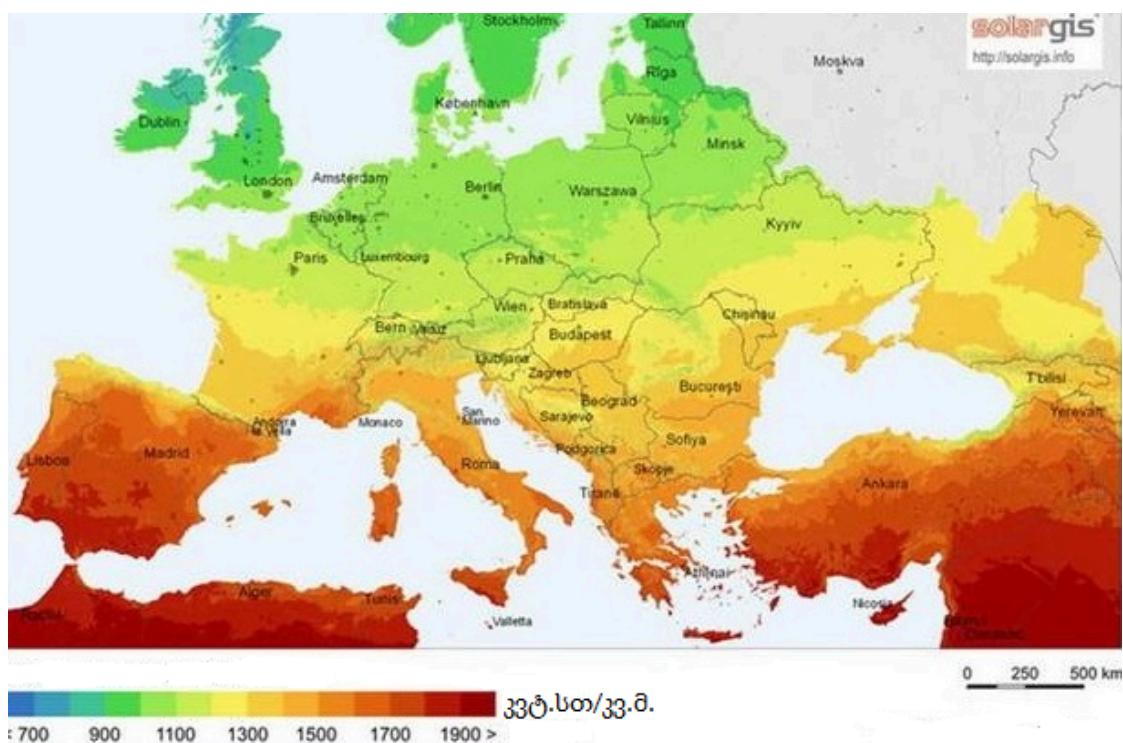
მზის პანელები (მას ასევე მზის ბატარეიას, ფოტოელექტრულ მოდულს ან ფოტომოდულს უწოდებენ), მათი მეშვეობით მზის ენერგია მუდმივ ელ.ენერგიად გარდაიქმნება. ისინი შეიძლება იყოს ძალიან მცირე მომის მაგალითად ჯიბის კალკულატორის დასამუხტად ან გრანდიოზული, რომელიც მთელ ჰექტრებზეა განთავსებული. მზის ენერგია ეკოლოგიურად სუფთა ენერგიის კატეგორიას განეკუთვნება, მისი წარმოება და მოხმარება მნიშვნელოვნად უსაფრთხოა სხვა წყაროებთან შედარებით, მისი მოხმარებით მინიმუმადე დადის ან საერთოდ გამოირიცხება ტრადიციული წყაროს მეშვეობით წარმოებული ელენერგიის მოხმარება. რაც უბრუნველყოფს შენობა ნაგებობების ენერგო დამოუკიდებელ ავტონომიურ რეჟიმში ფუნქციონირების საშუალებას.

მზის კოლექტორებით წარმოებს პაერის გაცხელება და შემდეგ ცხელი პაერის მოხმარება შენობის შიგა სივრცეების გათბობის ჰელიოსისტემები არსებობს სებონური და მთელი წლის ექსპლუატაციით, პირველი მხოლოდ წლის თბილ პერიოდში გამოიყენება მეორე კი მთელი წლის მანძილზე. სებონურ ჰელიოსისტემაში განთავსებულია წყალი, ხოლო მთელი წლის მანძილზე ფუნქციონირებად ჰელიოსისტემა უბრუნველყოფილია სპეცილური თბომატარებელი სითხით. სებონური ჰელიოსისტემები მუშაობენ წყლის ბუნებრივი ცირკულირებით, მაშინ როცა მთელი სებონური ჰელიოსისტემებში თბომატარებლის ცირკულირება იძულებითი წესით წნევის ქვეს დება ხდება. შენობის მზის სისტემით გამომუშავებული ენერგით უბრუნველყოფის მიზნით ბუსტად უნდა იყოს დათვლილი საჭირო ენერგიის რაოდენობა, მაგალითად 100–110 კვ.მ ფართის მოქონე კერძო სახლი, დღე დამეში 9 კვტ, სთ ენერგიის მოხმარებით უნდა იქნას აღჭურვილი არანაკლებ 9–10 კვტ, სთ, სიმძლავრის მზის ფოტომოდულით. ამ ენერგიის მიღებისათვის საჭიროა მზის ფოტომოდულს გააჩნდეს $60-70 \text{ m}^2$ ფართი. ამ ფართის მქონე პანელების ფასი კი 15–20 000 დალარია, ამ მასშტაბის პროექტის განხორციელება ფიზიკური პირებისაგან ბევრ ევროპულ ქვეყანაში, თურქეთში, უკრაინაში სპეციალური

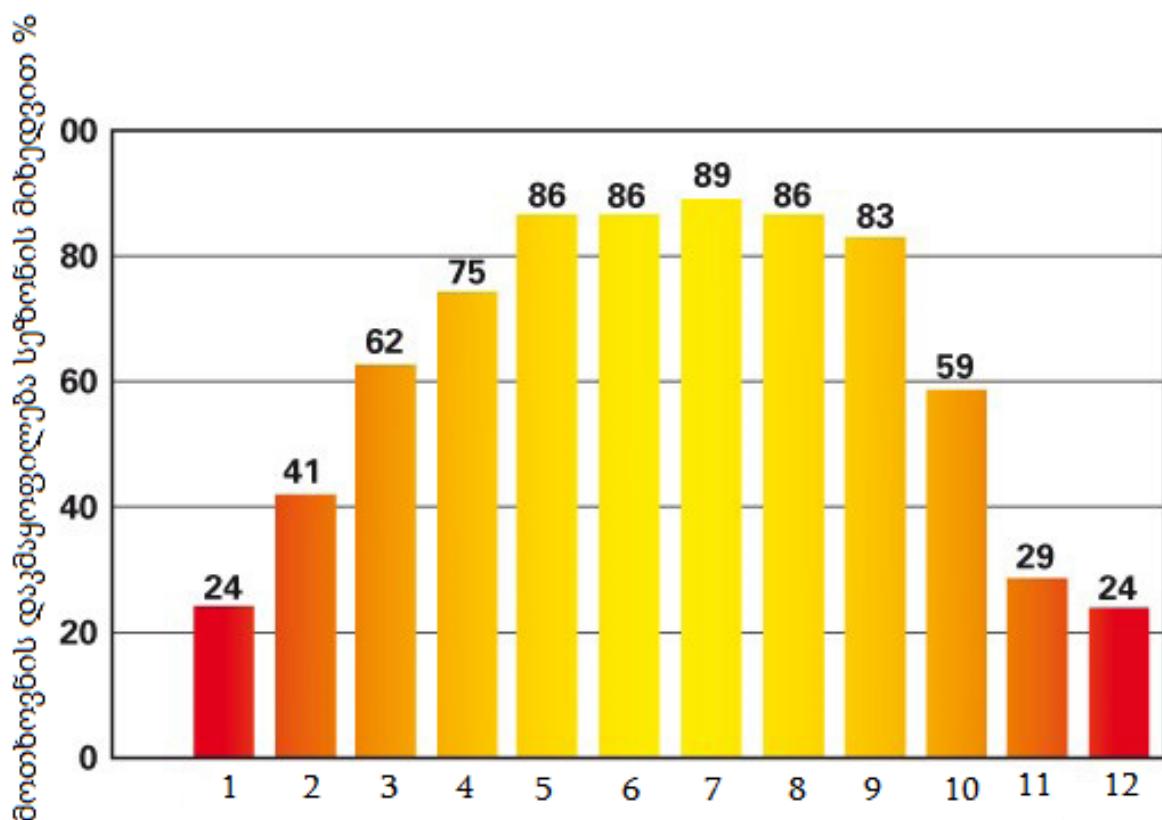
სახელმწიფო პროგრამითაა მხარდაჭერილი. სისტემის ეფექტურად მეშვიდეის მიზნით გათვალისწინებული უნდა იქნას პირობით ფართზე, 1m^2 რეგიონში მზის გამოსხივების ინტენსივობა.

მაქსიმალური ინტენსივობის ბონაში დღის მანძილზე მზის ინტენსივობით მიღებული ენერგია ტოლია $5 \text{ კვტ}\cdot\text{სთ}/\text{მ}^2$. არსებული მონაცემების გათვალისწინებით ინდივიდუალურ სახლში ოჯახი 4 სულზე საშუალოდ მოიხმარს 300 ლიტრ წყალს , რომლის გაფხულში $5 \text{ გრადუსიდან } 55 \text{ გრადუსამდე}$ გასაცხელებლად უზრუნველყოფს $5,4 \text{ მ}^2$ მზის კოლექტორი. ბამთარში კი იგივე შედეგის უზრუნველსაყოფად 18 მ^2 – ი ფართის მქონე კოლექტორია საჭირო.



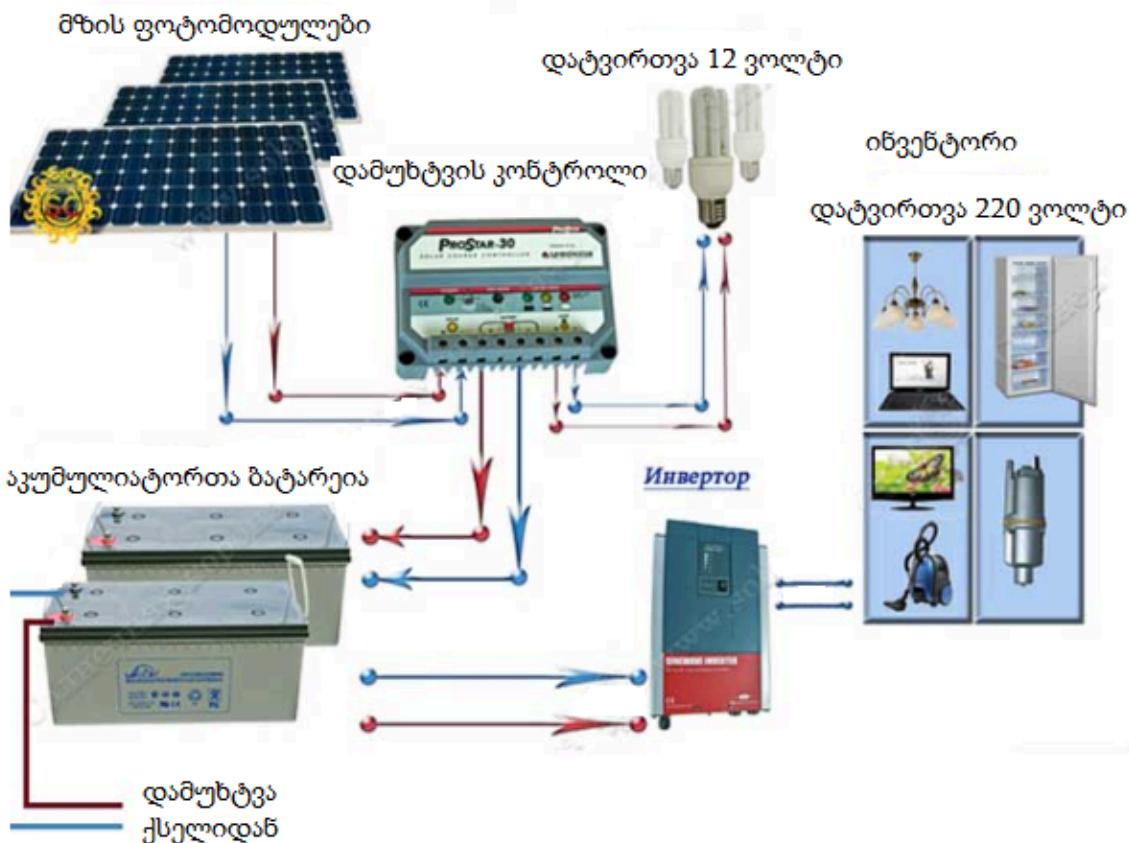


სურ.9.5. რეგიონების მიხედვით მზის გამოსხივების ინტენსივობა



ნახ 9.6.სეზონის მიხედვით მზის ინტენსივობა

მზის ფორმოდულების ფართი დამოკიდებულია მოხმარებული ენერგიის რაოდენობაზე, რეგიონის მზის ინტენსივობასთან დამოკიდებულებაზე, სახლის კონსტრუქციაზე რამდენადაა შესაძლებელი მზით განათებულ მხარეს პანელების მონტაჟი, სისტემის დღე-დამის მანძილზე შეუფერხებლად მუშაობის მიზნით ფორმოდულებით გამომუშავებული ელენერგიით იმუხტება აკუმულიატორები და მისგან გამართული სტანდარტული მახასიათებლების მქონე ელენერგია ინვენტორის გავლით მიღის მომხმარებლამდე. მზის ფორმოდულიდან აკუმულიატორზე ელენერგიის მიწოდების პროცესში შეფერხების წარმოქმნის შემთხვევაში ბატარეიების დამუხტვა ქსელიდან წარმოებს. სისტემა აღჭურვილია მართვის პულტით და დენის სათანადო ხარისხის გაუვანის მიზნით ინვენტორით.



სურ.9.7. მზის ელექტრო სადგურის პრინციპიალური სქემა

ჰაერის კოლექტორები სახლს გათბობის მიზნით გამთბარ ჰაერს აწვდიან სახურავზე კედელზე ან მასშტაბიდან გამომდინარე ცალკე

დამოუკიდებლად მდგარ სისტემიდან. მზით ჰაერის გათბობისათვის განკუთვნილი კოლექტორების მუშაობის პრინციპი მზის სხივით მოფანილი ენერგიის მასში რეციკლირებად ჰაერის მაქსიმალურად გასათბობად გამოყენებაში მდგომარეიბს. ამ ეფექტის მისაღწევად მიმღები კოლექტორის პანელი მზადდება მაქსიმალური ხარისხით ადსორფცირების უნარის მქონე ალემინის ან სპილენძის ლითონისაგან. ჰანელის ზედაპირი მზის სხივის არეკვლის მაქსიმალურად არიდების მიზნით შავი საღებავითაა დაფარული, სასარგებლო ფართის გაზრდის მიზნით კოლექტივის შიგა რელიეფი რთული პროფილითაა წარმოდგენილი. კოლექტორის ასეთი კონსტრუქცია უზრუნველყოფს სითბოს დანაკარგების მაქსიმალურად შემცირებას და მზის ენერგიის ჰაერზე მაქსიმალური ეფექტით გადაცემის შესაძლებლობას. კოლექტორის უკანა მხარე დაფარულია თბოსაიმოლაციო მასალით. მზის ენერგიით კოლექტორის კონტურში გაცხელებული ჰაერი ბუნებრივ პირობებში ან იძულებითი წესით იწყებს ცირკულირებას, შედის შენობის შიგა სივრცეში და შეაქვს ცხელი ჰაერი, ოთახის შეზღუდულ გარემოში გაზრდილი აგმოსფერული წნევის გამო წარმოებს ცივი ჰაერის გამოდევნა რომელიც მიმართულია კოლექტორის შიგა კონტურისაკენ და ხდება მისი გაცხელება და ა.შ. პროცესის განმეორებით წარმოებს შენობის გათბობა და გამთბარი ჰაერის სასურველ ტემპერატურაზე გაჩერება.

ჰაერის კოლექტორის ხასიათდება შემდეგი უპირატესობებით:

მარტივია მათი ექსპლუატაცია

ერთადერთი რაც საჭიროა, ჰაერის მოძრაობისას მისთვის წინააღმდეგობის შემცირების მიზნით ჰაერგამტარი მაგისტრალი უნდა იყოს სისტემატიურად სუფთა მდგომარეობაში.

კოლექტორის მარტივი მოძრავი ნაწილების გარეშე შედგენილი კონსტრუქცია არ გამოდის მწყობრიდან, რის გამოც იოლია და უდანახარჯობა მათი მომსახურეობა.

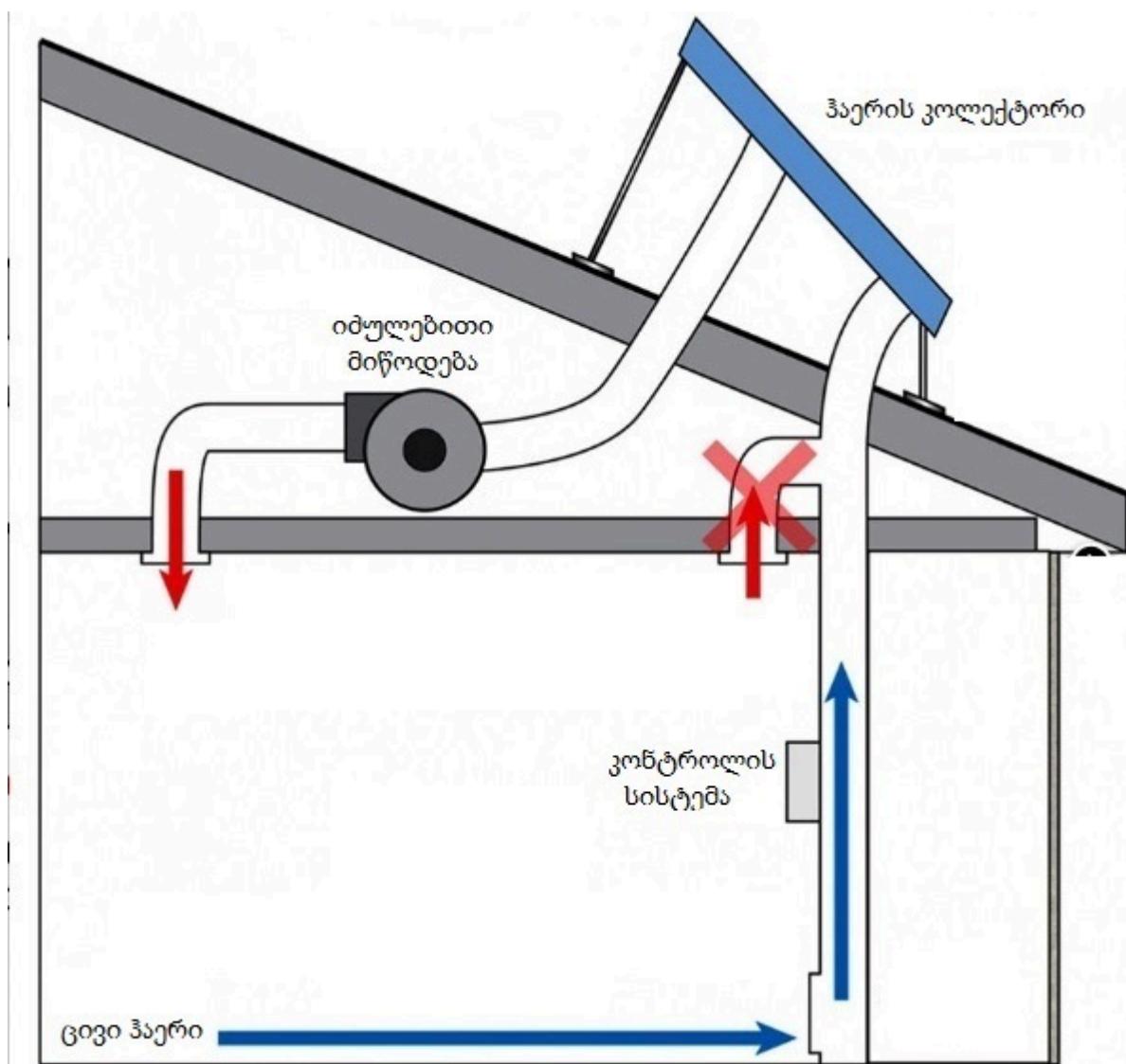
კონსტრუქცია შეიძლება გამოყენებული იქნას შენობის როგორც გათბობის ასევე გაგრილების მიზნით.

კოლექტორის დახურულ სივრცეში რეცირკულირებადი ჰაერი

შეხებაში არაა გარემოში ჰაერის მასებთან, რის გამოც შეობის შიგა სივრცე დაცულია მტვერის, სუნის და ქეჩის ჰაერშის მასაში არსებული სხვა არასასურველი შემადგენელი გაზებისაგან.

სითხის კოლექტორებისაგან განსხვავებით ჰაერის კოლექტორების მუშა რეჟიმში გადასყავანად საკმარისია მის კონფურის შიგნით ჰაერის $25-30^{\circ}\text{C}$ -მდე გათბობა.

მარტივია ჰაერის კოლექტორების მონტაჟი, ისინი მაგრდება შენობის სახურავზე ან კედლებზე. ამ დროს კოლექტორის შენობის მზით მაქსიმალურად განათებულ ნაწილებზე მონტაჟი მთავარი პირობაა



სურ. 9.8.მზის კოლექტორი, მისი დამაგრების და მუშაობის სქემა

9.3 ტრომბის კედლები

რესურსების დაბოგვის ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით მზის ენერგიის გამოყენებისას მაქსიმალურად ეფექტის უზრუნველსაყოფად საფრანგეთში მიშეღ ტრომბის მიერ 1956 წელს დაპატენტებული იქნა, დღეს უკვე საყოველთაოდ აღიარებული ენერგოეფექტური შესაძლებლობის კედლის სისტემა. სადაც ენერგო ეფექტურობა მიღწეული იქნა სამხრეთის კედლის მინის ქვეშ გათბობის პირობებში, საიდანაც გამთბარი ჰაერი კედლის ზემოთ ღიობის საშუალებით გადადის ოთახში, იქედან კი კედლის ქვეშ ღიობის მეშვეობით ცივი ჰაერი შემოდის კედლსა და მინას შორის არსებულ ვერტიკალურ სივრცეში მისი შემდგომი გათბობის მიზნით. ამ მოვლენამდე ორი წლით ადრე მსგავსი ლაფერის სისტემა აღიარებული იქნა ამერიკის საპატენტო ბიუროს მიერ. მან ჰენსილვანიაში 116 პ¹ ფართის მქონე ორსართულიანი სახლში მოაწყო ვერტიკალური მზის ჰაერის გამათბობელი 41.8 პ¹ ფართის ორმაგი შემინვით მოწყობილი კოლექტორი, ბატარეიის როლს ამ კონსტრუქციაში ასრულებდა თვითონ სამხრეთის კედლი და გადახურვა, ჩრდილოეთის კედლი მოწყობილი იქნა უფანჯროდ და თბოიბოლაციით. ტრომბ-მიშეღიას კონსტრუქციის კედლი შენობის გათბობისას იძლევა 60% ეკონომიას, ხოლო შენობის ვენტილირებაზე 100 %-იან ეკონომიას.

8888888888888888

სურ.9.9. ტრომბის კედლის პრინციპიალური სქემა

მინისა და შიგა კედელს შორის არსებობს თავისუფალი სივრცე ჰაერის ცირკულირებისათვის. მზის სხივი იოლად აღწევს მინის ტიხრიდან შიგა შავად გაღებილ კედლამდე, მინის ტიხარსა და კედელს შორის სივრცეში გამთბარი ჰაერი მიდის ზემოთ და თერმოსიფონის პრინციპიდან გამომდინარე გადადის შენობის შიგნით და კედლის ქვედა ღიობიდან იმავე სივრცეში ოთახიდან შემოდის ცივი ჰაერი. ღამე ან ღრუბლიან ამინდში ღიობები იხურება და ჰაერი დამოუკიდებლად

ცირკულირებს შიგა სივრცეში. გაფხულში სისტემა მუშაობს კონდიცირების რეჟიმში, ზედა ღიობი იხურება და იხსნება კედლიდან გარეთ გამავალი ღიობი საიდანაც ცხელი ჰაერი შენობის შიგა სივრცის ნაცვლად ღიობიდან გადის გარე სივრცეში. მიშელ-ტრომბის კლასიკური კედელი მუშაობს, როგორც სითბოს აკუმულიატორი და საჭიროების შემთხვევაში კონდიცირების რეჟიმში ისე რომ მის ფენქციონირებას არ საჭიროებს ენერგიას და სხვა დამატებით მექანიზმებს. ტრომბის ჰაერის კოლექტორის მოწყობისას მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული იქნას გრძედისა და განედის მიმართ ადგილმდებარეობა, კედელი უნდა მოეწყოს სამხრეთის მხარეს 10–20 გრადუსი დასავლეთის მიმართულებით. მინის ტიხარი უნდა იყოს საკმაოდ მასიური სელექტიური დაფარვით მზის სხივის 0,92 – ამდე შთანთქმის უნარით. სელეკტიური დაფარვით მასალის გამოყენებისას კედლის ეფექტურობა იზრდება 30%–ით, მასიურ კედელსა და მინის ტიხარს შორის მანძილი მერყეობს 2,5–2,7 სმ – ს შორის. უფრო დიდი მანძილის შემთხვევაში მოსალოდნელია აღნიშნულ სივრცეში კონვექცია და რაც ხელს შეუმლის სითბოს აკუმულირებას. მინის ტიხარის შემდეგ კედელი არ უნდა იყოს ხით მოწყობილი, ამით იკარგება ტრომბის კედლის მთელი ეფექტი. ცხრილი 9.2.

ცხრილი 9.2.

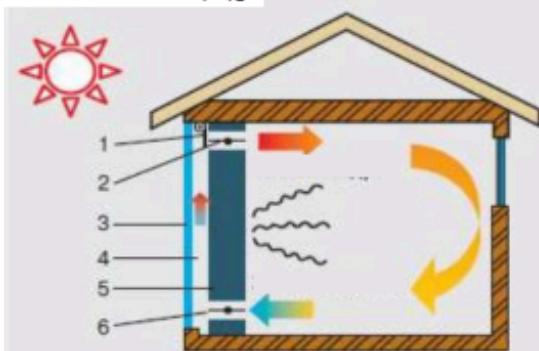
ტრომბის კედის ტექნიკური პაამეტრები ტრომბი კედლის პარამეტრები

მასალა	სიმკვრივე	სიქე. მ
ბეტონი	2,2	0,2...0,6
ბეტონის ბლოკი	2,1	1,18...0,46
თიხის აგური	1,9	0,18...0,41
ღრუფანიანი ბლოკი	1,8	0,15...0,30

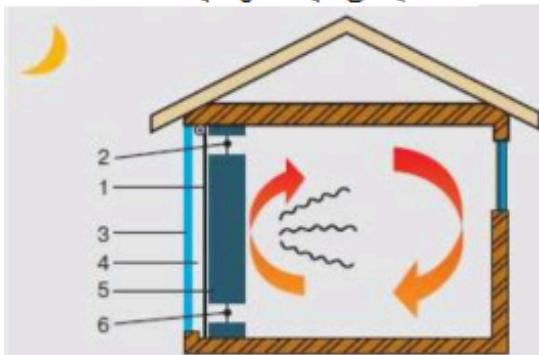
მასალა	სიმკვრივე	სიქე. მ
	1,6	0,15...0,30

ტრომბის კედელი ა) ზაფხულსა და ბ) ზამთრის სეზონის დროს
 1.შტორი, 2.ზედა სარქველი, 3.მინის კედელი,
 4.კედლებს შორის სივრცე 5. მასიური კედელი
 6.ქვედა სარქველი.

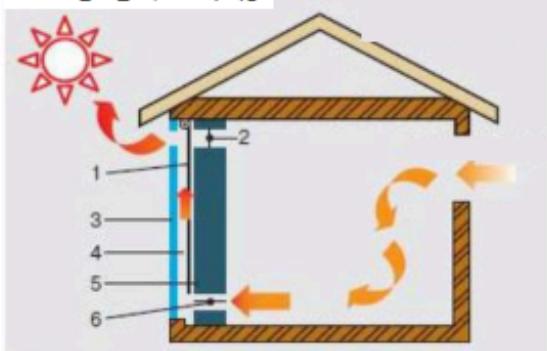
ა. ზამთარი, დღე



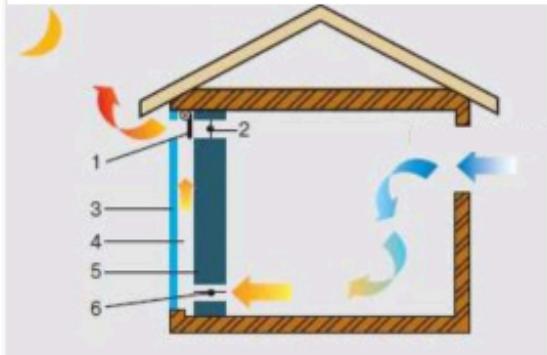
ა. ზამთარი, ღამე ან ღრუბლიანი დღე



ბ. ზაფხული. დღე.



ბ. ზაფხული. ღამე ან ღრუბლიანი დღე



სურ.9.10.ტრომბის კედლის სეზონის მიხედვით
 მუშაობის პრინციპიალური სქემა

9.4. ქარის ენერგია

ენერგეტიკის დარგია რომლის მეშვეობითაც ჰაერის მოძრავი მასების კინეტიკური ენერგია გარდაიქმნება, მექანიკურ ელექტრულ, თბურ ენერგიად. ქარის ენერგია აღდგენადი ენერგიის სახეობაა, ის მგის აქტივობის შედეგად წარმოიქმნება, ქარის ენერგიას ბოლო ათწლეულის მანძლზე გადამწყვეტ როლი დაეკისრა და ენერგო დამზოგ

მიმართულებით დაგევმილ ლოკლაურ თუ გლობალური პროექტების განხორციელებაში. 2016 წელს ქარის გენერატორების დადგმული სიმძლავრეების საერთო მაჩვენებელმა 432 გიგავატს მიაღწია და ამ მაჩვენებლით ენერგიის გენერირების ამ მეთოდმა გადაუსწრო აფომური ენერგიის ჯამურ მაჩვენებელს. 2014 წელს ქარის ელექტრო სადგურების მიერ გამომუშავებული იქნა საერთოდ მსოფლიოში მოხმარებული ენერგიის 3% და ჯამში 706 ტერავატ/ სთ შეადგინა. არის სახელმწიფოების ჯგუფი რომლებიც განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობენ ქარის ენერგეტიკის განვითარებას. 2015 წელს დანიაში ქარის გენერატორებით გამომუშავებული იქნა მოხმარებული ელ.ენერგიის 42%, პორტუგალიაში იმავე წელს იგივე მაჩვენებლმა 27% შეადგინა, ნიკარაგუაში – 21%, ესპანეთში – 20%, ირლანდიაში 19%, გერმანიაში – 18,8%, ევროკავშირში მთლიანად 7,5%. შეადგინა. ქარის ენერგო მარაგი ასჯერ მეტია ვიდრე მსოფლიოს ყველა მდინარის ჰიდროენერგო რესურსი. გერმანია 2035 წლისთვის გეგმავს ენერგიის მთლიანი რაოდენობიდან 4–45% ქარის გენერატორებით იქნას გამომუშავებული. დანიაში 2025 წელს გეგმავენ იგივე მაჩვენებლით 50% ნიშნულზე გასვლას, ჩინეთში 2010 წელს დადგმული 5 ათასი მგვტ სიმძლავრიდან 2025 წელს უნდა გავიდნენ 30 ათას მგვტ დადგმულ სიმძლავრის მაჩვენებელზე და უკვე 2016 წელს ეს გეგმა ჩინეთმა უკვე განახორციელა.

ქარის გენერატორით გამომუშავებული ენერგიის ღირებულების ძირითადი შემადგენელი სადგურს აშენებაზე გაწეული ხარჯებია. საშუალოდ 1კვტ დადგმული სიმძლავრის ღირებულება 1000 აშშ დოლარია. ქარის ენერგია სრულად აღდგენადი სახეობაა და მისი ექსპლუატაცია არ საჭიროებს ტრადიციული წყარობით წარმოებულ ენერგიას.

1 მგვტ სიმძლავრის ქარის ელ.სადგური 20 წლის განმავლობაში ექსპლუატაცია იძლევა 29 ათასი ტონა ნახშირის, 92 ათასი ბარელი ნავთობის ეკონომიას.

ქარის გენერატორის მიერ გამომუშავებული ელ.ენერგიის ღირებულება დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზე. ცხრ. 9.3.

ცხრილი 9.3.

ქარის სიჩქარე და ელენერგიის თვითღირებულება

ქარის სიჩქარე მ/წმ	თვითღირებულება ცენტი/კვტ.სთ
7,16	4,8
8,08	3,6
9,32	2,6

შედარებისათვის აშშ-ში ნახშირის წვის შედეგად მიღებული ელ.ენერგიის თვითღირებულება 9–30 ცენტი/კვტ–ზეა ჩინეთში იგივე მაჩვენებელი 13 ცენტი/კვტ.სტ–ია.

ქარის გენერატორები სისტემის ინოვაციურ ტექნოლოგიების გამოყენებით აგება, უბრუნველყოფს მის მიერ გამომუშავებული ელ.ენერგიის თვითღირებულების 35–40%–ით შემცირებას. დაბალი ღირებულების ელ.ენერგია იძლევა სხვადასხვა მიმართულებით ბოგადად და კერძოდ შენობების გაგილებაზე გათბობაზე ვენტილირებაზე განათებაზე რესურსების ეკონომიის საშუალებას და რაც უფრო მეტი იქნება ასეთი ენერგიის ხვედრითი წილი საერთოდ მოხმარებული ენერგიის საერთო მოცულობიდან მით უფრო მეტი მოცულობის სხვადასხვა სახის რესურსის დაწვა აღარ იქნება საჭირო ენერგიის საწარმოებლად. თუმცა სკეპტიკოსების აბრით ქარის ელ.სადგურებს აქვს რამდენიმე უარყოფითი მხარე და მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვნად ხმაურს მიიჩნევენ. ქარის გენერატორები ორი ტიპის ხმაურს გამოსცემენ:

მექანიკური და ელ. მოწყობილობის მუშაობის შედეგად გამოვლენილი ხმაური. მუშაობისას ამ ტიპის ხმაურს ახალი თაობის სისტემები ფაქტიურად არ გამოსცემენ.

აეროდინამიური ხმაური – დანადგარის ფრთების ბრუნვისას ჰაერთან შეხებისას წარმოქმნილი ხმაური.

გამომვებით დადგენილია ქარის გენერატორების აეროდინამიური ხმაურის მასშტაბები, ცრხილში მოყვანილია ამ ხმაურის შედარებითა

სხვ სახობის ხმაურის დონესთან.

ცხრილი 9.4.

ქარის ელექტრო სადგურისა და ხმაური სხვა წყაროების
შედარებითი ანალიზი

ხმურის წყარო	ხმაურის დიონე, დეციბელი
ადამიანისთვის ზიანის მომგანი ხმაური	120
რეაქტიული თვითმფრინავის ძრავის ხმაური მისგან 250 მ, დაცილებით	105
პნევმატური ჩაქების ხმაური მისგან 7 მ–ზე.	95
100 კმ/სთ სიჩქარით მიმავალი სატვირთოს მისგან 100 მ–ზე ხმაური	65
ოფისში ხმაურის ფონი	60
64 კმ/სთ სიჩარით მიმავალი მსუფექი ავტომობილის ხმაური	55
ქარის გენერატორის ხმაური მისგან 350 მ–ზე. ბ ვ 350 მ	35-45
სოფელში ხმაურის ფონი მისგან 350 მ მანძილზე.	20-40

10. თბური ტუმბოები

10.1. თბური ტუმბოების ისტორია

თბური ტუმბოების ისტორია ჯერ კიდე შორეული წარსულიდან იღებს
სათავეს

1834 წელს ჯეკობ პერკინსი აგებს ისტორიაში პირველ თბურ
ტუმბოს.

1846 წელს ფრანგამა ინჟინრებმა ფერდინად და ედმონდ კარემ ააგეს
გამაგრილებელი პარის შეკუმშვაზე და გაფართოებაზე მომუშავე
აგრეგატი.

1852 წელს უილიამ ტომსონმა ააწყო თბურმრავთა სისტემა

რომელმაც მას სითბოს გამრავლების მოწყობილობა უწოდა.

1912 წელს შვეიცარიაში გაიცა თბური ტუმბბე პატენტი.

1926 წელს ფომას მიგლის ხელმძღვანელობით მომუშავე მკვლევართა ჯგუფმა შექმნა ამიაკის სისტემის აგრეგიატის ორთქლკომპრესორის თბური ტუმბოს ალტერნატიული აგრეგატი.

1930 წელს დაიწყო მაცივრებასა და თბურ ტუმბოებში გამოყენებადი, ყველაზე პოპულარული მაცივარაგენტის ფერეონის (R12) წარმოება.



1930 წლიდან ინგლისში თბური ტუმბოების წარმოებამ მიიღო მასიური ხასიათი, აქ იქნა აგებული გარე პაერის ენერგიის გამოყენებით შენობის გათბობისა და მისი ცხელი წყლით უზრუნველყოფის პირველი თბური ტუმბოს სისტემა.

1930 წელს ამერიკაში New Haven, Connecticut-ში შტაბ კვარტირის გასათბობად გამოყენებული იქნა ყველაზე დიდი სიმძლავრის თბური ტუმბო.

1939 ციურიხში გაშვებული იქნა 175 კვტ სიმძლავრის თბური ტუმბო, 1945 წელს ციურიხში იქნა აგებული 9 ანალოგიური ტიპის თბური ტუმბო რომლებიც წარმატებით ფუნქციონირებდნენ 30 წლის განმავლობაში.

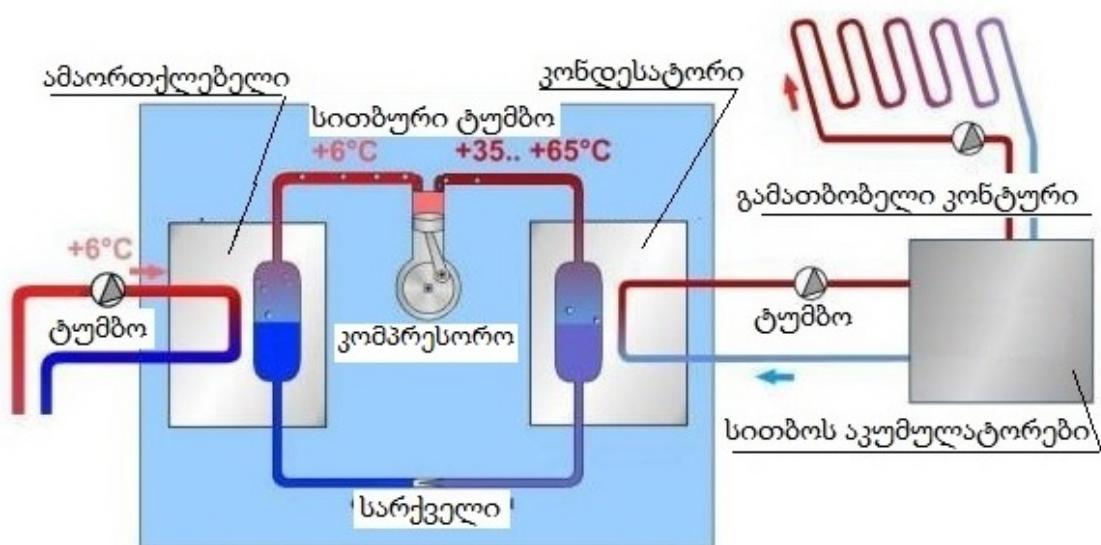
1945 წელს ინგლისში ქალაქ ნორვიჩში ექსპლუატაციაში იქნა გაშვებული თბური ტუმბო რომელიც განკუთვნილი იქნა 14 200 m^3 ის მქონე შენობის გასათბობად.

1952 წელს ამერიკაში გამოვებული იქნა 1000 თბური ტუმბო, 1976 წეს კი მისმა რაოდენობამ 76 000 მიაღწია. ნიუიორკში თბური ტუმბო ემსახურება - The Empire State Building. გასბობად და გასაგრილებლად. ყოველწლიურად წარმოებული თბური ტუმბოების რაოდენობა 30–40% იზრდება, ზოგ ქვეყანაში კი ამ ზრდის

მაჩვენებელი 100%-ია. 2004 წელს გერმანიაში გაიყიდა 20 000, ნორვეგიაში 48 000, აშშ-ში ერთი მილიონი თბური ტუმბოს სისტემა. ამჟამად იაპონიაში ექსპლუატაციაშია 3 მილიონი თბური ტუმბო, შეეციაში მოხმარებული ენერგიის 50% თბური ტუმბოს მეშვეობითაა წარმოებული

10.2. თბური ტუმბოების მუშაობის პრინციპები.

თბური ტუმბო შენობების ენერგო ეფექტურობის ამაღლების საინჟინრო მეთოდთა ჯგუფში შემავალი გადაწყვეტაა, ის წარმოადგენს მოწყობილობის სისტემას რომელიც უზრუნველყოფს დაბალპოტენციური თბური ენერგიის (თბური ენერგია დაბალი ტემპერატურით) გადაცემას მაღალი ტემპერატურის მქონე მომხმარებელზე (სითბოს მატარებელზე). თერმოდინამიკურ რეჟიმში მომუშავე თბური ტუმბო, მაცივარ დანადგარის ანალოგიური სისტემაა. მაგრამ თუკი მაცივარ აგრეგატი უზრუნველყოფს გარკვეული მოცულობიდან ამაორთქლებლის მეშვეობით სითბოს გამოტანით მის გაგრილებას, სადაც კონდესატორი უზრნველყოფს სითბოს გარე სივრცეში გადატანას. თბური ტუმბო პირიქით



სურ.10.1.თბური ტუმბოს მუშაობის პრინციპიალური სქემა

კონდესატორი წარმოადგენს სითბოს ცვლის აპარატს, რომელიც გარემოდან აკრებილ სითბოს გადაცემს შესაბამის მოცულობას მისი შემდგომი მოხმარების მიზნით. ხოლო ამაორთქლებელი სითბოს ცვლის აგრეგატით ახდენს დაბალი ტემპერატურის ენერგიის გარემოში გაფანას. სურ.10.1 წარმოდგენილია თბური ტუმბოს მუშაობის პრინციპილაური სქემა.

თბური ტუმბო იყენებს ენერგიებს გამთბარი ჰაერის, წლის, გრუნტის განახლებადი წყაროებიდან, წყაროდან ენერგის ართმევა და მისი გამოყენებად რესურსად შეკრება და მომხმარებლისკენ მიმართვა წარმოებს განსაკუთრებული ნივთიერების მაცივარაგენტების მეშვეობით.

თბური ტუმბოს მუშაობის პრინციპი. ნებისმიერი თბური ტუმბო შედგება ორი ნაწილისაგან: გარე კონტური რომელიც კრებს სითბის განახლებადი ენერგიის წყაროდან, და შიგა კონტური, რომელიც გადაცემს ამ სითბოს მომხმარებელს შიგა სივრცის გათბობის ან გაგრილების მიზნით. თანამედროვე თბური ტუმბოები ხასიათდება მაღალი ენერგოეფექტურობით, რაც დასტურდება იმით რომ მომხმარებელი, რომელიც იყენებს თბურ ტუმბოს შენობის გაგრილებასა ან გათბობაზე ხარჯავს მინიმუმ ოთხჯერ ნაკლებ ფინანსურ რესურს იმ მეპატრონებთან შედარებით რომელთა სახლები თბურ ტუმბოთი არაა აღჭურვილი. სხვაგვრი განმარტებით გამოყენებული თბური ენერგიის 75% მიღება აღდგენითი ენერგიის ისეთი წყაროებიდან როგორიცაა ჰაერი, წყალი, მიწა, მთის ქანები. აგრეგატი ფუნქციონირებს შემდეგი ციკლების მიხედვით:

პირველი ციკლი, აორთქება

ტბური ტუმბოს გარე ნაწილი წარმოადგენს მილების ჩაკეფილ სისტემას. რომელიც გარკვეულ სიმაღლეზეა დაფლული მიწაში, იმ დონეზე სადაც მთლი წლის მანძილზე ტემპერატურა $7-12^{\circ}\text{C}$ მერყეობს. იმისათვის რომ გარემოდან მიღებული იქნას სათანადო შენობის გასათბობად საკმარისი ენერგია, აუცილებელია რომ მიწაში ჩაფლული მილებით დაკავებული ფართი, გასათბობი შენობის

საერთო ფართზე 1,5–2 ჯერ მეტი იყოს. მიღები სავსეა მაცივარ აგენტით, რომელიც თბება მიწაში არსებული სითბოს მეშვეობით. მაცივარაგენტი ხასიათდება დუღილის ძალიან დაბალი ტემპერატურით და ამის გამო მიწის ტემპერატურაზე ის გადადის გაბის მდგომარეობაში და ასეთი სახით შედის კომპრესორში.

მეორე ციკლი, შეკუმშვა

კომპრესორის მიერ ხდება მიღებული ენერგიის მოხმარება, მაგრამ გაბის დუმელთან შედარებით მის ფუნქციონირებისათვს იხარჯება გაცილებით ნაკლები ენერგია. $7-12^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურამდე გამოხარი მიღებიდან კომპრესორში კამერებში გადასული გაბის მდგომარეობაში მყოფი საეცაგენტი მკვეთრად იკუმშება, რაის აგმოც წარმოებს მისი მყისიერი გაცხელება.

მესამე ციკლი, კონდესაცია

შეკუმშვის შემდეგ, მიიღება მაღალი წნევის მქონე ცხელი ორთქლი, რომელიც მიეწოდება თბური ტუმბოს შიგა კონტურს. ამის შემდეგ აღნიშნული თბური ენერგია შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც ჰაერის გათბობის სისტემაში, წყლის გათბობის სისტემაში ან სახლის ცხელი წლით მომარაგების სისტემაში. სითბოს აღნიშნული მარაგი შეიძლება გამოყენებული იქნას თბილ იაფაკში როგორც სითბოს იაფი წყარო. გადასცემს რა სითბოს მომხმარებელს სითბოს მაგარებელი სპეცაგეტნი ცივდება და გადადის სითხის მდგომარეობაში.

მეოთხე ციკლი, გაფართოება.

გაგრილებული და სითხედ ქცეული შიგა კონტურში არსებული ნივთიერება გადადის გამაფართოებელ სარქველში, სადაც ხდება წნევის ვარდნა. და ის ისევ მიღის თბური ტუმბოს გარე კონტურში ახალი ციკლის დასაწყებად.

თბური ძრავების ენერგო ეფექტურობა

თბური ძრავის კომპრესორის ფუნქციონირებისათვის საჭირო ყოველ 1კვტ ელ, ენერგიით გამომუშავდა 4 კვტ სასარგებლო თბური ენერგია. რაც 300% ენერგო ეფექტურობის ფოლფასია.

ცხრ.10.1. წარმოდგენილია თბური ტუმბოსა და გათბობის სხვა სისტემების ენერგოეფექტურობის შედარებითი ანალიზი.

მონაცემები შემუშავებულია თბური ტუმბოების ევროპული
ასოციაციის მიერ (*EHPA*)

ცხრ.10.1.

გამახურებული ხელსაყოფის ენერგოფექტურობის მაჩვენებლები

გათბობის სახე	ენერგოფექტურობა, %
თბური ტუმბო	150-400
გამზე ან მყარ საწვავზე მომუშავე დუმელი	70-96
ელექტრო დუმელი	35-45

აღსანიშნავია რომ თბური ძრავების ენერგო მახასიათებლები დამოკიდებულია ექსპლუატაციის პირობებზე და ადგილზე არსებულ გარემოს კონკრეტულ მახასიათებლებზე. მაგალითად თბური ტუმბოთი მიწიდან სითბოს ართმევისას მოწყობილობის ენერგო ეფექტურობა თიხნარ მიწაში თითქმის ორჯერ მეტია ვიდრე სილნარი მიწის შემთხვევაში. აუცილებელია რომ მიღები მიწი ჩაწყობილი იქნას მიწის გაყინვადი შრის ქვემოთ.

თბური ტუმბოების რეალური ენერგოფექტი ტემპერეტურულ პირობებზეა მთლიანად დამოკიდებული. ცივ კლიმატურ ზონაში მოწყობილობის ენერგოფექტურობის მაჩვენებელი შესაბამისად დაბალია. -20°C პირობებში მისი მაჩვენებელი 150% –ია ხოლო $+7^{\circ}\text{C}$ კი ეს მაჩვენებელი 300% –ია.

10.3. თბური ტუმბეობით შენობების გაფრილების შესაძლებლობა.

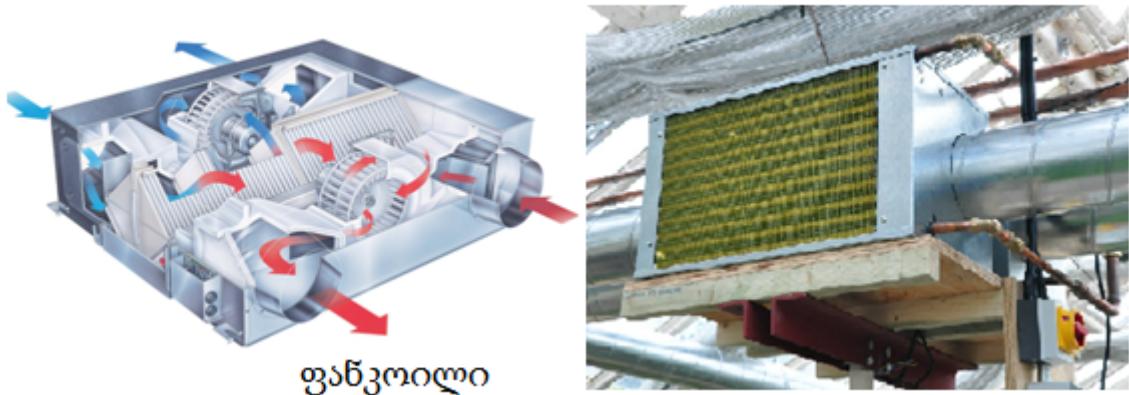
როგორც აღინიშნა თბური ტუმბოების მუშაობა სამაცივრე დანადგარის ანჩილერის მუშაობის ანალოგიურია. ამიგომ გაფხულის ცხელ დღეებში მოწყობილობას შეუძლია იმუშაოს შებრუნებულ რეჟიმში

და მისი მეშვეობით კონდიცირების მსგავსად მისი მეშვეობით მოხდეს შენობის გაგრილება. და ამ დროს მიწის $7-12^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურა შეიძლება შეტანილი იქნას შენობის შიგა სივრცეში, მისი შემდგომი გაგრილების მიზნით. ამ დროს სისტემა მუშაობს გათბობის ტრადიციული სისტემის მსგავსად, ერთი განსხვავებით ამ შემთხვევაში რადიატორის ნაცვლად გამოიყენება ე.წ. ფანკოილები. პასიური გაგრილების პირობებში სითბოს მატარებელი ცირკულირებს ფანკოილსა და ჭაბურღილს შორის. მიწის სირდმიდან დაბალი ტემპერატურის მქონე სითბოს მატარებელი შედის კონდიცირების სისტემაში ამ დროს კომპრესორი არ ფუნქციონირებს და თუკი პასიური რეჟიმში მუშაობა შენობის გასაგრილებლად არაა საკმარისი ხდება კოპმრესორის ჩართვა, რომლის მეშვეობითაც წარმოებს შენობის დამატებითი გაგრილება.

ფანკოილი — იგივე ჩილერ-ფანკოილი საწარმოო კონდიცირების შიგა ბლოკია, მისი მუშაობის პრინციპი მარტივია, მიღწი არსებული სითბოსმატარებლის ტემპერატურა ფანკოილში გადაეცემა ჰაერს და მისივე მეშვეობით წარმოებს წყლისთვის ართმეული დაბალი ტემპერატურს ჰაერში გადაცემა. ფანკოლ-ჩილერის სიგემამ შეიძლება იმუშაოს შექცევად გათბობის რეჟიმშიც, მას შეუძლია ერთდროულად გაათბოს შენობის ერთი სივრცე და გააგრილოს მეორე. ფანკოილი შედგება; ვენტილიატორის, ჰაერის ფილტრის და სითბოს გადამცვლელი მოწყობილობისაგან. განსხვავდება კედლის, კასეტური, არხისებრი, იატაკის და ჭერბე შეკიდებული ფანკოილები. არსებობენ ვერტიკალური და ჰორიზონატური ფანკოილები ორმილიანები მხოლოდ გაგრილებისათვის და ოთხმილიანები გაგრილება გაციებისათვის ფანკოილები. ბოლო სახეობის აგრეგატებს შეუძლიათ იმუშაონ ერთდროულად ორივე გაგრილებისა და გათობის რეჟიმში. ზამთარში ისინი როგორ წესი მუშაობენ როგორც ცენტრალური გათბობის სისტემის რადიატორები.

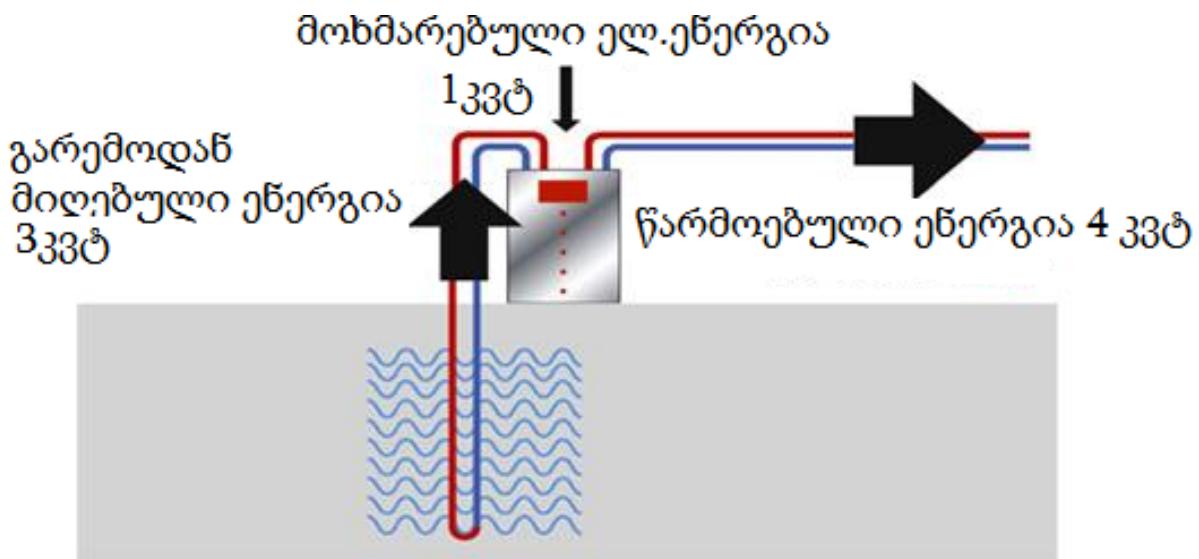
სისტემაში სიცივის წყაროდ წარმოდგენილია საწარმო ჩილერი, დიდი გამაციებული აგრეგატი რომელიც დგას შენობის თავზე ჭერბე ან მისთვის სპეციალურად გამოყოფილ ცალკე შენობაში. იქვე განლაგებულია ტუმბოების ჯგუფი ფლანკოილი დაბალი ტემპერატურის

სითბოს მატარებლის მისაწოდებლად.



სურ.10.2.ფანკოილის სქემა და მონტაჟის შესაძლო ვარიანტი

მიწის ენერგიაზე მომუშავე თბურ ტუმბოების შემთხვევაში მიღები მიწაში შეიძლება ჩაწყობილი იქნას როგორც ჰარიტონგალურ ასევე ვერტიკალურ მდგომარეობაში.

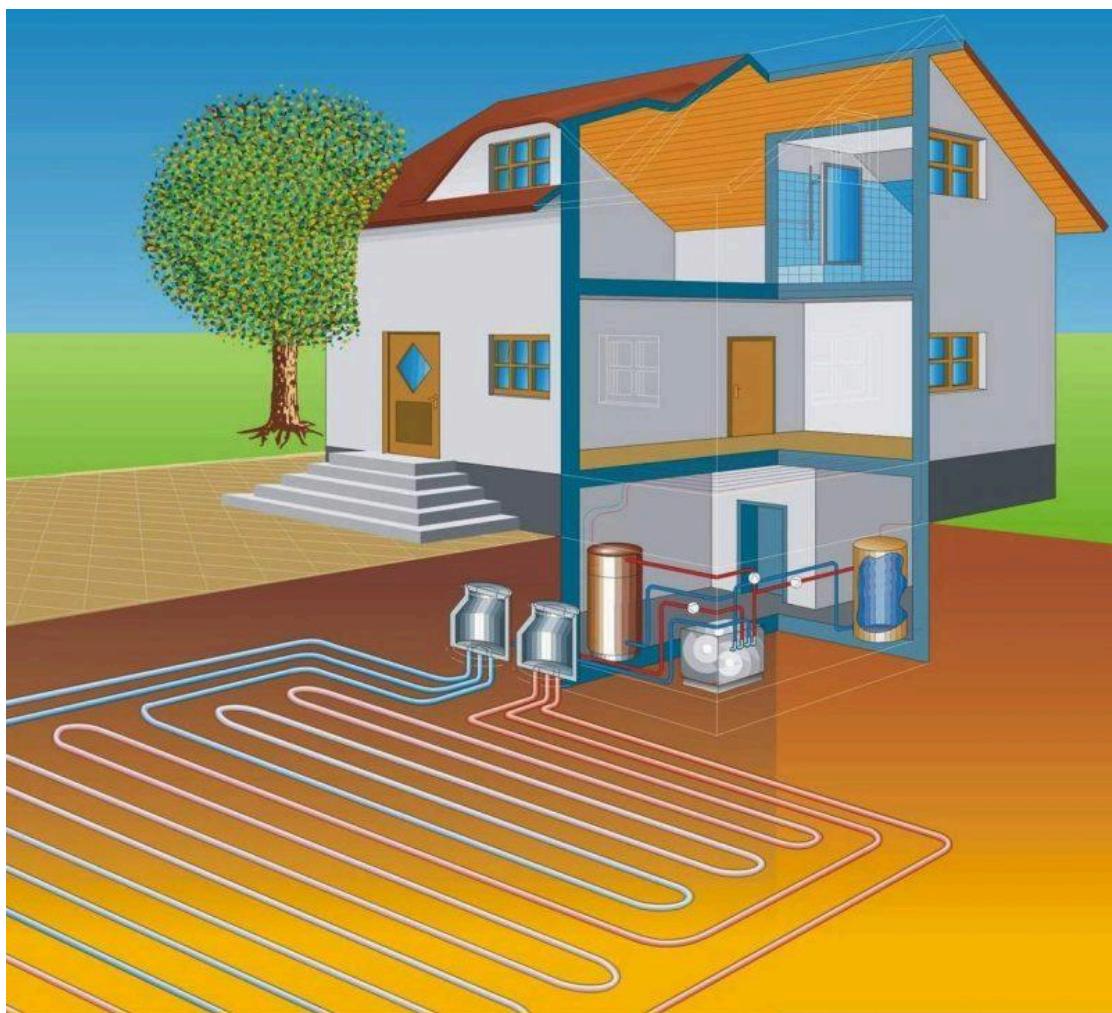


სურ.10.3.თბური ტუმბოს მუშაობის პრინციპიალურ სქემა

მიღების ვერტიკალური განლაგებისას ჩაღრმავება წარმოებს მნიშვნელოვან $50-200$ მ, სიღრმეზე მაგრამ არსებობს ალტერნატივა, მოეწყოს ერთმანეთისაგან არაუმეტეს 10 მ –ით დაცილებული ჭაბურლილები. და ჭაბურლილების რაოდენობა და მათი სიღრმე შეიძლება განსაზღვრული იქნას იმ პირობით რომ 10 კვტ სიმძლავრის თბური ტუმბოს შემთხვევაში ჭაბურლილების საერთო სიღრმე 170 მ–ზე

ნაკლები არ უნდა იყოს.

მიღების პორიტონგალურად ჩაწყობის შემთხვევაში მათი ჩაწყობის სიმაღლე 1–1,2 მ შორის მერყეობს. კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე მიღების ჩაწყობის აღნიშნული სიღრმე შიძლება შეიცვალოს. მიღების ჩაწყობისას დაცული უნდა იქნას პირობა მომიჯნავე ნაკვეთებს შორის მანძილი არანაკლებ 1.5 მ უნდა იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში მკვეთრად დაცული ტებოების ენერგოეფექტურობა. 10 კვტ სიმძლავრის თბური ტუმბოს შემთხვევაში მიწაში ჩაფლული მიღების საერთო სიგრძე 350–500 მეტრია და ამ შემთხვევაში მეზობელი ნაკვეთიდან დაცილების გათვალისწინებით საჭირო იქნება 20×20 ფართის მქონე მიწის ნაკვეთი.



სურ.10.4.შენობაზე თბური ტუმბოს მონტაჟის შესაძლო ვარიანტი

გომიერი კლიმატის პირობებში უპირატესობა ენიჭება მიწის

სითბობე მომუშვე თბურ ტუმბოებს. ობილი კლიმატის პირობებში უპირატესია ჰაერის ენერგიაზე მომუშავე თბური ტუმბოები. უფრო მკაცრი კლიმატის პირობებში სასურველია გამოყენებული იქნას გაზგე მომუშავე სისტების პარალელურად მომუშავე თბური ტუმბოები რათა ტემპერატურის მკვეთრი ვარდნისას სისტემამ უზრუნველყოს შენობის სათანადო დონეზე გათბობა.

თბური ტუმბოების მთავარი ღირსება მისი მცირე საექსპლუატაცია დანახარჯებია. მისი მეშვეობით შენობის გათბობა ან გაგრილება ყველაზე იაფია, ყველა სხვა სახეობით მიღებული იგივე შედეგთან შედარებით.

თბური ტუმბოების ექსპლუატაცია აბსოლიტურად უსაფრთხოა და მისი გამოყენება არაა დაკავშირებული არანაირ რისკთან. შესაბამისად მისი გამოყენებისას მკვეთრად მცირდება ვენტილიაციასა და სახანძრო უსაფრთხოების დანახარჯები. მოწყობილობის ექსპლუატაცია არ მოითხოვს დამატებით სპეციალურ უნარ ჩვევებს, ის უხმაუროა. ფანკოილი სისტემის უზრუნველყოფის შემთხვევაში ის შეიძლება გამოყენებული იქნას შენობის როგორც გათბობის ასევე გაგრილებისათვის. სისტემის მთავარი უარყოფითი მხარე მისი ფასია.

11. ენერგოეფექტურობის მიხედვით შენობების კლასიფიკაცია

მშენებლობის სტადიაზე ნებოსმიერი სახის სამშენებლო მასალების წარმოებისას და სხვადასხვა ტიპის შენობა ნაგებობების ექსპლუატაციისას რესურსების დაზოგვის ყველაზე ეფექტური შესაძლებლობა ამ პროცესებისას მოხმარებული ენერგიის მაქსიმალური ეკონომიით გამოყენებაა. ადამიანის მიერ მოხმარებული რესურსებიდან ენერგია იკავებს განსაკუთრებულ ადგილს სხვა მოთხოვნად პროდუქტების პარალელურად, მისი მეშვეობითაა შესაძლებელი, საკვების მოპოვება და მომზადება, შენობების აგება, მათი გათბობა, განათება, ტრანსპორტი, კავშირგაბმულობა და მრავალი სხვა. არსებული მონაცემებით პირველყოფილი ცივილიზაცია წელიწადში საშუალოდ 5 მილიონ მგვტ/სთ ენერგიას მოიხმარდა, დღევანდელი მონაცემებით ეს მაჩვენებელი 120 მილიონი მგვტ/სთ-ის ფოლია. ამასთან ქვეყნებისა და რეგიონების მიხედვით არსებობს ამ მაჩვენებლის სერიული განსხვავება, აფრიკასა, აღმოსავლეთ ევროპაში ის ევროპისა და აშშ-ს იგივე მაჩვენებელთან შედარებით 30–40 ჯერ დაბალია. ამაშთან ერთად მოხმარებული ენერგიის გამომუშავებისას სხვადასხვა მაშტაბისა და ხარისხის სერიოზული ზიანი ადგება გარემოს. ამის გათვალისწინებით ენერგოეფექტური წარმოება და შენობების ენერგოეფექტურ რეჟიმში ექსპლუატაცია გარდა პირდაპირი ეკონომიკური ეფექტისა იძლევა გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების სერიოზული მასშტაბით შემცირების შესაძლებლობას. პრობლემის გადაწყვეტისას მნიშვნელოვანია იმის გათვალისწინება რომ

ცივილიზაცია უარს ვერ იტყვის ენერგიის მოხმარებაზე, საკითხი დგას ასე რამდენად შეძლებს ის მის გონივრულად და ეფექტურად მოხმარებას. მსოფლიო ენერგეტიკული კონფერენციის მონაცემებით მოხმარებული ენერგიის მესამედი შენობების გათბობას ხმარდება. ცხადია, შენობებში გათბობაზე მოხმარებული ენერგიის ეკონომიას ორმხრივი ფინანსური და გარემოსდამცავი მნიშვნლეობა გააჩნია. ევროპის ქვეყნების უმეტესობაში მოქმედი კანონმდებლობით ახლად აგებულ სახლებში ენერგიის 50–70% გათბობასა და წყლის გაცხელებაზე იხარჯება.

ევროპული სტანდარტებით გათბობაზე დანახარჯების მიხედვით არსებობს შენობების შემდეგნაირი კლასიფიკაცია:

A – პასიური სახლი. ენერგომოხმარება – 120 კვტ/სთ მ² – გე წელიწადში.

B – ენერგოეფექტური სახლი. ენერგომოხმარება – 120–180 კვტ/სთ მ² – გე წელიწადში

C – თანამედროვე სახლი. ენერგომოხმარება – 180–220 კვტ/სთ მ² – გე წელიწადში

D – 1980–90 წლების სახლი. ენერგომოხმარება – 220–300 კვტ/სთ მ² – გე წელიწადში

E – 70–იანი წლების სახლი, ენერგიის დიდი მოხმარებით

F – ძველი სახლები. ენერგიის ძლიან დიდი მოხმარებით,

G – ძალიან ძველი სახლები. ენერგიის არარენტაბელური მოხმარებით

ნებისმიერი შენობის ენერგოეფექტურობა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე როგორიცაა:

არქიტექტურული გადაწყვეტა.

შენობის გრძელისა და განედის მიმართ ორიენტაცია.

კედლების მიერ ორთქლის გატარების უნარი.

კონსტრუქციაში სიცივის გადამტანი ხიდების არსებობა ან არ არსებობა.

მინა პაკეტის კონსტრუქცია და შემინული კედლების ფართი.

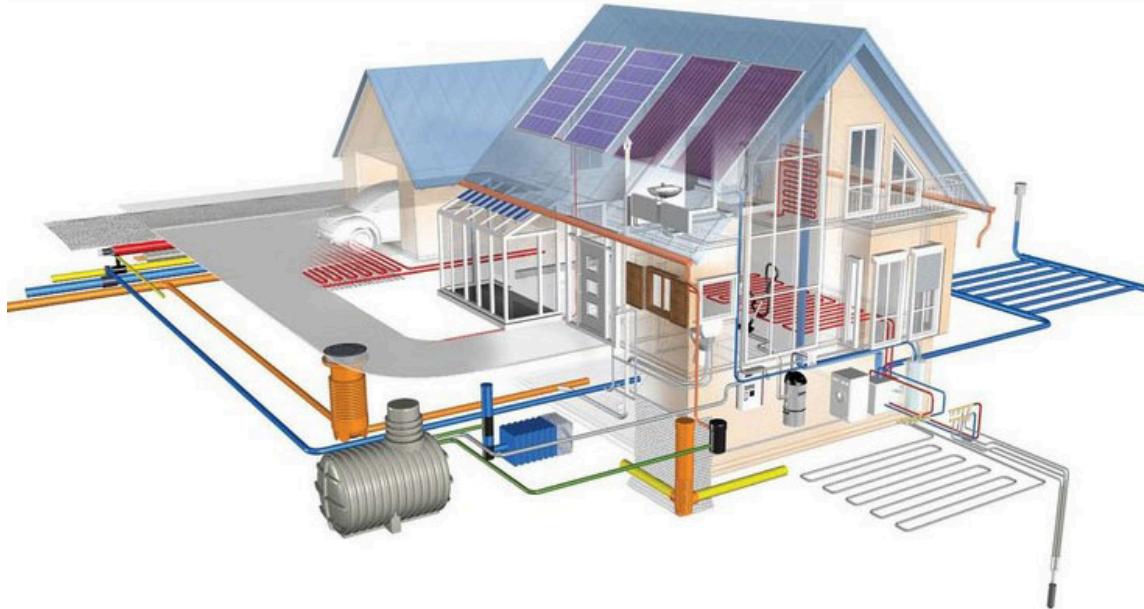
გათბობის სისტემის სახეობა და ვენტილიაციის მოწყობილობა.

საპროექტო – ტექნიკური გადაწყვეტის და სამშენებლო სამუშაოების ხარისხი.

10.1. პასიური სახლი

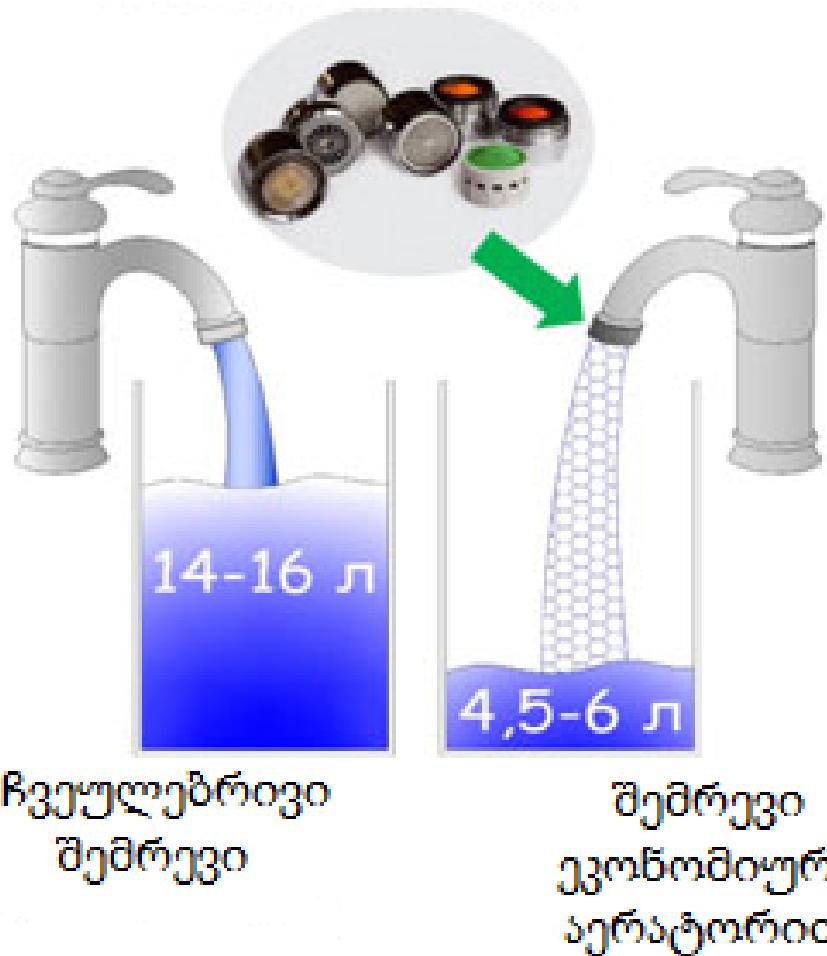
A - კლასში შემავალი პასიური სახლის ტიპი, რომელიც ენერგო მოხმარებს თვალსაზრისით შენობების იდეალურ ჯგუფში შედის. ასეთი სახლების პირველი უპირატესობა მაქსიმალურად ეფექტური თბოიბლაციაა. ამ ტიპის სახლებში არსებითი მიშვნელობა ენიჭება განახლებადი წყაროებით მიღებული ენერგიის გამოყენებას, განსაკუთრებით შენობის გათბობისა და გაგრილების მიზნით. შენობებში ენერგიის ნულოვანი მოხმარებით აღდგენითი ენერგიის წყაროებად შეიძლება გამოყენებული იქნას მზის კოლექტორები, თბური ტემბოები, ბიო მასით მიღებული ენერგია, ამ ტიპის შენობებში კომფორტული მიკროკლიმატის უზრუნვლყოფის მიზნით, გამთბარი ჰაერის სტაბილურად შენარჩუნებისათვის აუცილებლადაა წარმოდგენილი ჰაერის რეკუპერაციის სისტემები. ენერგიის ნულოვანი მოხმარებით სახლების პროექტირებისას მაქსიმალურად უნდა იქნას გათვალისწინებული ადგილმდებარეობის კლიმატური პირობები, მზის ინცენსივობა, განახლებადი ენერგიით წყაროების მოხმარების ეფექტურობა და მათი სარგებლობის პირობები. შედგენილი უნდა იქნას ენერგიის მოხმარების შემცირების ტექნიკურ ეკონომიკური პირობები და შენობის ყველა სისტემის ფუნქციონირებისათვის აუცილებელი ტრადიციული წყაროებით წარმოებული ენერგიის ალტერნატიული, აღდგენითი წაროებიდან მიღებული ენერგიით ჩანაცვლების შესაძლო ვარიანტები. ამისათვის კონკრეტულად უნდა იქნას მოკვლეული ყველა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოს ენერგო მოხმარების მოცულობა. შესწავლილი უნდა იქნას ამ ხელსაწყოების ახალი ენერგოეფექტური Energy Star მოდიფიკაციით ჩანაცვლების პირობები. უნდა მოხდეს ყველა ხელსაწყოს ფუნქციონირებისას ენერგო დანახარჯების მუდმივი მონიტორინგი შესაძლებლობის არსებობის პირობებში

ენერგოეფექტური რეჟიმების შერჩევის მიზნით.



სურ.11.1.პასიური სახლის შესაძლო ვარიანტი

ენერგიის მართვის დანახარჯების მინიმიზირებაზე აღაპეტირებული სისტემის შემდეგენა და ინსტალირება შენობის ნულოვანი რეჟიმში ფუნქციონირების აუცილებელი პირობაა. სისტემა უზრუნველყოფს ხელსაწყოების მინიმალური დანახარჯებით ფუნქციონირებისა და კონკრეტულ პირობებში არამოხმარებადი ხელსაწყოს ადამიანის ჩარევის გარეშე ენერგო ქსელიდან ამორთვას. სისტემა ამასთან უნდა უზრუნველყოფდეს იმ ხელსაწყოების იმ პერიოდში გააქტიურებას როცა სახლში მათ ფუნქციონირებით წარმოებულ პროდუქტებები მოთხოვნილება მაქსიმალურად იტრდება. მაგალითად სისტემა უზრუნველყოფს ცხელ წყლის რეციკლირაციას მასზე მოთხოვნის გაზრდის დროს. ამ დროს წარმოებს მისი საჭირო მოცულობის სათანადო ტემპერატურამდე გაცხელება, ასეთ პირობებში გამაცხელებელი ხესაწყოების ფუნქციონირებისას არ ხდება გაცხელებული წლის მარაგების გაციება იმის გამო რომ არ მოხდა სათანადო დროს მისი მოხმარება. საყურადღებოა, რომ საშხაპეებში, სამზარეულოში წარმოდგენილია აერატორები—ხელსაწყო რომელიც არეგულირებს წყლის ჭავლში ნაკადის ინტენსოვობას, რაც იძლევა ცივი წყლის ეკონომიის საშუალებას.



სურ.11.2. შემრევები ჩვეულებრივი და აერატორით

აერატორი უზრუნველყოფს ონკანიდან წყლის რბილი ჭავლის მიღების საშუალებას. მაგრამ ისე რომ ჭავლის ნაკადში წყლის შემცველობა უზრუნველყოფს დასაბანი ან სარეცხი საშუალების, შესაბამისად სხეულიდან ან ჭურჭლიდან თავისუფლად მოცილების შესაძლებლობას. აერატორები იძლევიან წყლის ეფექტური ეკონომიით, მისი მაღალი ხარისხის უზრუნვლყოფით ჭავლის წარმოქმნის საშუალებას.

სახლებში ენერგიის ნელოვანი მოხმარებით განათების სისტემა იძლევა შენობაში იმ სივრცეების განათების საშუალებას სადაც ამის აუცილებლობა წარმოიქმნება იქ ადამიანის გამოჩენისთანავე. ასევე განათების პროგრამული მართვა უზრუნველყოფს სისტემის დღე დამის რეჟიმში საჭანადოდ ფუნქციონირების საშუალებას ადამიანის ჩარევის

გარეშე. ენერგიის ნულოვანი მოხმარების სახლის ყველა შემადგენელი ნაწილი კედლები, სანტექნიკა და ჰაერგამტარი სავენტილაციო სისტემები, ფანჯრები უნდა იყოს ენერგოოპტიმალური. გარე სივრციდან შენობის სათანადო ხარისხის იმოლიაციის გარეშე შეუძლებელია სითბოს შეკავება და ენერგიის დაზოგვა, ენერგოეფეტურობის მასიმალურად უბრუნველყოფის მიზნით ასეთ სახლების მშენებლობისას ფენდამენტის მოწყობისას გამოიყენება ქაფპოლისტიროლოს დაუშლელი ფორმები. შენობის ექსპლუატაციის ეტაპზე ეს იძლევა ენერგიის 30% დაზოგვის საშუალებას. ფანჯრები უნდა დამზადდეს დაბალი ემისისს მახასიათებელი მასალისაგან. შერჩეული უნდა იქნას ოპტიმალური სიმძლავრის მქონე გათბობის ისეთი აგრეგატი, რომელსაც არ უწევს პერიოდულად ჩართვა გამორთვის რეჟიმში მუშაობა და მის საჭირო სიმძლავრეებზე გასვლის მიზნით ყველა ახალ ჩართვაზე არ იხარჯება დამატებითი ენერგია. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს სხვენის როგორც სითბოს დაკრგვის ყველაზე შესაძლო მიმართულების თბოიბოლირებას, რეკომენდირებულია შენობის ეს ნაწილი მოწყობის თბოსაიმოლაციო მასალის სამმაგი ფენით. ზოგიერთი ცხელი წლის მომხმარებლი ხელსაწყოს უნდა მოეწყოს წლის გამდინარე გამახურებელი, რათა მუდმივად არ ხდებოდეს წლის დიდ მოცულობით მაგრა მოთხოვნის არ არსებობისას გაცხელება. განათებისას აუცილებლად უნდა იქნას გამოყენებული ახალი ლედ ეკონომიკური და ხანგამძლე ნათურები. ენერგიის წყაროდ გამოყენებული უნდა იქნას მზის პანელები თავის სრული პაკეტით, რომლითაც შესაძლებელის სახლის ფუნციონირებისათვის საჭირო და ხშირად მეტი მოცულობის ენერგია, რომელის უკვე საქართველოშიც შეიძლება მიწოდებული იქნას სისტემისათვის ეკონომიკური სარგებლის მიღების მიზნით. ტექნიკურად ასეთი შესაძლებლობის არსებობის შემთხვევაში სახლი შეიძლება ენერგიით მომარაგდეს ქარის ელ. სადგურის მეშვეობით. ამ წყაროდან ენერგიის მიღებით შესაძლებელია მზის ენერგიის გამომუშავების შეწყვეტა დამის საათებში და მისი მოცულობების შემცირება გამორთის პერიოდის განმავლობაში.

ერთი შეხედვით ენერგიის ნულოვანი მოხმარებით სახლების

მშენებლობის ფასი საკმაოდ მაღალია, მაგრამ ასეთი სახლების მნიშვნელოვანი უპირატესობებში გარკვევის შემდეგ, მისი მშენებლობის მაღალ ფასს მისაღები და გასაგებია. შენობის ექსპლუატაციისას ენერგო დანახარჯებზე გაწეული ფინანსური დანახარჯები 3–5 ჯერ ნაკლებია ჩვეულებრივ სახლებთან შედარებით. მისი ფუნქციონირებისას მკვეთრად მცირდება სასათბურე გაზების გარემოში ემისია. ასეთი სახლების მომავლის პერსპექტივაში მშენებლობა ბევრ ქვეყანაში უკვე თანამედროვე პერიოდის მშენებლობის ტენდეციაა. ამ ტენდეციას ევროპასა და ამერიკაში ხელს უწყობს შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზა და რეგულაციები. აშშ-ში 2015 წელს ასეთი სახლების მშენებლობასთან დაკავშირებით ენერგეტიკის სამინისტროს მიერ მიღებული იქნა შესაბამისი დირექტივა „შენობები ნულოვანი ენერგეტიკული ბალანსით“ (Zero Energy Buildings, ZEB), აღნიშნული დოკუმენტი შემუშავებული იქნა „სამშენებლო მეცნიერების ეროვნული ინსტიტუტთან“, „ამერიკის არქიტექტორთა კავშირთან“ (AIA). და „ეკოლოგიური მშენებლობის კავშირთან“ (USGBC) ერთად. დოკუმენტი განსაზღვრავს ასეთი შენობების პროექტირების წესს, განმარტავს ენერგიის ნულოვანი მოხმარები სახლის არსეს, მისი მშენებლობის თავისებურებას და სტანდარტს. აღნიშნული მიმართულებით საკითხის გადაწყვეტისა და პროექტის მხარდაჭერის მიზნით ევროკავშირმა მიიღო სპეციალური დოკუმენტი „ევროპა 2020“ აღნიშნული დოკუმენტის შემუშავებისას, ევროპაში ენერგოეფექტური მიმართულებით სამშენებლო სექტორის განვითარებით პროფესიული ინტერესი გამოხატა მსხვილმა კომერციულმა კომპანიებმა, ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტით დაკავებულმა ორგანიზაციებმა, სახელმწიფო სექტორმა. ევროპაში უკვე არსებობს აღნიშნული კლასის შენობების მშენებლობს სტანდარტი და შესაბამისი სამშენებლო ნორმები. 1996 წელს ქალაქ დარმაშვადში დაარსდა „პასსიური სახლის ინსტიტუტი“ და იმ დროიდან გაჩნდა პასიური სახლის განმარტება, შენობისა რომელსაც გააჩნია სითბოთი უბრუნველყოფის მიმართ მინიმალური მოთხოვნები, რის გამოც მას არ გააჩნია გათბობის აქტიური სისტემა. მისი ექსპლუატაცია წარმოებს

„პასიურად“ თბერ რეჟიმში და იყენებს სითბოს შენობაში არსებულ წყაროს, ფანჯრიდან შემომავალ მზის ენერგიას და მზის ენერგიით გამთბარ პაერს და წყალს. პირველ ენერგოეფექტურ სახლად მიიჩნევა 1972 წელს მანჩესტერში აშენებული 16350 მ² ფართის მქონე ექვს სართულიანი სახლი, .მიწის ქვეშ ორდონიანი პარკინგით. შენობის აგებისას შემცირდა ფანჯრების საერთო ფართი. ჩრთილოეთის მხრიდან შენობას საერთოდ არ გააჩნია ფანჯრები, გარე კედლები თბოიბოლაციის უზრუნველყოფის მიზნით ორი შრისგანაა აგებული. განათებაში მაქსიმალურად გამოყენებული მისი ბუნებრივი წყაროს შესაძლებლობები. რეცლრაციის საშუალებით მინიმუმამდეა დაყვანილი სითბოს დანაკარგები. შენობა აღწერვილია მზის პანელებით და კოლექტორებით.

11.2.. ენერგოეფექტური მშენებლობები. შენობებში ენერგიის ხარჯვის აღრიცხვის ხელსაწყოები და ენერგო სისტემების მართვა

ინტელექტუალური ანუ ჭკვიანი (**Smart House**) შენობის კონცეფციის სრულფასოვანი გამოყენება, დანახარჯების კომპლექსური ინტეგრაციისა და მისი თანამედროვე საშუალებებით მართვის პირობებში შენობის ექსპლუატაციისას იძლევა 10–15% ენერგიის დამოგვის შესაძლებლობას. აღნიშნულ პირობებში გამოს, წყლის, სითბოს მოხმარება მცირდება 30%-ით, შესაბამისად მცირდება გარემოში წვის პროდუქტების ემისია. მცირდება შენობებთან მიყვანილი კომუნიკაციების გამტარუნარიანობა, მცირდება მათ ჯამური მოწყობისა და ექსპლუატაციის ხარჯი, ეს კი იძლევა უფრო იაფად კომუნიკაციების მოწყობისა და მათი მართვის შესაძლებლობას. ენერგო მატარებლებზე დაბალი ტარიფის დროსაც კი ვენტილიაციის და კონდეცირების თანამედროვე რეკუპერატორებით აღჭურვილი მართვადი სისტემები იძლევა ფინანსების მნიშვნელოვანად დამოგვის საშუალებას. ამასთან არსებითია რომ ენერგოეფექტური ხელსაწყოების შეძენასა და მონტაჟი

გაწეული ხარჯები, ენერგიის მოხმარებაზე გაწეული ხარჯების დამტკიცით მოკლე დროში წელიწად ნახევარში ანაზღაურდება.

სამშენებლო პროდუქტის მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში „ინფელქტუალური შენობის“ მართვასა და ექსპლუატაციაშე გაწეული ხარჯები გაცილებით ნაკლებია მის ტრადიციულ წესით შენახვაზე გაწეულ დანახარჯებთან შედარებით. გარდა ფინანსური სარგებელისა „ინფელქტუალურ შენობების“ სექტორის განვითარების მიზნით ინვისტირებას სხვა მოტივაციებიც გააჩნია. შენობის მართვის ეს ხერხი შენობას და მისი ყველა სისტემას ხდის უფრო საიმედოს და ხანგამძლეს. მართვის სიტემის უნიფიცირება და თანამედროვე მეთოდებით მისი ოპერირება იძლევა ხარჯის ოპტიმიზაციის ყოველწლიურ უზრუნველყოფის საშუალებას და მის ეფექტურად და მოხერხებულად, სახლიდან შორი მანძილიდან შესაბამისი აპლიკაციით მართვის შესაძლებლობას. მართვის აღნიშნული მეთოდი სრულიად გამორიცხავს სისტემის შემადგენელ ნაწილებს შორის კონფლიქტს და არ ტოვებს სივრცეს რისკების, მოულოდნელი, შენობისა და მისი ინფრასტრუქტურისათვის უხერხელობის სიტუაციების განვითარებისათვის. ინფელქტუალური ანუ გონიერი სახლები ამერიკში, ევროპასა და აზიის მთელ რიგ ქვეყნებში მომხმარებლიდან ჩვეულებრივ მოთხოვნად და სამშენებლო ინდუსტრიის სერიოზულ მიმართულებად ჩამოყალიბდა. ამ ტიპის შენობების მთავარი უპირატესობა, მისი მოხერხებული მართვაა, რომელიც სრულადაა ჰარმონიზირებული მეორე, მაგრამ შენობების გადამწყვეტ უპირატესობასთან, ამ ტიპის შენობის არსებით და იოლად შესამჩნევ, რესურს დამზოგ შესაძლებლობასთან. აღნიშნული მიმართულების მშენებლობაში გამოყენებული „ჭკვიანი“ ტექნოლოგიები გამოიყენება ოფისების, სავაჭრო ცენტრების, სპორტული მოედნების, თუ საცხოვრებელი სახლების მოწყობისას. ნებისმიერ შემთხვევაში შენობის მაღალ ტექნოლოგიურ სისტემებით აღჭურვის შემთხვევაში, სათანადო მიზნის მიღწევის მიზნით მთავარი მიმართულებაა სამი მახასიათებლით განისაზღვრება;

უსაფრთხოების დონე,

ცხოვრების კომფორტულობა და მართვის მოხერხებულობა, რესურსების ეკონომია,

სახლების ჭკვიანი, გონიერი, ინტელექტუალური არსებითი მახასიათებელი და რესურსების ეკონომია თანამედროვე მოწყობილობების ციფრული ტექნოლოგიებითა და შესაბამისი აპლიკაციების მეშვეობით მიღლწევა. ამ ტექნოლოგიების საშუალებით ხდება დატვირთვების რეალური მოთხოვნილების შესაბამისად გადანაწილება, კონტროლი და ყველა მოსალოდნელი რისკის ნულოვან მაჩვენებელზე დაყვანა. მნიშვნელოვნად იმდება მოწყობილობების სამუშაო პერიოდი, მწყობრიდან გამოსული ხელსაწყო სისტემიდან პროგრამულად ითიშება და ხდება სისტემის დროებით რეჟიმზე მდორედ გადაყვანა.

უსაფრთხოება

ჭკვიანი სახლის ელიტარული სამშენებლო პროდუქტია, უსაფრთხოება მათი გადამწყვეტი ფუნქციაა. ასეთი შენობები აბსოლიტურად დაცულია ხანაძირისა და დაუგეგმავი შეღწევისაგან, გონიერი საინჟინრო სისტემები უზრუნველყოფენ შენობის ყველა მოწყობილობის ავარიულ რეჟიმის გარეშე, რისკების არ არსებობის პირობებში მართვას.

კომფორტი

მართვის ერთიანი ციფრული პულტი უზრუნველყოფს სიტემის ყველა შემადგენელი ნაწილის როგორც სახლიდა, ასევე მისგან შორი მანძილიდან მართვას, ენერგო რესურსებთან იძლევა დროის ეკონომის საშუალებას. მისი მეშვეობით ავტომატურად წარმოებს შენობაში ტემპერატურის რეგულირება, ყველა ხელსაწყოს, სარეცხი მანქანის, ტელევიზორის, სამზარეულოს ხელსაწყოების ჩართვა გამორთვა, კარებების, ფანჯრების ღია და დახურულ რეჟიმში გადაყვანა.



სურ.11.3. ჭკვიანი სახლის კონცეფცია

ასეთი შენობების ღირებულება 20–40% ით მეტია იგივე ფართის მქონე შენობებთან შედარებით. ამერიკაში, ქალაქ რედმონდში ბილ გეიტსის ვილა დღესდღეობით ჭკვიანი სახლის ყველაზე გამორჩეული მაგალითია. ის მაღალი ტექნოლოგიის ყველა მიღწევითაა აღჭურვილი და იძლევა წარმოუდგენელი კომფორტით და საიმედოობით ცხოვრების საშუალებას. სახლი უყურადღებოდ არ ტოვებს მისი მცხოვრებისა თუ სტუმრის გადაადგილებას, აფიქსირებს მათ ყველა სურვილსა, რეაგირებს მათზე და იმავდონულად ახდენს სათანადო შეთავაზებას. ჭკვიანი სახლები არაა მხოლოდ ფინანსურად წარმატებული ადამიანების პრეროგატივა, გერმანიაში აგებენ მოხუცებზე და შეზღუდული შესაძლებლობის ადამიანებზე ადაპტირებულ ჭკვიან სახლებს, ასეთ სახლებში ყველა ხელსაწყო იმართება მობილური ტელეფონით რითაც შესაძლებელია შენობის სისტემის მართვა გარედან სათანადო შესაძლებლობის ადამიანების მიერ. ასეთი სახლების მშენებლობაზე გერმანიაში 2008 წელს მიღიარდი ევრო გამოიყო. ამ წესით არ ხდება მხოლოდ საცხოვრებელი სახლების მშენებლობა. მაგალითისათვის აეროპორტი „მიუნხენი –2“ ავებული იქნა ჭკვიანი და ავტომატიზირებული რეჟიმში მუშაობის პირობების გათვალისწინებით, ამავე სისტემით მუშაობს საფრანგეთის ნაციონალური ბიბლიოთეკა.

12. შენობა ნაგებობების ენერგო სერტიფიცირება

12.1. შენობების ენერგოუფექტუროს

შეფასების შესაძლებლებები

ენერგო ეფექტურობის უზრუნველყოფის მიზნით აუცილებელია არსებული ექსპლუატაციაში მყოფი შენობა ნაგებობების ენერგო მოხმარებისა და ენერგო დანაკარგების მაჩვენებლების მიხედვით შეფასება, რაც შემდგომ შენობის ენერგოუფექტურ რეჟიმში გადაყვანისათვის ღონისძიებების დაგეგმვისა და მათი გატარების უზრუნველსაყოფად კონკრეტული ამოცანების დასახვის შესაძლებლობას იძლევა. ამ პროცედურის გამარტივებისა და კომპლექსურად წარმართვის მიზნით ევროკავშირში, აშშ-ში, იაპონიაში და სხვაგან დანერგილია შენობების ენერგო სერტიფიცირების ერთიანი სისტემა, რომელიც ამ ქვეყნების

საკანონმდებლო ოგანოებს დონეზე დამტკიცებული მეთოდიკით მიმდინარე შენობებზე ენერგო მოხმარებისა და დანაკარგების წყაროების აღმოჩენის მიზნით ინფორმაციის შეგროვების, მათი ანალიზის საფუძველზე შენობის ენერგო ეფექტურობის ამაღლების და ამ მონაცემთა ბაზაზე მათი ენერგო სერტიფიცირების უზრუნველყოფის საშუალებაა. შენობის ენერგო სერტიფიკაცი—შესაბამისი სახელმწიფო ორგანოების მეშვეობით შექმნილი დოკუმენტია, რომლის მეშვეობითაც დამტკიცებულ სტანდარტებთან შესაბამისობის ხარისხის დადგენით ხდება არსებულის შენობების ენერგოფექტურობის შეფასება. სერტიფიცირების პროცესი და მისი შევსება წარმოებს ამისათვის სპეციალურად მომზადებული სპეციალისტის მიერ. შენობობის ენერგოფექტურობის შეფასებისას წარმოებს —შენონის გათბობაზე, გაგრილებაზე, განათებაზე, საყოფაცხოვრებო მოწყობილობების ექსპლუატაციისას დახარჯული ენერგიის მოცულობების განსაზღვრა. ევროპის ქვეყნებში ჯერ კიდე 1970 წლიდან დაიწყო მშენებლობის პროცესის და შენობის ექსპლუატაციის ენერგოფექტურობაზე აქცენტის გადატანა და თბური ენერგიის დანაკარგების შესწავლა და ამ დანაკარგების შემცირების ხერხების შემუშავება. ევროკავშირში შენობების ენერგო სერტიფიცირება 2002 წელს იქნა შემოღებული. მისი მოქმედების წესი ევროკავშირის 2002/91/EC (on energy performance of buildings) EPBD დირექტივით იქნა განსაზღვრული. აღნიშნული პროცედურით მსგავსად საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებისა, შენობები იღებენ ენერგო სერტიფიკაცს და ამით ისინი განეკუთვნებიან შენობის ენერგოფექტურობის რომელიმე კლასს. სერტიფიცირებას ექვემდებარება, საცხოვრებელი სახლები, საჯარო დაწესებულებისათვის განკუთვნილი შენობები, სპორტული დარბაზები და საწარმოო ფართები. EPBD დირექტივა მოთხოვნებს უყენებს:

შენობის ენერგორესურსების კომპლექსურად გამოყენების
გაანგარიშების საერთო სქემას.

ახალი შენობების აგებისას ენერგო ეფექტურობაზე მოთხოვნის
მინიმალურ პირობებს.

ძველი შენობების ენერგოფექტურობის მიზნით რეკონსტრუქციისას

მოთხოვნებზე წარმოდგენებს.

აწესებს შენობის ენერგო სერტიფიცირების წესს. EPBD დირექტივის მიღებამ საუფდველი დაუდო ევროკავშირის ყველა წევრ ქვეყანაში 2009 წლიდან შენობების ენერგო სერტიფიცირების სავალდებულო დანერგვას, დანია იყო პირველი ქვეყანა სადაც დაინერგა ენერგო სერტიფიცირება, ქვეყანა რომელმაც საკანონმდებლო დონეზე ენერგოეფექტურობაზე ბრუნვა ჯერ კიდე 1997 წლიდან დაიწყო.

2010 წელს 2002/91/EC დირექტივაში შეტანილი იქნა ცვლილებები, მიღებული ცვლილებების მიხედვით 2024 წელს ევროკავშირში 20 % უნდა შემცირდეს სასათბურე გაზების გარემოში ემისია და 20% –ით შემცირდეს მოხმაებული ენერგიის მოცულობა. ამ ცვლილებების მიხედვით შემუშავებული და დამტკიცებული იქნა შენობების სერტიფიცირების უნივერსალური მეთოდიკა. დირექტივა აწესებს ენერგოეფექტურობის სტანდარტს და მისი უზრუნველყოფის წესს, თუკი ევროკავშირის წევრი სახელმწიფოს საშუალო ენერგოეფექტურობის მაჩვენებელი 15%–ზე მეტია, ამ სახელმწიფოს მიერ ევროპარლამენტი წარდგენილი უნდა იქნას ამ ჩამორჩენის დამასაბუთებელი მიზეზები.

ენერგო სერტიფიცირების პროცესის ეფექტურად რეალიზების მიზნით ევროკავშირში შემუშავებული იქნა სტანდარტების ჯგუფი:

EN 15217 ადგენს შენობის როგორც ენერგო მომხმარებლის შეფასების წესი.

EN 15603 იძლევა რეგიონის მიხედვით შენობის ენერგო მოხმარების ეფექტურობის შეფასების წესი.

EN 15316–21 სტანდარტით განმარტებულია გათბობის სისტემების შეფასების მეთოდიკა.

EN 15217 15232 ენერგოეფექტურობის კლასის მიხედვით, შენობის საინჟინრო სისტემების შეფასების მეთოდიკა.

EN 12831 ადგენს ცხელი წლით შენობის მომარაგების ენერგო დანახარჯების წესი.

სტანდარტები EN 13829, EN 14501, EN 13779 უზრუნველყოფს შენობის რეალური ენერგო ეფექტურობის მაჩვენებლის ენერგეტიკული პასპორტიზაციის მოთხოვნებთან შედარების საშუალებას.

EN 7730 სტანდარტის შესაბამისად წარმოებს შენობის შიგნით მიკროკლიმატის ნორმირებული მაჩვენებლების დადგენა, მათ შორის წარმოებს სითბური მაჩვენებლების კომფორტული დონის შეფასება.

ISO 13790 ადგენს შენობის გათბობისა და გაგრილებისათვის საკმარის ენერგიის დადგენის პირობებს.

ამ სტანდარტების მოთხოვნების შესრულება სავალდებულოა ევროკავშირის ყველა წევრი ქვეყნისათვის. მოთხოვნების დაცვა იწყება საპროექტო სამუშაოების შესრულების სტადიაზე. ავსტრიაში, გერმანიაში, ბელგიაში, საბერძნეთში, ესპანეთში შენობების ენერგო ეფექტურობის დასადგენად სამუშაოების წარმოების უფლება აქვთ მხოლოდ ლიცენზირებულ ექსპერტებს.

დანიაში, ირლანდიაში, პორტუგალიაში და შვეციაში ენერგო ეფექტურობის წლიური ანგარიში წარმოდგენილია საბოლოო ფორმით წარმოდგენილი ენერგიის წლიური მოხმარებული მოცულობით. გერმანიაში, საბერძნეთში, საფრანგეთსა და პოლანდიაში წლიური ანგარიში წარმოდგენილია პირველადი ფორმით წარმოდგენილი ენერგიის წლიური მოხმარებული მოცულობით. ესპანეთსა და ფინეთში ენერგოეფექტურობის ანგარიშის ძირითად შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს შენობის კონსტრუქციის გარე კედლების სითბოს გადაცემის უნარის შეფასება. ნორვეგიაში კი იგივე ანგარიში წარმოდგენილია შენობის კონსტრუქციის გარე კედლების სითბოს გადაცემის უნარის შეფასებით და მოხმარებული ენერგიის მოცულობის დადგნით.

მოხმარებული ენერგიის მოცულობის მიხედვთ შენობები იყოფიან ჯგუფებად:

ენერგოეფექტური შენობები (*energyefficiencybuilding*) შენობები რომლებთა ენერგოეფექტურობა თანამედროვე ინოვაციური ტექნოლოგიების ინტენსიური გამოყენებით, ტექნიკურად მიღწევადია და ეკონომიურად დასაბუთებულია. იმის გათვალისწინებით რომ მაქსიმალურადაა განსაზღვრული გარემოს დაცვითი და სოცილაურ მოთხოვნები და ამასთან იცვლება ადამიანის ცხოვრების წესი.

შენობები ენერგიის დაბალი მოხმარებით (*lowenergybuilding*)

თანამედროვე სამშენებლო მასალებით აგებული შენობები რომლის გათბობაზე მოხმარებული ხვედრითი ენერგია შეადგენს 50–90 კვტ/სთ/მ².

შენობები ენერგიის ნელოვანი მოხმარებით (*passivebuilding*) რომლებშიც არ მოიხმარება ან მინიმუმადეა დაყვანილი ენერგიის ფრადიციული წყაროებით წარმოებული ენერგია და ის ჩანაცვლებულია აღდგენითი ენერგიის წყაროებით მიღებული ენერგიით.

ჯანმრთელი შენობები (*healthbuilding*) – რომლის აგებისას გამოიყენება ეკოლოგიურად სუფთა მასალები და პრიორიტეტი ენიჭება კომფორტული გარემოს შექმნისა და გარემოს დაცვის მოთხოვნების გათვალისწინებით მიღებულ ტექნიკურ გადაწყვეტილებას.

ჭკვიანი სახლები (*smartbuilding*) – შენობები რომლებიც მაცხოვრებლების მაქსიმალური კომფორტის შექმნის მიზნით მარალი ტექნოლოგიების გამოყენებით იმართება ავტომატიზირებულ რეჟიმში.

ინტელექტუალური სახლები (*intelligentbuilding*) – შენობები რომელთა სითბოთი მომარაგებისას თბური ნაკადების მართვა შენობის შიგნით და კედლებში მიმდინარეობს ოპტიმიზერებულ რეჟიმში და სიტემის მართვა წარმოებს კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებით.

შენობები მაღალი ტექნოლოგიებით (*hight-tecbuilding*) რომლებშიც ენერგიის ეკონომია, მიკროკლიმატის ხარისხი, ეკოლოგიური დონე მიღწევა ნოუ-ჰაუზე დაფუძნებული ტექნიკურ გადაწყვეტილებების რეალიზაციით.

ეკოლოგირად ნეიტრალური შენობები (*carbonneitralbuilding*) – რომელთა მიერ მოხმარებული ენერგიის რაოდენობა და ხარისხი არ იწვევს გარემოს მნიშვნელოვან დაზიანებას.

მდგრადი პოტენციალის მქონე შენობები (*sustainablebuilding*) – შენობები რომლებიც გარემოსა და ადამიანთან ურთიერთობისას იმყოფება ეკოლოგიურ წონასწორობის რეჟიმში.

EN 15217 დირექტივის მიხედვით დგება შენობების მიერ ენერგიის მოხმარების ეფექტურობის შეალა, რომელიც ეყრდნობა შენობის მიერ რეალურად მოხმარებულ საშუალო სტატისტიკურ R_{sas} და აღნიშნული

ფიპის შენობის მიერ მოხმარებულ ნორმატიულ R_{Nnor} მაჩვენებლებს.

EN 15217 დირექტივის მიხედვით სერტიფიცირების მიზნით შენობის ენერგოეფექტურობის კლასის დადგენა, შესაბამისი მახასიათებლები წარმოდგებილია ცხრილი 12.1.

ცხრილი 12.1.

შენებოს ენერგოეფექტურობის კლასის მახასიათებლები

A – კლასი	$EP \leq 0,5 R_{saS}$
B – კლასი	$0,5 R_{saS} \leq EP \leq R_{saS}$
C – კლასი	$R_{saS} \leq EP \leq 0,5(R_{saS} + R_{Nnor})$
D – კლასი	$0,5(R_{saS} + R_{Nnor}) \leq EP \leq R_{Nnor}$
E – კლასი	$R_{Nnor} \leq EP \leq 1,25 R_{Nnor}$
F – კლასი	$1,25 R_{Nnor} \leq EP \leq 1,5 R_{Nnor}$
G – კლასი	$1,5 R_{Nnor} \leq EP$

12.2. შენობების ენერგო პასპორტის მიმართ წაყენებული მოთხოვნები

EN 15603 დირექტივის მიხედვით განასხვავებენ შენობების შეფასების ორგვარი მიდგომას:

პირველი – გათბობის, ვენტილირების, განათებისათვის და ა.შ. საჭირო ენერგიის კომპიუტერული მოდელირება და ანგარიში, ე.წ. საანგარიშო მეთოდი (calculated approach)

მეორე – მრიცხველების მიერ აღრიცხული დანახარჯებით მოხმარებული ენერგიის ანგარიში. ე.წ. ინსტრუმენტალური ანგარიშის მეთოდი.

საანგარიშო მეთოდი ანუ რეიტინგი იყოფა ჯგუფებად; სტანდარტული

(standardaiting) და მორგებული (tailoreddraiting). მსოფლიო პრაქტიკაში ინსტრუმენტალური ანგარიშის მეთოდი გამოიყენება საბოგადოებრივი და კომერციული შენობების შეფასებისას, ხოლო ახალი ნაგებობებისა და საცხოვრებელი სახლების შეფასებისას გამოიყენება შეფასების საანგარიშო მეთოდი. შენობების სერტიფირებისას შეფასების მიმართ აღნიშნული მიღებობა განპირობებულია, საანგარიშო მეთოდის გამოყენებისას არსებულ მნიშვნელოვან დანახარჯებთან.

ინსტრუმენტალური მეთოდი (დირექტივა EN 15603)

ადგილობრივ დონეზე წარმოებს პირველადი ენერგიის მოხმარებისა და გარემოში ^{co}, გატყორცნის ანგარიშის მიზნით ყველა ფაქტორისა და კოეფიციენტის განსაზღვრა.

შენობების მიერ მოხმარებული ენერგის ანგარიშისას გათვალისწინებული უნდა იქნას გათბობაზე, გაგრილებაზე, განათებაზე, საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების ფუნქციონირებაზე გაწეული და სხვა ენერგო დანახარჯები.

ამასთან წამოებს შენობასთან მიყვანილი და მის მიერ მოხმარებული ენერგო მატარებლების გაზის, ნავთობის, ელ.ენერგიის, ცენტრალური გათბობის, მყარი საწვავის (ხე, ნახშირი, ტორფი) მოცულობების ანგარიში.

საანგარიშო მეთოდი

შენობის ენერგეტიკული რეიტინგის შეფასების საანგარიშო მეთოდისას იანგარიშება შენობის ექსპლუატაციისას გათბობაზე, გაგრილებაზე, ვენტილაციაზე, განათებაზე და ცხელი წლის გამომუშავებაზე დახარჯული ენერგიის რაოდენობა და ამ დროს არ ხდება სხვა ენერგო დანახარჯების ანგარიში თუ ასეთი არაა გათვალისწინებული ეროვნულ დონეზე.

საანგარიშო მეთოდის გამოყენებისას წარმოებს ყოველდღიურად მოხმარებული ენერგიის, პირველადი ენერგიისა და გარემოში გატყორცნილი ^{co} მოცულობების ანგარიში.

აღნიშნული მეთოდის გამოყენებისას, შენობის მიერ მოხმარებული

ენერგიის მოცულობების დადგენას, საფუძვლად უდევს EN ISO13790 სტანდარტის მოთხოვნები. შენობის მიერ მოხმარებული ენერგიისი წლიური მოხმარება იანგარიშება EN ISO13790, EN 15316-3-1, EN 15241, EN 15241 სტანდარტისა და დირექტივების მოთხოვნების მიხედვით.

სერტიფიცირება წარმოებს:

შენობის პროექტირებისა და მშენებლობის ეტაპზე.

შენობის ექსპლოატაციაში გადაცემისას.

გაყიდვის წინ.

ენერგორენოვაციის (ენერგოეფექტური კლასის ამაღლების მიზნით რეკონსტრუქციის) პროცესის დაწყების წინ.

სერტიფიცირების პროცედურები უზრუნველყოფს, შენობების ენერგო ეფექტურობის მოთხოვნებთან შესაბამისობაში მოყვანის მუდმივი პროცესის სათანადო შედეგებით უზრუნველყოფით მიმდინარეობას.

ამასთან არსებობს შენობები რომლებიც ენერგოსერტიფიცირებას არ ექვემდებარებიან, ასეთებია:

ცალკე მდგარი. 50 m^2 – მდე სასარგებლო ფართის მქონე შენობები.

საკულტო და რელიგიური საქმიანობისთვის განკუთვნილი ნაგებობები.

კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლები თუკი რომელთა ენერგოეფექტურობის ამაღლება მოითხოვს მათი გარეგნული მხარის ცვლილებას.

სეზონურად გამოყენებული სადაჩე შენობები.

დროებითი, 2 წელის ან ნაკლები ვადით ექსპლუატაციაზე გათვლილი შენობები. პოლონეთის მაგალითზე საცხოვრებელი სახლების ენერგო დამზოგი მიმართულებით სანაცია, 1985 წლის სახლებისათვის შენობის გათბობაზე და ცხელი წლისთვის მოხმარებული ენერგიის საშუალო მაჩვენებელი $240-380 \text{ კვტ.სთ/მ}^2$ წელ-ში შეადგენს. 1986-92 წლებს შორის აშენებული სახლებისათვის ეს მაჩვენებელი $160-200 \text{ კვტ.სთ/მ}^2$ ის ტოლია წელ-ში. 1993 წლის შემდეგ აგებული სახლებისათვის ის $120-160 \text{ კვტ.სთ/მ}^2$ გერმანიაში იგივე მაჩვენებელი $50-100 \text{ კვტ.სთ/მ}^2$ – ია. სკანდინავიაში კი $30-60$. შენობების სერტიფიცირებისას

ენერგეტიკული სერტიფიკატი შეიცავს ან თან უნდა ახლდეს: აღმინისტრაციული მონაცემები, ტექნიკური მონაცემები, შენობის ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესების მიზნით, სხვადასხვა ხასიათის რეკომედაციები. მომხმარებლის მიერ შედარების შესაძლებლობის მიზნით სერტიფიკატი შეიცავს ენერგო დანახარჯის ნორმატიულ და ფაქტიური დანახარჯების ეფალონურ მაჩვენებლებს. აქვე უნდა იყოს წარმოდგენილი ფაქტიური დანახარჯების შემცირების მიღწევის მიზნით საჭირო რეკომენდაციები. სერტიფიკატზე აუცილებლად უნდა იქნას დაფანილი შენობის ენერგოეფექტურობის კატეგორიის აღმნიშვნელი მარკირება. ამ დროს შეიძლება გამოყენებული იქნას შედარებითი ან კლასიფიცირების მიხედვით მარკირება. (მაგალითად energystar). A-დან G-მდე კლასამდე შედარებითი მარკირება გამოიყენება ევროკავშირის წევრ ქვეყნებში, რუსეთში, უკრაინაში. მაგლითისათვის შენობის სერტიფირებისას პასპორტში C მარკირება, მიუთითებს შენობის გარკვეულ კლასზე მიკუთვნებას და მის ენერგო ეფექტურობის გაზრდის შესაძლებლობას. კლასიფიცირების მიხედვით მარკირება იძლევა ანალოგიური შენობების შეფასებისა და მათი ენერგოეფექტურობის დონის შედარების საშუალებას, კლასიფიცირების მეთოდი ეყრდნობა რეალური მაჩვენებლებით ათვლილ პარამეტრებს. ამასთან მნიშვნელოვანია რომ ამ დროს შეფასების შკალა უნდა იყოს საკმაოდ დეტალური, ზუსტად უნდა აღწერდეს მიმდინარე ენერგო დანახარჯებს, რათა შესაძლებელი გახდეს მათი შემცირების მიზნით პროცესების სრულფასოვანი ანალიზი და შესაბამისი რეკომენდაციების შემუშავება.

12.3. სერტიფიცირების მიზნით ენერგო აუდიტის ჩატარების წესი

ენერგოაუდიტი შენობის ენერგეტიკული შესწავლის პროცედურების ერთობლიობაა, რომელიც გულისხმობს შენობის მიერ მოხმარებული

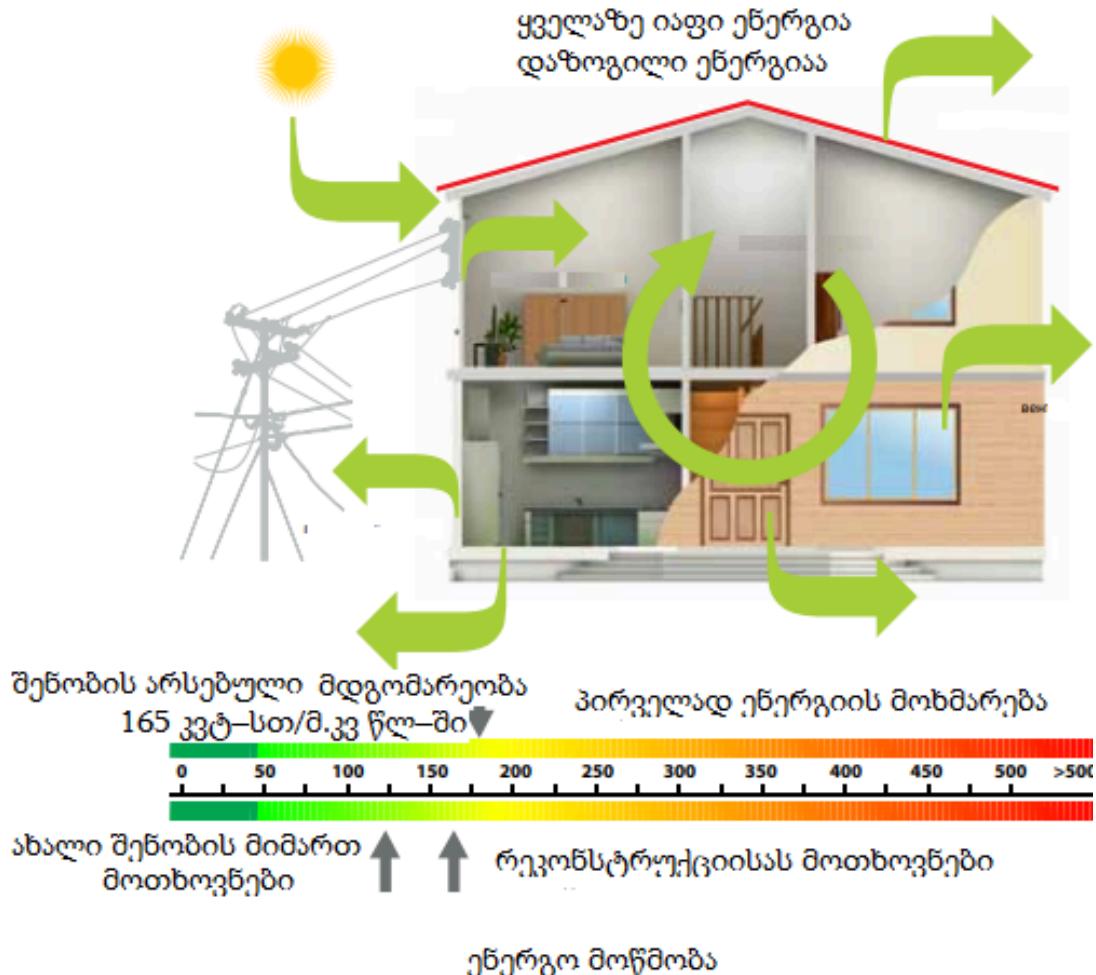
ენერგიის შესახებ დეტალურ ინფორმაციას, ფექნიკურ ინფორმაციას მათი შემდგომი ანალიზის შესაძლებლობის მიზნით. ის ადგენს მოხმარებული ენერგიის ბალანსს, ენერგიის მომხმარებლის სახეობის მიხედვით მოხმარების ღონეს, დანაკარგების აბსოლიტურ მნიშვნელობასა და მის ხვედრით წილს საერთო მოხმარების მოცულობაში. ენერგოეფექტურობის გაზრდის მიზნით ღონისძიებების ერთობლიობა, რეკომენდაციები, ენერგო აუდიტის დასკვნითი დოკუმენტის მთავარი ნაწილია. ენერგო აუდიტი ევროკავშირში დიდ ხანია დანერგილია და აქტიურად გამოიყენება შენობების კლასიფიცირების და მათი ენერგო ეფექტურობის შესაძლებლობის გაუმჯობესების მიზნით. 93/76/EC დირექტივა განსაზღვრა ენერგოაუდიტის ჩატარების წესი, ენერგოდანახარჯების შემცირების პირობები და მოსალოდნელი შედეგები. ენერგო აუდიტი რთული და რამდენიმე ეტაპისაგან შემდგარი პროცესია, სამუშაოების დაწყების წინ ისაზღვრება მიმდინარე პროცედურობის თანმიმდევრობა, მათი მოცულობა და მუშაობის რეჟიმი. სამუშაოები იწყება ენერგიის ხარჯვის დასადგენად, ასაზომი მოსწყობილობებს დაყენებით და მათი ფესტირებით. მიღებული შედეგების ანალიზი და მათი ინტერპრეტირება სამუშაოების დასკვნითი ეტაპია, რომელიც სრულდება შენობის არსებული ენერგო ეფექტური მდგომარეობის შესახებ ანგარიშით. არსებობს ენერგო აუდიტის ჩატარების ორი წესი,

პირველი- რომელის დროსაც ანალიზი ეყრდნობა კონკრეტული ანათვლებით მიღებულ მონაცემებს და კეთდება დასკვნა საანგარიშო პერიოდს მანძილზე მოხმარებული ენერგიის შესახებ.

მეორე -რომელიც გულისხმობს შენობის ენერგო დანახარჯების დეტალურ ანალიზს, მათ შორის გარემი კლიმატური პირობების შესახებ ინფორმაციის მოგროვებით და მის შენობის ენერგოეფექტურობაზე ზემოქმედების შეფასებით.

ევროპის ქვეყნებში შენობის სერტიფიცირების მიღების მიზნით აუცილებელია ენერგო აუდიტის ჩატარება 2008 წლიდან ევროპაში შენობის გაყიდვისას ან მისი არენდით მიღების ან გაცემის დროს აუცილებელია შენობას გააჩნდეს უახლოეს პერიოდში გაცემული

ენერგოსერტიფიკატი.



სურ.12.1. შენობის ენერგო მახასიათებლის განსაზღვრის მაგალითი

12.4. ევროპული ქვეყნების შენობების ენერგო სერტიფიცირების მაგალითები

ავსტრიაში მოქმედებს რეგლამენტი რომელიც არეგულირებს, შენობის ენერგო სერტიფიცირების შემუშავების და გაცემის წესს:
QNOMR H 5055 შენობის ენერგო პასპორტი,

QNOMR B 8110-6 შენობის გათბობასა და გაგრილებაზე ენერგიის
დანახარჯების ანგარიში

QNOMR H 50 57 საცხოვრებელ და არასაცხოვრებელ ფართში
პარას გასათბობად საჭირო ენერგიის ანგარიში. ამ დოკუმენტებით
დადგენილი მარეგულირებელი მოთხოვნების მიხედვით ენერგო
პასპორტში უნდა იყოს ჩანაწერები შემდეგი მონაცემების შესახებ;
გათბობისათვის საჭირო ენერგიის დანახარჯები,
გათბობის სისტემის ექსპლუატაციისთვის საჭირო დანახარჯები.
შენობის ექსპლუატაციისას გაწეული სხვა ენერგო დანახარჯები.
შენობის ენერგოუფექტურობის გაუმჯობესებისათვის საჭირო
რეკომენდაციები.

მოქმედი რეგულაციების მიხედვით არასაცხოვრებელი ფართის
შემთხვევაში შეკრებილი უნდა იქნას დამატებითი ინფორმაცია, კერძოთ;
შენობის გაგრილებისათვის საჭირო ენერგიის მოცულობა.

შენობის ვენტილირება, გაგრილება განათება და სხვა ენერგო
დანახარჯები, ავსტრიის შესაბამისი მარეგულირებელი
დოკუმენტების მიხედვით განასხვავებუნ შემდეგი ტიპის
არასაცხოვრებელი შენობებს:

ოფისები,

ბაღები და დაწყებითი სკოლები,

ბოგად საგანმანათლებლო სკოლები და უმაღლესი სასწავლებლები,

საავადმყოფოები, მოხუცთა და ინვალიდთა სახლები,

სასტუმროები,

საზოგადოებრივი კვების ობიექტები და დასასვენებელი სახლები,

სპორტული ნაგებობები,

სავაჭრო დაწესებულებები,

სხვა დიდი სივრცეები, აეროპორტები, ქარხნები.

ავსტრიაში მიღებული სტანდარტით ენერგოუფექტურობის მიხედვით
ყველა შენობა ნაგებობა იყოფა ხუთ კატეგორიად (ცხრილი 12.2).

ცხრილი 12.2.

შენობის ენერგოუფექტურობის მახასიათებლის
მიხედვით კატეგორიები

ენერგოფექტურობის კლასი	ენერგო მოხმარება კვტ.მ ² /წლ	შენიშვნა
A++	<10-15	პასიური სახლის სტანდარტი
A+		
A	<25	სახლი ულფრა მცირე ენერგო მოხმარებით
B	<50	სახლი მცირე ენერგო მოხმარებით
C	<100	სახლი რომელიც შეესაბამება სამშენებლო ნორმებს.
D	150>	ძველი სახლები, არ ექვემდებარებიან სანაციას
E		
F		
G		

ცხრილში 12.3-ში მოცემულია ენერგოფექტურობის უზრუნველყოფის მიზნით მიღებული მნიშვნელოვანი საკანონმდლო რეგულაციები

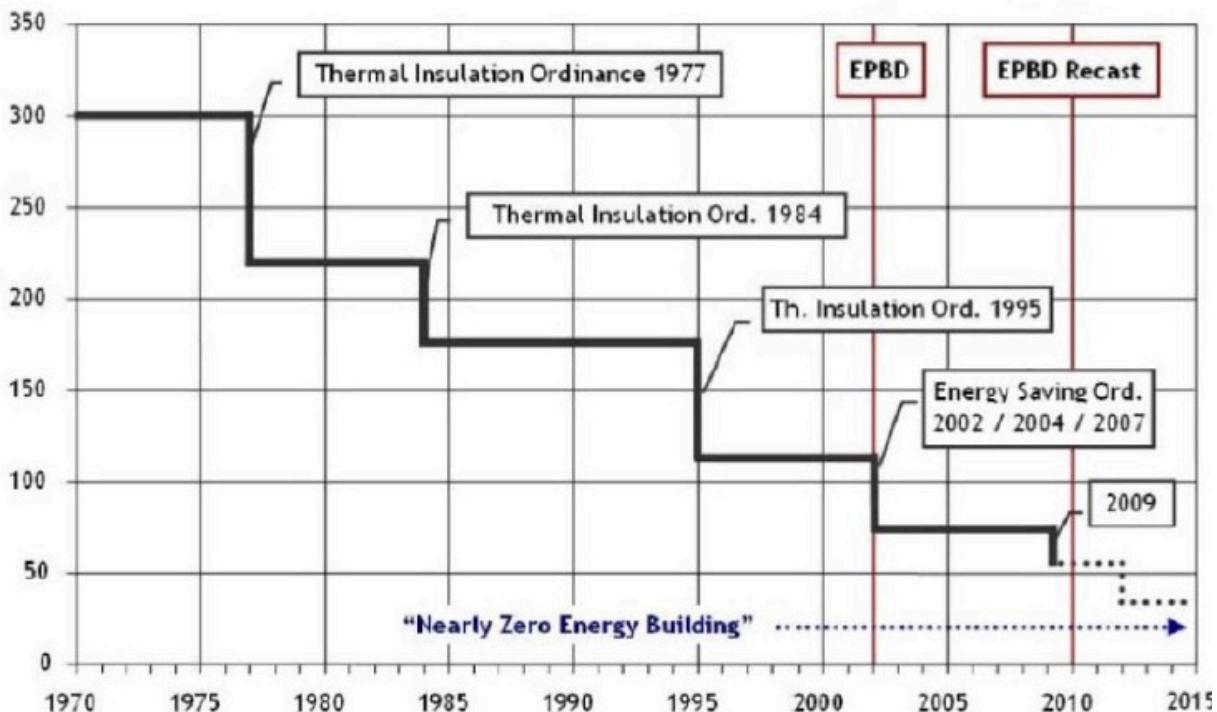
ცხრილი 12.3.

ენერგოფექტურობის უზრუნველყოფის საკანონმდებლო რეგულაციები

thermal insulation Ordinance 1977	დადგენილება თბური იმოლირების შესახებ 1977
thermal insulation Ordinance 1984	დადგენილება თბური იმოლირების შესახებ 1984
thermal insulation Ordinance 1995	დადგენილება თბური იმოლირების შესახებ 1995
Energy Saving Ord 2002/2004/2007	დადგენილება ენერგიის დამოგვის შესახებ 2002/2004/2007
Nearly zero Energy Building	სახლები ენერგიის ნულოვანი მოხმარებით
EPBD	EPBD დირექტივა

<p>Energy certificate of residential building</p> <p>gemiID: OIB-nr H-5066 und Richtlinie 2002/91/EG</p> <p>OIB Gemeinsame Institut für Bauwesen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">BUILDING DATES</td> <td style="width: 33%;">CLIMATE DATES</td> <td style="width: 33%;">Building</td> </tr> <tr> <td>Gross floor area</td> <td>Climate region</td> <td>Kind of building</td> </tr> <tr> <td>Heated gross volume</td> <td>Sea level</td> <td>Building-zone</td> </tr> <tr> <td>characteristic length (lc)</td> <td>Heating degree days</td> <td>Street</td> </tr> <tr> <td>Compactness (surface-volume ratio)</td> <td>Heating days</td> <td>Postcode/City</td> </tr> <tr> <td>mean U-value (Um)</td> <td>Norm outdoor temperature</td> <td>Owner</td> </tr> <tr> <td>LEK-value</td> <td>Mean indoor temperature</td> <td></td> </tr> </table> <p>HEATING- AND ENERGY DEMAND</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">HWB</th> <th>Reference climate</th> <th>Location climate</th> <th rowspan="2">Requirements</th> </tr> <tr> <th>2006</th> <th>specific</th> <th>zone</th> <th>specific</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WWB</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>WWB-RH</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HTEB-RH</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HTEB-WW</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HTEB</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HB</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>EES</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PEB</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO₂</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>SPECIFIC HEAT DEMAND based on 3400 HEATING-DEGREE-DAYS (REFERENCE CLIMATE)</p> <p>e.g.: HWB-ref = 142,36 kWh/m²a</p>	BUILDING DATES	CLIMATE DATES	Building	Gross floor area	Climate region	Kind of building	Heated gross volume	Sea level	Building-zone	characteristic length (lc)	Heating degree days	Street	Compactness (surface-volume ratio)	Heating days	Postcode/City	mean U-value (Um)	Norm outdoor temperature	Owner	LEK-value	Mean indoor temperature		HWB	Reference climate	Location climate	Requirements	2006	specific	zone	specific	WWB				WWB-RH				HTEB-RH				HTEB-WW				HTEB				HB				EES				PEB				CO ₂				<p>Energy certificate of residential building</p> <p>gemiID: OIB-nr H-5066 und Richtlinie 2002/91/EG</p> <p>OIB Gemeinsame Institut für Bauwesen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Building</td> <td style="width: 33%;">Year of construction</td> <td style="width: 33%;">Cadastral municipality</td> </tr> <tr> <td>Kind of building</td> <td>Year of construction</td> <td>Cadastral Number</td> </tr> <tr> <td>Building-zone</td> <td>Cadastral municipality</td> <td>Nr. of cadastral register</td> </tr> <tr> <td>Street</td> <td>Cadastral Number</td> <td>Plot number</td> </tr> <tr> <td>Postcode/City</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Owner</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>REMARKS</p> <p>Heating Demand (HWB): Vom Heizsystem in die Räume abgegebene Wärmemenge die benötigt wird, um während der Heizaison bei einer standardisierten Nutzung eine Temperatur von 20°C zu halten.</p> <p>Heating systemenergy demand (HTEB): Energimenge die bei der Wärmeerzeugung und -verteilung verloren geht.</p> <p>Endenergy Demand (EEB): Energimenge die durch Energiearten am Gebäude für Heizung und Warmwasserversorgung sowie nutzenwirksame Energiearten für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung angefordert werden muss.</p> <p>ISSUED</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Issuer</td> <td>Organisation</td> </tr> <tr> <td>Issue-Nr.</td> <td>Issuing date</td> </tr> <tr> <td>GWR-Nr.</td> <td>Valid date</td> </tr> <tr> <td>Case reference</td> <td>Signature</td> </tr> </table> <p><small>Die Energieberatungen dieses Energiezertifikates dienen ausschließlich der Information. Aufgrund berücksichtigter Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Inbeständige Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Sicherheit und der Lager beständigkeit ihrer Energieberatungen von den hier Angegebenen abweichen.</small></p> <p><small>Der Energieberater erfüllt die Vorgaben der Richtlinie 6 "Energieberatung und Wärmeschutz" des Gemeinsamen Instituts für Bauwesen in Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG über die Endenergiereferenzkosten in Gebäuden und des Energieberatungs-Vertrags-Gesetzes (EAVG).</small></p> <p>EA-01-2006-EW-a EA-WG 26.04.2007</p> <p>EA-01-2006-EW-a EA-WG 31.04.2007</p>	Building	Year of construction	Cadastral municipality	Kind of building	Year of construction	Cadastral Number	Building-zone	Cadastral municipality	Nr. of cadastral register	Street	Cadastral Number	Plot number	Postcode/City			Owner			Issuer	Organisation	Issue-Nr.	Issuing date	GWR-Nr.	Valid date	Case reference	Signature
BUILDING DATES	CLIMATE DATES	Building																																																																																										
Gross floor area	Climate region	Kind of building																																																																																										
Heated gross volume	Sea level	Building-zone																																																																																										
characteristic length (lc)	Heating degree days	Street																																																																																										
Compactness (surface-volume ratio)	Heating days	Postcode/City																																																																																										
mean U-value (Um)	Norm outdoor temperature	Owner																																																																																										
LEK-value	Mean indoor temperature																																																																																											
HWB	Reference climate	Location climate	Requirements																																																																																									
	2006	specific		zone	specific																																																																																							
WWB																																																																																												
WWB-RH																																																																																												
HTEB-RH																																																																																												
HTEB-WW																																																																																												
HTEB																																																																																												
HB																																																																																												
EES																																																																																												
PEB																																																																																												
CO ₂																																																																																												
Building	Year of construction	Cadastral municipality																																																																																										
Kind of building	Year of construction	Cadastral Number																																																																																										
Building-zone	Cadastral municipality	Nr. of cadastral register																																																																																										
Street	Cadastral Number	Plot number																																																																																										
Postcode/City																																																																																												
Owner																																																																																												
Issuer	Organisation																																																																																											
Issue-Nr.	Issuing date																																																																																											
GWR-Nr.	Valid date																																																																																											
Case reference	Signature																																																																																											

სურ.12.2.ავსტრიაში შენობის ენერგოსერტიფიკატის ნიმუში
გერმანია
გერმანიაში ენერგო სერტიფიცირების კანონმდებლობა სქემაზურად
შემდეგნაირადაა წარმოდგენილი



**სურ.12.3. გერმანიაში ენერგო სერტიფიცირების კანონმდებლობის
სქემათური წარმოდგენა**

გერმანიაში 2002 წლიდან ენერგო სერტიფიკატი სავალდებულოა ახალი და მოდერნიზებული სახლებისათვის, 2008 წლიდან ძველი სახლებისათვის სერტიფიკატი სავალდებულოა გაყიდვის ან იჯარით გაცემისას. გერმანიაში არსებობს ორი ტიპის ენერგოსერტიფიკატი:

სერტიფიკატი მომზადებულია ენერგო დანახარჯების წინასწარი მეთოდური გაანგარიშების შედეგად მიღებული ენერგო დანახარჯების შესახებ მონაცემებით.

სერტიფიკატი მომზადებულია ფაქტიურად გაწეული ენერგო დანახარჯების მიღებული მონაცემების მიხედვით, ინსტრუმენტალური მეთოდი. გერმანიაში შენობა ნაგეებობების ექსპლუატაციისას ყველანაირი საჭიროებისათვის მოხმარებული ენერგო დანახარჯების გაანგარიშების მეთოდიკა დადგენილია 2005 წელს დამტკიცებული DIN V 18599 სტანდარტით. წლებისმანძილზე ენერგო დანახარჯებისა და გარემოში სასათბურე გაზების ემისიის შემცირების ანალიზმა დაადასტურა ენერგო სერტიფიცირების გერმნული მოდელის უპირატესობები და ის

ნიმუშად იქნა აღებული ევროკავშირის ერთიანი დირექტივების შემუშავებისას. ენერგოეფეტურობის განსაზღვრის, მისი გაუმჯობებებისა და სერტიფიცირების გერმანული სისტემის უპირატესობები შემდგომში მდგომარეობს:

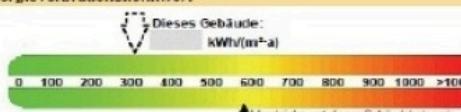
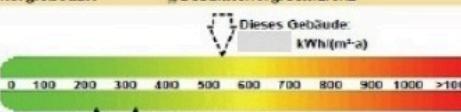
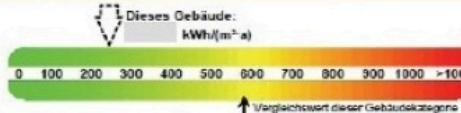
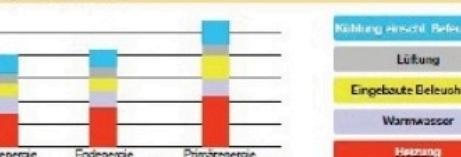
დაფინასების ხელმისაწვდომი წყაროები, KFW შეღავათიან სესხს იძლევა ენერგოეფეტური სტანდარტით ახალი სახლების მშენებლობის ან მათი რეკონსტრუქციისათვის.

ენერგოეფექტურობის შესახებ ყველა ინფორმაცია ხელმისაწვდომია და მოქმედებს მრავალი ბიურო რომელიც იძლება დეტალურ განმარტებებს ყველა კერძო შემთხვევის შესაბამისად.

თანამრომლობის უზრუნველყოფის მიზნით რეგიონალურ და ადგილობრივ დონეზე არსებობს აღჭურვილი ბაზები, რომელთა მეშვეობითაც ხელისუფლება თანამრომლობს საკონსულტაციო ცენტრებთან, ბიზნეს კომპანიებთან, ენერგეტიკულ სააგენტოებთან სამშენებლო სექტორში ენერგოეფექტურობის მაქსიმალური შედეგების მიღწევის მიზნით.

ენერგოეფექტურობის მინიმალური დანახარჯებით უზრუნველყოფის მიზნით, პერიოდულად ინტეგრირებული მოთხოვნების შესაბამისად წარმოებს სტანდარტების გაუმჯობესება.

განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება განახლებადი ენერგის წყაროების გამოყენებას, სხვადასხვა დონეზე სისტემატიურად ხდება ახალი გადაწყვეტილებების მიღება საერთო მოხმარებულ ენერგიის მოცულობაში ამ წესით მიღებული ენერგიის ხვედრითი წილის გამოყენების მიზნით. მიუხედავად მნიშვნელოვანი მიღწევებისა სულ არსებობს რესურსი, გერმანიაში მიღებულია ენერგიის ნულოვანი მოხმარების სახლების მშენებლობის მხარდაჭერი რეგულაცია (“Implementing Energy Efficiency Policies” IEA, 2009)

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude		ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude																																	
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung		gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung																																	
Ausgabe:	Aushang	Ausgabe:	Aushang																																
Gebäude <table border="1"> <tr><td>Hauptnutzung / Gebäudekategorie</td><td></td></tr> <tr><td>Sonderzone(n)</td><td></td></tr> <tr><td>Adresse</td><td></td></tr> <tr><td>Gebäudeteil</td><td></td></tr> <tr><td>Baujahr Gebäude</td><td></td></tr> <tr><td>Baujahr Wärmezeuger</td><td></td></tr> <tr><td>Baujahr Klimaanlage</td><td></td></tr> <tr><td>Nettogrundfläche</td><td></td></tr> </table>		Hauptnutzung / Gebäudekategorie		Sonderzone(n)		Adresse		Gebäudeteil		Baujahr Gebäude		Baujahr Wärmezeuger		Baujahr Klimaanlage		Nettogrundfläche		Gebäude <table border="1"> <tr><td>Hauptnutzung / Gebäudekategorie</td><td></td></tr> <tr><td>Sonderzone(n)</td><td></td></tr> <tr><td>Adresse</td><td></td></tr> <tr><td>Gebäudeteil</td><td></td></tr> <tr><td>Baujahr Gebäude</td><td></td></tr> <tr><td>Baujahr Wärmezeuger</td><td></td></tr> <tr><td>Baujahr Klimaanlage</td><td></td></tr> <tr><td>Nettogrundfläche</td><td></td></tr> </table>		Hauptnutzung / Gebäudekategorie		Sonderzone(n)		Adresse		Gebäudeteil		Baujahr Gebäude		Baujahr Wärmezeuger		Baujahr Klimaanlage		Nettogrundfläche	
Hauptnutzung / Gebäudekategorie																																			
Sonderzone(n)																																			
Adresse																																			
Gebäudeteil																																			
Baujahr Gebäude																																			
Baujahr Wärmezeuger																																			
Baujahr Klimaanlage																																			
Nettogrundfläche																																			
Hauptnutzung / Gebäudekategorie																																			
Sonderzone(n)																																			
Adresse																																			
Gebäudeteil																																			
Baujahr Gebäude																																			
Baujahr Wärmezeuger																																			
Baujahr Klimaanlage																																			
Nettogrundfläche																																			
Heizenergieverbrauchskennwert  Diese Gebäude: kWh/(m ² ·a) Vergleichswert dieser Gebäudekategorie für Heizung und Warmwasser <small>Warmwasser enthalten</small>		„Gesamtenergieeffizienz“  Diese Gebäude: kWh/(m ² ·a) <small>EnEV-Anforderungen Neubau EnEV-Anforderungen modernisierter Altbau</small>																																	
Stromverbrauchskennwert  Diese Gebäude: kWh/(m ² ·a) Vergleichswert dieser Gebäudekategorie für Strom		Aufteilung Energiebedarf  <table border="1"> <tr><td>Nutzenergie</td><td>Endenergie</td><td>Primärenergie „Gesamtenergieeffizienz“</td></tr> <tr><td>Heizung</td><td>Kühlung einschl. Beleuchtung</td><td></td></tr> <tr><td>Lüftung</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Eingebaute Beleuchtung</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Warmwasser</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Heizung</td><td></td><td></td></tr> </table>		Nutzenergie	Endenergie	Primärenergie „Gesamtenergieeffizienz“	Heizung	Kühlung einschl. Beleuchtung		Lüftung			Eingebaute Beleuchtung			Warmwasser			Heizung																
Nutzenergie	Endenergie	Primärenergie „Gesamtenergieeffizienz“																																	
Heizung	Kühlung einschl. Beleuchtung																																		
Lüftung																																			
Eingebaute Beleuchtung																																			
Warmwasser																																			
Heizung																																			
Aussteller		Aussteller																																	
Datum	Unterschrift des Ausstellers	Datum	Unterschrift des Ausstellers																																

სურ.12.4.გერმანიაში შენობის ენერგოსერტიფიკატის ნიმუში

ჩეხეთი

2013 წლიდან ენერგოსერტიფიცირება სავალდებულო გახდა მრავალბინიანი სახლებისათვის, ასევე სახლებისთვის რეკონსტრუქციის შემდეგ 1000 m^2 არანაკლებ ფართით, ყველა სახლისთვის გაყიდვის ან იჯარით გაცემის წინ. ჩეხეთში სერტიფიკატის მომზადებისა და გაცემის წესს ადგენს 2012 წელს მიღებული კანონი 406/2000, რომლის მიხედვით სერტიფიკატი გაიცემა შენობის გათბობაზე, ვენტილაციაზე, ცხელი წლით უზუნველყოფასა და ენეროეფექტურობის გამრდაზე დახარჯული ენერგიის გათვალისწინებით. სერტიფიკატი სავალდებულოა იმ შემთხვევებში როცა:

ცხრილი 12.4.

ჩეხეთის შნობების ენერგოეფექტურობის უზრუნველყოფის
საკანონმდებლო რეგულაციები

ენერგოაუდიტი	ენერგოფენტურობის სერთიფიკაცი
კანონი ენერგო მენეჯმენტის შესახებ 406/2000 Coll	
დადგენილება ენერგოაუდიტის შესახებ 425/2004 Coll	დადგენილება შენობის ენერგო მახასიათებლის შესახებ 148/2007 Coll
2000 წელიდან	2007 წლიდან
<p>ყველა ტიპის სახლის შემთხვევისათვის გარდა ინდივიდუალური სახლებისა. სავალდებულოა საზოგადოებრივი დანიშნიშნულების შენობებისათვის 1500 გ.ჯოულ – ზე მეტი ენერგიის წლიური მოხმრებით და კერძო სახლებისათვის 35000 გ.ჯოულ – ზე მეტი ენერგიის წლიური მოხმრებით.</p>	<p>განკუთვნილია ყველა ტიპის შენობისათვის გარდა, სასოფლო სამეურნეო და საწარმოო აგრეთვე 50 მ² – ზე ნაკლები, წელიწადშო ოთხი თვის მანძილზე ექსპლუატაციაში მყოფი და დროებითი შენობებისათვის.</p>

შენდება ახლი შენობა,

ბინის ან უძრავი ქონების გაყიდვისას 2013 წლიდან.

1000 მ² ზე მეტი ფართის შენობების სერიოზული რეკონსტრუქციის
შემთხვევაში.

შენობის და ნაგებობის იჯარით გაცემისას 2013 წლიდან.

ჩეხეთში ენერგოფენტურობის მიხედით არსებობს შენობის შვიდი
კლასი და მასში გადანაწილებულია რვა ტიპის შენობა ნაგებობა
(ცხრილი 12.5).

ცხრილი 12.5.

შენობების ენერგოფენტურობის შკალა

პ ლ ა	შენობის ტიპი

ს ი	კერძო სახლი	ბინები ბლოკში	სასტუმ რო რესტორ ანი	ოფისი	კლინიკე ბი	სასწავ ლო დაწესებ ულები	სპორტუ ლი მოედნებ ი	სავაჭრო ცენტრებ ი
A	<51	<43	<102	<62	<109	<47	<53	<67
B	51–97	43–82	102–20 0	62–123	109–210	47–89	53–102	67–121
C	98–142	83–120	201–29 4	124–179	211–310	90–130	103–14 5	122–183
D	143–191	121–162	295–38 9	180–23 6	311–415	131–174	146–19 4	184–241
E	192–24 0	163–20 5	390–4 88	237–29 3	416–52 0	175–22 0	195–24 5	242–30 0
F	241–28 6	206–24 5	489–5 90	294–34 5	521–625	221–26 5	246–29 7	301–36 2
G	>286	>246	>591	>345	>626	>266	>298	>362

**PRŮKAZ ENERGETICKÉ
NÁROČNOSTI BUDOVY**

Typ budovy, místní označení Adresa budovy Celková podlahová plocha:	Hodnocení budovy			
	stávající stav	po realizaci doporučení		
A	B			
B	C			
C	D			
D	E			
E	F			
F	G			
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² /rok	XY	XY		
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	XY	XY		
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu				
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č.		

ნახ.12.5.ჩეხეთში შენობის ენერგოსერტიფიკაციის ნიმუში

ენერგო სერტიფიკაცის ჩეხეთში ამბადებს და გასცემს ენერგო

აუდიტის სამსახური, 2020 წლიდან გაცემული უნდა იქნას ყველა ახალ აგებულ შენობაზე.

ბულგარეთი

2008 წელს ქვეყნის ეროვნული ანსამბლის მირ მიღებული იქნა კანონი ენერგოფექტურობის შესახებ. რომლითაც განსაზღვრა ამ სფეროში მოქმედებსი წესი კერძოთ:

- ენერგო მოხმარებისა და ენერგოფექტურობის ინდიკატორები,
- შენობის ენერგოფექტურობის დადგენისა და სერტიფიკატის გაცემის, ასევე შენობის კატეგორიის წესი,
- ტექნიკური სისტემისა და დანადგარების პროექტირების წესი,
- ენერგოაუდიტორების ლიცენზირების და მათი შესაბამის რეესტრში შეტანის წესი.

ბულგარეთში ცხრა კლიმატური ბონისათვის, ახალი და რეკონსტრუირებული შენობებისათვის ენერგო ეფექტურობის მაჩვენებელი სითბოს გადაცემის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნებლობითა დადგენილი.

შენობის ენერგო მოთხოვნები ამ კოეფიციენტების და კლიმატური ზონების ფაქტორების მეშვეობითაა განსაზღვრული. რომელიც ითვალისწინებს:

გარემოს ყოველთვიურ საშუალო ტემპერატურას.

გათბობის პერიოდში გარემოს საათურ საშუალო ტემპერატურას.

საათის განმავლობაში მზის ინტენსივობის საშუალო მაჩვენებელს.

გათბობის სეზონზე თვეების მიხედვით ფარდობითი ტენიანობის საშუალო მაჩვენებელს.

გათბობის სეზონზე საათების მიხედვით ფარდობითი ტენიანობის საშუალო მაჩვენებელს.

გათბობის სეზონზე შენობის ხასიათის მიხედვით სითბოს გადაცემის კოეფიციენტის მნიშვნელობები წარმოდგენილია ცხრილში 12.6.

ცხრილი 12.6.

გათბობის სეზონზე შენობის ხასიათის მიხედვით

სითბოს გადაცემის კოეფიციენტი

შენობის შეფეთვის ტიპი	სითბოს გადაცემის კოეფიციენტი ($\text{კტ}/\text{მ}^2 \cdot \text{კ}$)
გარე კედლები	0,35
გაუთბობელ სივრცეებთან მოსაზღვრულ კედლები	0,50
გაუთბობელ სარდაფის ბემოდან გადახურვის ფილა	0,50
მიწის ბემოთ შენობიდან იაფაკის მასალა	0,45
გათბობილი სივრცის თავზე გადახურვის ფორმა	0,28
გარე სივრცესთან დამაკავშირებელი კარები	2,2
ფანჯრები	1,7

პასპორტიზაციის მიზნით შენობის ენერგოფექტურობის განსაზღვრა წარმოებს ენერგო მახასიათებლების შეფასებისას ორგვარი კომპლესური მიდგომით:

EPmaxr-ეროვნულ ნორმებთან შესაბამისად ენერგიის მოხმარების ხვედრითი მაჩვენებელები.

EPmaxs-შენობის ექსპლუატაციაში გადაცემისას დადგენილი ენერგო მოხმარების ნორმებთან შესაბამისად ენერგიის მოხმარების ხვედრითი მაჩვენებელები.

შენობის ენერგო სერტიფიცირება წარმოებს შენობის ექსპლუატაციაში გადაცემიდან სამი წლის შემდეგ მაგრამ არაუგვიანეს ექვსი წლისა.

ENERGY CERTIFICATE		ENERGY CERTIFICATE																	
Num.	Category	Num.	Category																
Valid:		Valid:																	
<table border="1"> <tr><td>Building</td><td></td></tr> <tr><td>Address</td><td></td></tr> <tr><td>Type of structure</td><td></td></tr> <tr><td>Year of erection</td><td></td></tr> <tr><td>Built area</td><td>m²</td></tr> <tr><td>Heated area</td><td>m²</td></tr> <tr><td>Heated volume</td><td>m³</td></tr> </table> 		Building		Address		Type of structure		Year of erection		Built area	m ²	Heated area	m ²	Heated volume	m ³				
Building																			
Address																			
Type of structure																			
Year of erection																			
Built area	m ²																		
Heated area	m ²																		
Heated volume	m ³																		
Annual energy consumption																			
<table border="1"> <tr><th>ACTUAL</th><th>REFERENCE</th></tr> <tr><td>kWh/m²</td><td>kWh/m²</td></tr> </table>		ACTUAL	REFERENCE	kWh/m ²	kWh/m ²	<table border="1"> <tr><th colspan="4">Building envelope</th></tr> <tr> <th>Components</th> <th>Area m²</th> <th colspan="2">Heat transfer coefficient</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Actual, W/m²K</th> <th>Reference W/m²K</th> </tr> </table>		Building envelope				Components	Area m ²	Heat transfer coefficient				Actual, W/m ² K	Reference W/m ² K
ACTUAL	REFERENCE																		
kWh/m ²	kWh/m ²																		
Building envelope																			
Components	Area m ²	Heat transfer coefficient																	
		Actual, W/m ² K	Reference W/m ² K																
<p>Issued on _____</p> <p>Issued by _____</p> <p>Reg.num. _____</p> <p>Signature/seal _____</p>		<p>Evaluation of current state:</p> <p>Issued on _____</p> <p>Issued by _____</p> <p>Reg.num. _____</p>																	

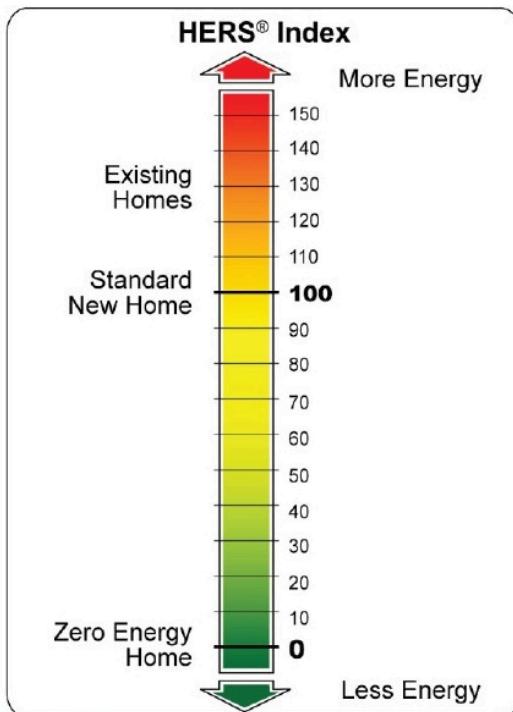
ნახ.12.6.ბულგარეთში შენობის ენერგოსერტიფიკატის ნიმუში

აშშ-ში შენობის სერტიფიცირების მიზნით შენობების ენერგოეფექტურობის შეფასების საფუძვლად ენერგიის წლიური მოხმარების მაჩვენებელია მიღებული. შენობებისათვის ამ მაჩვენებლის საბაზო მაჩვენებელი წარმოდგენილია ცხრ. 12.7. ამავე ცხრილშია წარმოდგენილი შენობების ენერგოეფექტურობის შეფასების მაჩვენებელი ამერიკში მოქმედი საბჭოს მიერ შემუშავებული “Architecture 2030; CHALLENGE Targets” პროგრამის მიხედვით.

აშშ-ში შენობების სერტიფიცირების პირდაპირ დანიშნულების გარდა, შესაბამისი კერძო კომპანიები და სახელმწიფო სტრუქტურები იყენებენ მიზანმიმართულად მთავარი შედეგის შენობების ენერგოეფექტურობის ამაღლების უზრუნველსაყოფად.

სამშენებლო და საპროექტო კომპანიები. ბაზარზე ენერგოეფექტურობის მოთხოვნის შესწავლით მომავალი საქმიანობაში გამოყენებული მიღწევების მაქსიმალური

მოდერნიზაციის უზრუნველსაყოფად საბოლოო შედეგების
მოთხოვნების შესაბამისად ამაღლების მიზნით.



ნახ.12.7.შენობების ენერგოეფექტურობის შეფასების შკალა.

ფედერალური ორგანოები და სახელმწიფო დაწესებულებები.

საგადასახადო ოგანოები – საკრედიტო რესურსების გამოვლენისა
და იპოტეკის ეფექტური პოლიტიკის შემუშავებისათვის.

გარემოს დაცვის სამინისტრო – ENERGY STAR რეკიმში შენობების
სეტიფიცირებისას.

ენერგეტიკის სამინისტრო – ენერგიის ეკონომიკური მოხმარების
ეროვნული პროგრამის ეფექტურად წარმართვის მიზნით. შენობების
სერტიფიცირება და მარკირება მიმდინარეობს რამდენიმე ტიპიური
ენერგოსისტემის მეშვეობით, მათ შორის RESNET, ერთ – ერთი
რეიტინგული სისტემაა. RESNET შეფასების სისტემა შენობებს
აფასებს მოთხოვნილი ენერგიის მოცულობების მიხედვით
დაწესებული HERS Index (Home Energy Rating System) რეიტინგის მეშვეობით. მაგალითად ინდექსი 100 – ით სტანდარტული
შენობობის (American Standard Building) მიერ ენერგიის
მოხმარებას შეესაბამება. ინდექსი 0 კი, აღნიშნავს იმას რომ შენობა

არ მოხმარს ენერგიას. ენერგოეფეტურობის შეფასების ეს სიტემა გამოყენება ერთბინიანი კერძო შენობის შეფასებისას
HERS შეფასების შკალა
HERS Index მნიშვნელობის შესაბამისად შენობას ენიჭება შესამაბისი მარკირება ცხრილი 12.7.

ცხრილი 12.7.

RESNET სისტემის სქემა

HERS Index	ENERGI star მარკირება	ენერგო მოხმარების ფარდობითი შკალა
=<500 და >401		=<500% და >401%
=<400 და >301	+	=<400% და >301%
=<300 და >251		=<300 % და >251%
=<250 და >201	+	=<250% და >201%
=<200 და >151		=<200% და >1%
=<150 და >101	+	=<150% და >151%
=<100 და >91		=<0% და >-9%
=<90 და >86	+	=<-10% და >-14%
=<85 და >71		=<15% და >-29%
=<70 და <0	+	=<-30% და >-100%

HERS სისტემით შენობა ნაგებობის შეფასება და სერტიფიცირება ატარებს ნებაყოფილობით ხასიათს, მაგრამ მისი გამოყენების შემდეგ მიღებული სარგებლის სერტიფიცირების აღნიშნული სიტემას გამო ძალიან ფართე გამოყენება აქვს, მარტო 2015 წელს HERS სისტემით

მოხდა 190-180 ათასი ერთბიბიანი შენობების სერტიფიცირება. ამ სიტემით შეფასდა იმავე წელს გაყიდელი შენობების 38%.

ENERGY CERTIFICATE		Energy Performance 3		ENERGY CERTIFICATE		Energy plan 4	
Номер	Category	Valid:		Номер	Category	Valid:	
Heating, ventilation and DHW systems							
System	Energy source	Annual energy consumption					
		Specific kWh/m ²	Total kWh	Heat, MWh	Electricity, MWh	Water, m ³	
Heating							
Ventilation							
DHW							
Fans and pumps							
Normalized annual energy consumption:							
Energy Conservation Measure	Investments, ле	Annual energy savings, kWh	SPB ევ. კვ. კვ. კვ.	Measure priority			

ნახ.12.8. აშშ-ში შენობების ენერგო პასპორტის ნიმუში

ლიტერატურა

ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერგია საუკეთესო პრაქტიკული სახელმძღვანელო ბიზნესის წარმოებისათვის საქართველოში. ენერგო კოდიტი, ევროპის ბანკი, 2015.

ენერგოეფექტურობა მშენებლობაში. ბარგიტ დ, მაიერ ვ, ხათუნა სიჭინავა, თომას დუცია, ჰოლგერ რაიფი, ნანა მეფარიშვილი. გერმანიის თანამშრომლობა. GIZ, 2019

გიორგი მუხიგულიშვილი, თუთანა კვარაცხელია. ენერგიის განახლებადი წყაროები და ენერგოეფექტურობა მსოფლიო გამოცდილება. თბილისი 2013

საქართველოს სოციალურ ეკონომიკური-განვითარების სფარტეგია, საქართველო 2020

5.CA EPBD (2012) Concerted Action Energy Performance of Buildings, available from:

<http://www.epbd-ca.eu/themes/nearly-zero-energy>

[Accessed: 17th August, 2012]

New construction and major renovation. For Public Use and Display LEED 2009 for New

Construction and USGBC Member Approved November 2008 (Updated August 2011)

HEAT PUMPS TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL IMPACT. HEAT PUMPS – TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL IMPACT July 2005:

Calculation and Design of the Heat Pumps. J. Perko, Student Member, IEEE, V. Dugec, D. Topic, D. Sljivac, Member, IEEE, and Z. Kovac. 2012

Green Building Illustrated. Francis D. K. Ching

Ian M. Shapiro. For general information about our other products and services, please contact our Customer Care Department. 2014

10. Materials Selection in Mechanical Design 4th Edition Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier

30 Corporate Drive, Suite 400 Burlington, MA 01803, USA
The Boulevard, Langford Lane Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK
2011 Michael F. Ashby. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved..

Energy Unlimited. Electricity on Board. Copyright © 2000 Victron Energy B.V.2011, <http://www.victronenergy.com/>

Wind Energy Engineering A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines. Edited by Trevor M. Letcher. 2017.

Resource efficiency in the building sector Final report Client: DG Environment Rotterdam, 23 May 2014

Introduction to Renewable Energy Technology. A YEAR-LONG SCIENCE & TECHNOLOGY COURSEby Matthew A. Brown Lakewood High School

Lakewood, CO. 2019 Groover, Mikell P.Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems, 4th ed.: John Wiley & Sons, Inc.2010, 1025 p.

Donald R. Askeland, Pradeep P. Fulay,Wendelin J. Wright. The Science and Engineering of MaterialsSixth Edition/ Cengage Learning, Inc.2010. 949 p.

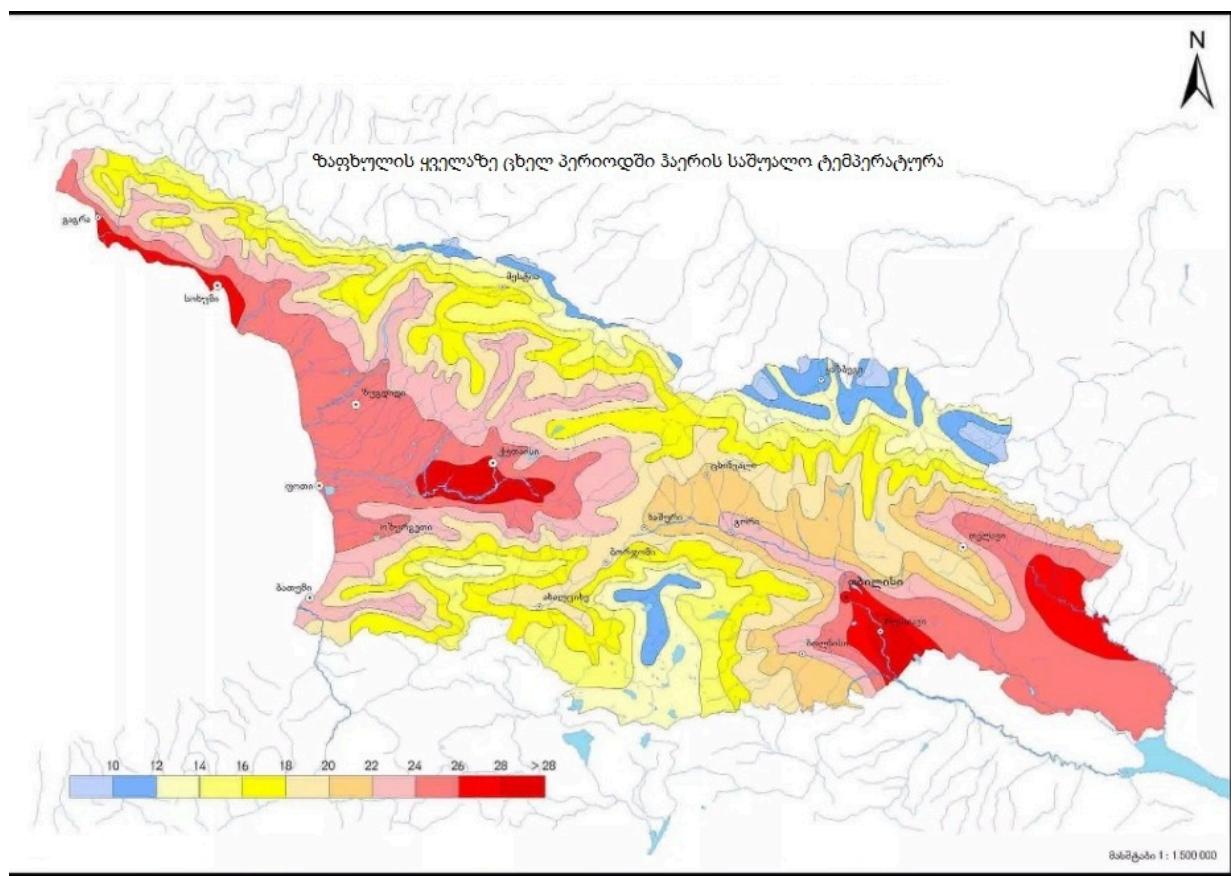
Bjørn Berge. The Ecology of BuildingMaterials. Second edition/ Elsevier Ltd.2009. 447 p.

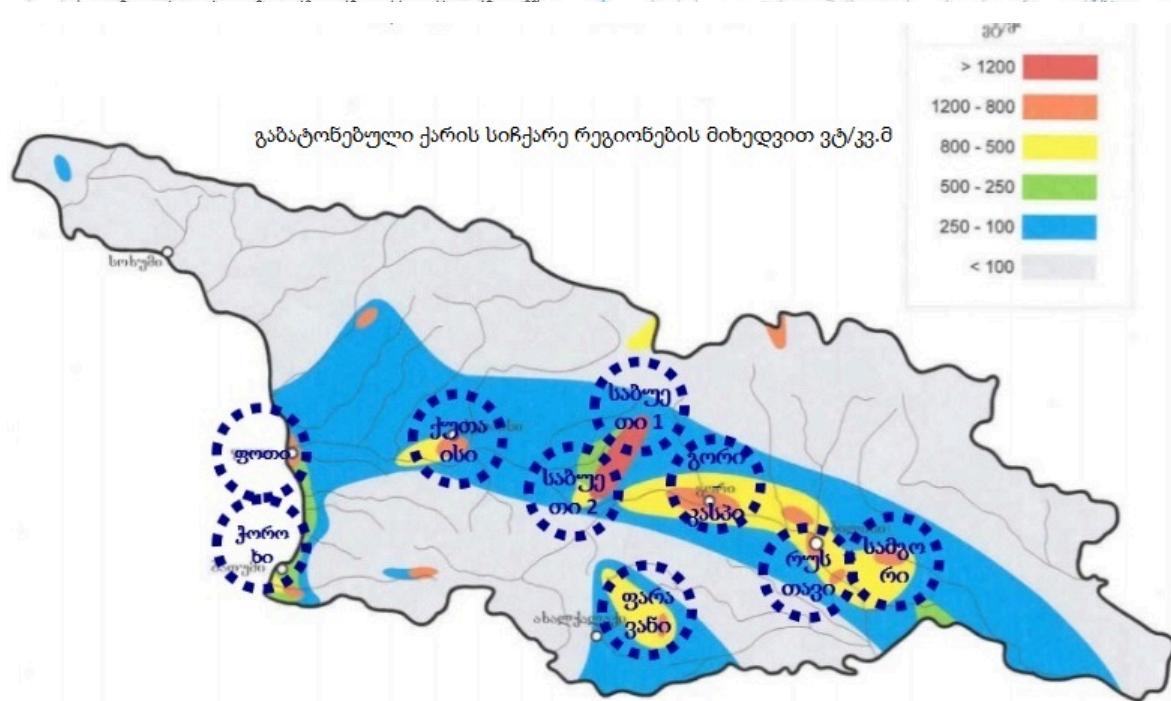
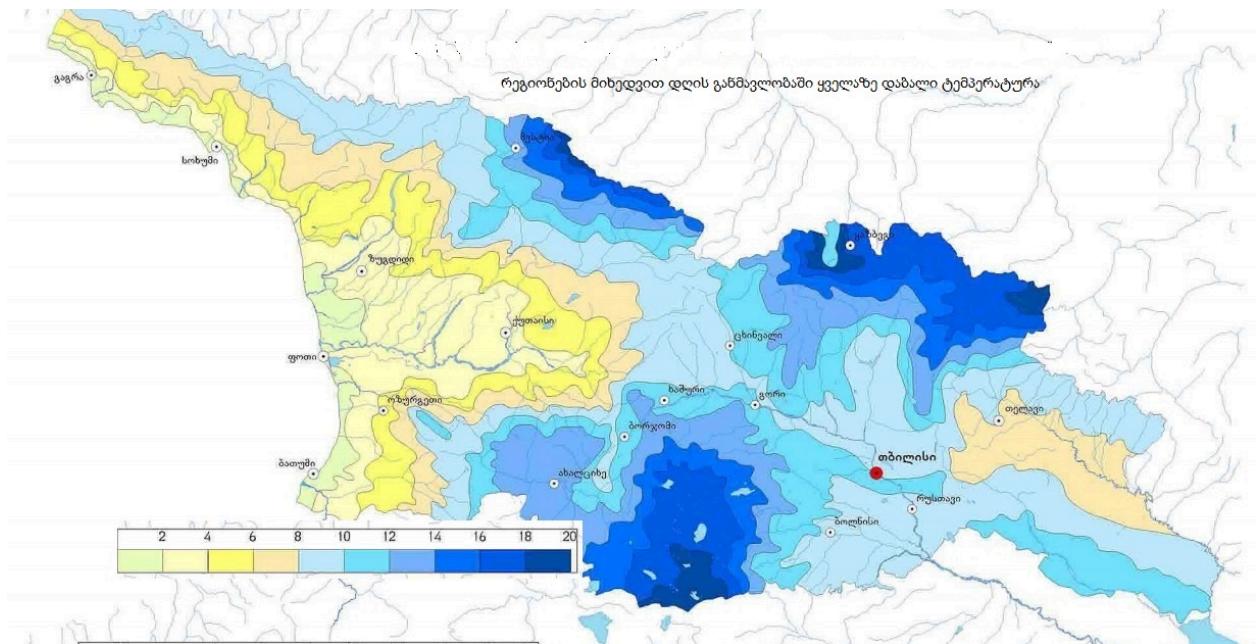
Michael F. Ashby Materials Selection in Mechanical Design. Third Edition. Pergamon Press. 2005. 602 p.

Показатели энергоэффективности основы формирования политики. МЕЖДУНАРОДНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО. 2014

Энергоэффективность зданий. Трансформация Рынка Всемирный. совет предпринимателей по устойчивому развитию.2018

დანართი





სარჩევი

შესავალი	3
1. ენერგოფექტურობა	6
1.1. ტერმინის „შენობების ენერგოფექტურობა“ შემცნების ეპოლეცია	6
1.2. ენერგოფექტური სახლების შექმნისა და განვითარების ისტორია	9
1.3. რესურსების დაზოგვა მშენებლობაში	11
1.4. ენერგოფექტური შენობების ეკონომიკური უპირატესობები	13
1.5. მშენებლობაში რესურსების დაზოგვა, შენობების სითბოთი უზრუნველყოფა	15
2. ენერგოფექტური ტექნოლოგიების მარეგულირებელი ბაზის განვითარების ისტორია	21
3. ენეგოფექტურ შენობების მიმართ პრინციპიალური მიღები	29
3.1. ენერგიის დაზოგვის პასიური და აქტიური საშუალებები	29

3.2. შენობების ენერგოფექტურობის ინდეგრალური	
მაჩვენებლების დასაბუთება	35
4. რესურს დამზოგი ტექნოლოგიები სამშენებლო მასალები და	
კონსტრუქციები	40
4.1. ძირითადი სამშენებლო მასალების წარმოების, მშენებლობის და	
ექსპლუატაციისას სტადიაზე რესურსების დამზოგვის	
შესაძლებლობები	40
4.2. ენერგოდამზოგი კომპოზიციური სამშენებლო მასალები	48
4.3. ენერგოფექტური ე.წ. მწვანე მასალების წარმოების	
შესაძლებლობები	53
4.3.1. წარმოების ეფაპზე ახალი ტექნოლოგიებისა და	
მეთოდების გამოყენებით ენერგოტევადობის	
უზრუნველყოფა	53
4.3.2. გადამუშავების შესაძლებლობა	54
4.3.3 განახლებადი რესურსების გამოყენების	
შესაძლებლობა	55
4.3.4. წარმოების ლოჯისტიკა	55
4.3.5. ენერგოტევადობა	56
4.3.6. სამშენებლო მასალების წარმოებისას, მშენებლობის	
ეფაპზე და შენობების ექსპლუატაციისას გარემობე	
მავნე ბემოქმედების შემცირების გზები	57
4.3.7. ხანგამდლეობა	58
4.3.8. ნარჩენების მინიმიზაცია	59
4.3.9. დადებითი სოციალური ეფექტი	59
4.3.10. ხელმისაწვდომობა	60
5. სითბოს გადაცემა და თბოგამტარობა	61
5.1. მასალებში თბოგამტარობისა და სითბოს გადაცემის არსი	61
5.2. ტექნოლოგიური ენერგოტევადობა	72
5.3. სამშენებლო მასალებისა და კონსტრუქციების წარმოების	
ტექნოლოგიური ენერგოტევადობის შემადგენელი	
დანახარჯები	76
5.4. სრული ენერგოტევადობა	77
6. შენობა ნაგებობების თანამდროვე თბოსაიზოლაციო	

კონსტრუქციები და მასალები	79
6.1.არსებული გამოცდილება და მიღები _____	79
6.2. თბოსაიმოლაციო მასალების ტექნიკური თვისებები _____	83
6.3. გამოყენების სფერო _____	89
6.4. პოლიმერულ საფუძველზე ფორმაციი თბოიმოლაციონური 90	
7. თბური ხიდები _____	97
7.1. თბოიმოლირების ხელშემშლელი ფაქტორები _____	97
8. ენერგო დამზოგი სამშენებლო კონსტრუქციები და საინჟინრო სისტემები _____	104
8.1. საკიდი ვენცილირებადი ფასადები _____	104
8.2. გაბათქაშებული ფასადის კედლების თბოსაიმოლაციო სისტემები _____	109
8.3. ენერგო დამზოგი იატაკები _____	112
8.4. ენერგო დამზოგი ფანჯრები _____	116
8.5. ბუნებრივი მზის სხივით შენობების განათების სისტემები _____	119
8.6. შენობის ენერგოფენეტურობის უზრუნველყოფის საინჟინრო მეთოდები _____	124
8.6.1.თბური ენერგიის ორგანიზაცია _____	124
9. განახლებადი ენერგიის წყაროები და მათი რესურს დამზოგი შესაძლებლობა. _____	130
9.1. განახლებადი ენერგიის წყაროების განვითარების ისტორია 130	
9.2. მზის სადგურების ენერგოფენეტურობა და ენერგო დამოუკიდებლობა _____	133
9.3 ტრომბის კედლები _____	141
9.4.ქარის ენერგია _____	145
10. თბური ტუმბოები _____	148
10.1. თბური ტუმბოების ისტორია _____	148
10.2. თბური ტუმბოების მუშაობის პრინციპები _____	149
10.3. თბური ტუმბოებით შენობების გაგრილების შესაძლებლობა _____	153
11. ენერგოფენეტურობის მიხედვით შენობების კლასიფიკაცია _	158
11.1. პასიური სახლი _____	160
11.2.. ენერგო ეფექტური მშენებლობები, შენობებში ენერგის	

ხარჯვის აღრიცხვის ხელსაწყოები და ენერგო	
სისტემების მართვა	165
12. შენობა ნაგებობების ენერგო სერტიფიცირება	170
12.1. შენობების ენერგოეფექტუროს შეფასების	
შესაძლებლებები	170
12.2. შენობების ენერგოპასპორტის მიმართ წაყენებული	
მოთხოვნები	175
12.3. სერტიფიცირების მიზნით ენერგო აუდიტის ჩატარების	
წესი	179
12.4. ევროპული ქვეყნების შენობების ენერგო	
სერტიფიცირების მაგალითები	181
ლიტერატურა	195
დანართი	197