

620

გიტ დ. მაიერ-ვ., ხატუნა სიჭინავა, თომას დუცია,
ჰოლგერ რაიფი, ნანი მეფარიშვილი.

ენერგოეფექტურობა მშენებლობაში



გერმანიის
თანამშრომლობა
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

შემუშავებული და გამოცემულია:

სამხრეთ კავკასიაში კერძო სექტორის განვითარებისა და პროფესიული განათლების პროგრამის მხარდაჭერით, რომელიც ხორციელდება გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოების (GIZ) მიერ, გერმანიის ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ფედერალური სამინისტროს (BMZ) სახელით.

Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Private Sector Development and Technical Vocational Education and Training South Caucasus

31a, Griboedov Str.,
0108 Tbilisi, Georgia
T + 995 322 201 833
F + 995 322 201 831
www.giz.de

ავტორები:

ბირგიტ დ. მაიერ-გ.,
ხათუნა სიჭინავა,

620 სიჭინავა ბ.გ. სხ
ინჟინერა-სახელმწიფო
მკვლევარი
-402,4-

ზოგადოება (GIZ) პასუხისმგებელი
და შეხედულებებზე.
თლოდ ავტორების მოსაზრებებსა

ბირგიტ დ. მაიერ-ვ., ხათუნა სიჭინავა, თომას დუცია,
ჰოლგერ რაიფი, ნანი მეტარიშვილი.

ენერგოეფექტურობა მშენებლობაში

— 4024 —

თბილისი, 2017





ძვირფასო მკითხველო,

საქართველოს მთავრობის მიზანია ისეთი ეკონომიკური პოლიტიკის გატარება, რომელიც უზრუნველყოფს ქვეყნის მდგრად განვითარებას. ეს პოლიტიკა ხორციელდება მწვანე ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად და ეკოლოგიურად სუფთა, თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვას ითვალისწინებს. ცენტრალური ხელისუფლების მხარდაჭერით, საქართველოს 8 ქალაქი, რომელიც ქვეყნის მოსახლეობის ნახევარზე მეტს მოიცავს, ნებაყოფლობით შეუერთდა ევროკავშირის ფართომასშტაბიან ინიციატივას - მერების შეთანხმებას; შეთანხმების ხელმომწერნი მიზნად ისახავენ 2020 წლისთვის ენერგოეფექტურობის ზრდისა და განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენების მეშვეობით CO₂-ის ემისიების მინიმუმ 20%-ით შემცირებას.

სამშენებლო სექტორი ერთ-ერთი ყველაზე დინამიკური და სწრაფად მზარდი სექტორია საქართველოში. 2016 წელს მშპ-ში მშენებლობიდან მომდინარე წილმა 7%-ს გადააჭარბა. პირდაპირი უცხოური ინვესტიციები კი იმავე პერიოდში 28%-ით გაიზარდა (წყარო: საქსტატი).

აშკარაა, რომ სამშენებლო სექტორი რესურსების უმთავრესი მომხმარებელიც არის (მათ შორის ენერგიის, წყლის და სახარჯი მასალების) და ენერგიის, ელექტროენერგიის, წყლისა და სხვა მასალების მოხმარების სოლიდურ წილზე პასუხისმგებელიც თავად გახლავთ. ენერგოეფექტური მშენებლობის საერთაშორისო სტანდარტები ხელს უწყობს ახალი ტექნოლოგიებისა და მეთოდების დანერგვას, რაც მდგრადი განვითარებისათვის - ეკოლოგიური, ეკონომიკური და სოციალური ბენეფიტების თვალსაზრისით - ძალიან მნიშვნელოვანია.

დღესდღეობით, საქართველოს სამშენებლო სექტორი ვერ ახერხებს თავისი ენერგოეფექტურობის პოტენციალის სრულად რეალიზებას. სხვა მიზეზებთან ერთად ეს გამოწვეულია იმით, რომ ლურჯასაყელიანი პერსონალის, მენეჯერების, არქიტექტორების, მშენებელ-ინჟინერებისა თუ სხვა სპეციალისტთა უნარები და ცოდნა ვერ აკმაყოფილებს თანამედროვე ბიზნესის მოთხოვნებს; ასე-



ვე არ შეესაბამება სტანდარტებს ცოდნა, რომელსაც იღებენ პროფესიულ საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, სადაც ჯერ კიდევ არ არის დანერგილი ინოვაციური სწავლების მეთოდები, მაგალითად უახლესი ტექნოლოგიების სწავლება, სისტემების სწორი ინსტალაცია, განახლებადი ენერგიების წყაროების გამოყენება, მშენებლობის დაგეგმვა ენერგოეფექტურობისა და მდგრადობის ასამაღლებლად და ა.შ.

ენერგოეფექტურობის გასაუმჯობესებლად საქართველოს ჰყავს ძლიერი პარტნიორები, რაც ძალიან გვახარებს. გერმანიის ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ფედერალური სამინისტროს სახელით (BMZ), GIZ-ი 1992 წლიდან უჭერს მხარს საქართველოს სოციალურ საბაზრო ეკონომიკაზე გადასვლას, დემოკრატიული განვითარებისა და კანონის უზენაესობისაკენ მიმართული ნაბიჯებით. 2013 წლიდან მოყოლებული, კერძო სექტორის განვითარებისა და პროფესიული განათლების პროგრამამ საკუთარი წვლილი შეიტანა სამშენებლო სექტორში კომპანიების პირობების გაუმჯობესებასა და უნარ-ჩვევების განვითარებაში.

ვიმედოვნებთ, რომ წინამდებარე სახელმძღვანელოს გამოცემა ამ საქმისთვის კიდევ ერთი წინ გაგადგმული ნაბიჯი იქნება და სამშენებლო სექტორის შემდგომი განვითარებისათვის, ასევე ექსპერტების, მასწავლებლების და სტუდენტების შესაბამისი ცოდნით აღჭურვისათვის მას საჭირო და აუცილებელი ინსტრუმენტის როლი მიენიჭება.

ირმა ქავთარაძე

საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების
მინისტრის მოადგილე





ძვირფასო მკითხველო,

კერძო სექტორის განვითარების და პროფესიული განათლების პროგრამა სამხრეთ კავკასიაში, რომელიც ხორციელდება გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საბოგადოების (GIZ) მიერ გერმანიის ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ფედერალური სამინისტროს (BMZ) სახელით, მხარს უჭერს კერძო სექტორის, მათ შორის სამშენებლო სექტორის განვითარებას და მისთვის საჭირო თანამედროვე პროფესიული კვალიფიკაციების შესა-თავაზებლად გამოთქვამს მზადყოფნას.

პროფესიული უნარების განვითარება განსაკუთრებით აქტუალურია სამშენებლო სექტორისათვის, სადაც კომპანიებს მზარდი ინტერნაციონალიზაციის პირობებში უწევთ საქმიანობა. არსებული გამოწვევებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია, მოერგო მოცემული სექტორისთვის დამახასიათებელ სწრაფ ტემპს, მარეგულირებელ ჩარჩოებს და სამრეწველო სტანდარტებისა და ნორმების მკაცრ მოთხოვნებს. კვალიფიციური პერსონალის სიმწირის გამო სამშენებლო კომპანიების უმრავლესობას უჭირს არსებულ გამოწვევებთან გამკლავება. კერძო სექტორის განვითარებისა და პროფესიული განათლების პროგრამის - რომელიც მხარს უჭერს საქართველოს განვითარებას - საკვალიფიკაციო შეთავაზებები ითვალისწინებს თანამედროვე, უსაფრთხო, ეკოლოგიური და ენერგოეფექტური სამშენებლო ტექნოლოგიების მიწოდებას. 2014 წლის მაისში ჩატარებული კოოპერაციის ფორუმის „პროფესიული უნარები მშენებლობისთვის - მშენებლობა პროფესიული უნარებისთვის“, ძირითადად დაინტერესებულმა მხარეებმა - საჯარო და კერძო სექტორის, სამრეწველო და საგანმანათლებლო სფეროების წარმომადგენლებმა და სამშენებლო სფეროს პეციალისტებმა - საკითხი ფორუმის უმთავრეს თემად დააფიქსირეს. ეს ღონისძიება ჩატარდა პროგრამის პარტნიორ - ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარებისა და განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროებთან ერთად.

2015 წელს „ენერგოექსპერტთა კავშირი მდგრადი ენერგია და გარემო“-სა (ხათუნა სიჭინავა და ნანი მეფარიშვილი) და გერმანელ არქიტექტორთა ჯგუფის (ბირგიტ მაიერი, თომას დუცია და პოლგერ რაიფი) მიერ შემუშავდა და განხორციელდა კურსი „ენერგოეფექ-



ტურობა მშენებლობაში". ამ სასწავლო პროგრამის მეშვეობით გა-
დამზადდა 45 ქართველი სპეციალისტი, რომელთა შორის იყვნენ
როგორც სატარო და კერძო სექტორის, ასევე სხვადასხვა მუნიციპა-
ლიტეტისა და პროფესიული საგანმანათლებლო დაწესებულებების
წარმომადგენლები. გერმანიაში ორგანიზებულმა სასწავლო ტურმა
ქართველ სპეციალისტებს საშუალება მისცა დასწრებოდნენ ენერ-
გოფექტურობის ასამაღლებელ სხვადასხვა ღონისძიებას და კონ-
კრეტული მაგალითებისთვის თვალის მიდევნებით გაეანალიზებო-
ნათ მათი იმპლემენტაციის გზები.

მონაწილეებმა არაერთხელ აღნიშნეს დანაწევრებით, რომ ამ მი-
მართულებით ქართულ ენაზე არ მოიპოვებოდა არც სათანადო და
აქტუალური კვლევები და არც შესაბამისი რეფერალური მასალები.
სწორედ ამიტომ გადაწყდა, შექმნილიყო სახელმძღვანელო -
„ენერგოფექტურობა მშენებლობაში“, რომელიც განკუთვნილი იქ-
ნებოდა პრაქტიკოსებისათვის. ამ სახელმძღვანელოს შექმნაზე მუ-
შაობდა გერმანელ და ქართველ ექსპერტთა იგივე გუნდი, რომელ-
მაც აღნიშნულ თემაზე მანამდე სასწავლო კურსი შეიმუშავა. გამო-
ცემა მიზნად ისახავს, დაეხმაროს კომპანიებს, პროფესიულ და
უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს და სექტორის დაინ-
ტერესებულ სპეციალისტებს, რომელთაც ევროპული და საერთაშო-
რისო პრაქტიკების შესაბამისად სურთ თავიანთი საქმიანობისა და
კონკურენტუნარიანობის გაუმჯობესება.

გვინდა ვისარგებლოთ შესაძლებლობით და მადლობა გადავუ-
ხადოთ სახელმძღვანელოს ავტორებს, ამავდროულად ჩვენს პარ-
ტნიორებსა და კოლეგებს, რომელთა ხელშეწყობითაც წარმატებით
განხორციელდა სხვა მსგავსი აქტივობები. დარწმუნებული ვართ,
რომ ეს გამოცემა თავის წვლილს შეიტანს ქვეყნის ერთ-ერთი ყვე-
ლაზე მზარდი და დასაქმების თვალსაზრისით ძალიან მნიშვნელო-
ვანი სამშენებლო სექტორის წინსვლაში და ხელს შეუწყობს პროფე-
სიული უნარების განვითარებას და ენერგიის დაზოგვას.

პატივისცემით,

მარი შეფერი

GIZ-ის სამხრეთ კავკასიის ოფისის ხელმძღვანელი



სარჩევი

შესავალი.....	10
1 ზოგადი დებულებები.....	12
1.1 ენერგოდაზოგვა, როგორც გლობალური ძალისხმევის ნაწილი.....	12
1.2 კლიმატის ცვლილება და მისი შედეგები.....	13
1.3 რას ნიშნავს ენერგოეფექტურობა?.....	17
1.4 ევროკავშირის დირექტივა შენობების ზოგადი ეფექტურობის შესახებ.....	18
2. ენერგოეფექტური და მდგრადი მშენებლობა.....	19
2.1. ენერგოეფექტურობის ზრდა საცხოვრებელ შენობებში.....	19
2.2. ენერგოეფექტური მშენებლობა - ადგილობრივი ფაქტორები.....	20
3. საქართველოს არქიტექტურა - ნიშანდობლივი მიმოხილვა.....	22
3.1. საქართველოს კლიმატური ზონები.....	22
3.2. ტრადიციული არქიტექტურიდან თანამედროვე ბინათმშენებლობამდე.....	24
4. სამშენებლო მეთოდები.....	31
4.1. კონსტრუქციების სახეობები.....	32
4.2. კედლის სტრუქტურა.....	33
4.3. ფანჯრები და კარები.....	34
4.4. სახურავები.....	36
4.5. გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილები - საძირკვლის ფილა და სარდაფის კედლები.....	37
5. სამშენებლო მასალები.....	38
5.1. მასალების სითბოს აკუმულირების უნარი.....	38
5.2. შენობათა თბოსაიზოლაციო მასალები.....	39
5.2.1. მინერალური ბამბა.....	41
5.2.2. PS - პოლისტიროლ-ქაფპლასტი.....	42
5.2.3. ქაფმინა.....	44
5.2.4. PUR/RIP - პოლიურეთანის მყარი ქაფი.....	45
5.2.5. კალციუმ სილიკატის ფილა.....	46
5.2.6. ცელულოზის თბოიზოლაცია.....	47
5.2.7. მატყლი.....	48
5.2.8. ჩალა.....	48
5.2.9. შერქანი.....	50
5.2.10. კანაფი.....	51
6. სამშენებლო ფიზიკა.....	52
6.1. სამშენებლო ფიზიკის პრინციპები - სითბოს გადაცემის მექანიზმები.....	53
6.1.1. თბოგამტარობა.....	54
6.1.2. თბოგამოსხივება.....	54
6.1.3. შთანთქმისა - α და გამოსხივების - ϵ კოეფიციენტები.....	55
6.2. თერმოიზოლაცია და კომფორტი.....	57
6.3. თერმოიზოლაცია და ენერგოდაზოგვა.....	58
6.3.1. ენერგეტიკული თბური დაცვა და პროექტირება.....	58
6.3.2. A/V _e ფარდობა ანუ შენობის კომპაქტურობის ზეგავლენა.....	60
6.3.3. ჰაერი და ჰაერის ტენიანობა.....	61
6.3.4. ქარი.....	62
6.4. U სითბოს გაცემის კოეფიციენტები, როგორც სამშენებლო ფიზიკის პარამეტრები.....	63
6.4.1. კალკულაციის ნიმუში.....	65
6.5. თბური ხიდეები.....	66
6.5.1. თბური ხიდეების შედეგები და პროექტირება.....	69



6.6. სითბური ლინზები ანუ გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილების თბოიზოლაცია.....	70
6.6.1. ტემპერატურა გრუნტში.....	71
6.7. იზოლაციის სისტემები და მათი მოქმედების სახეობები	72
6.7.1. გარე იზოლაცია.....	73
6.7.2. შიდა იზოლაცია.....	73
6.7.3. გრუნტის მიმართ იზოლაცია	75
6.7.4. მონოლითური და თბოიზოლირებული გარე კედლების კონსტრუქციები.....	76
6.8. ზაფხულის თბოიზოლაცია	77
6.8.1. ზაფხულის თბოიზოლაციის მიზნები	77
6.8.2. სხვადასხვაგვარი კონსტრუქციების სითბოს აკუმულირების უნარი	80
6.8.3. თერმოიზოლაცია ზაფხულში - კონსტრუქციული მეთოდები და ღამის ვენტილაცია.....	82
6.8.4. ფანჯრები და შეშინვის საერთო ენერგიის გატარების კოეფიციენტი -g	85
6.9. დღის სინათლის გამოყენება	86
6.10. ნესტისაგან დაცვის საფუძვლები	87
6.11. კონდენსატი და სამშენებლო მასალები.....	89
6.12. კონდენსატის წარმოქმნა სამშენებლო ელემენტზე	90
6.13. კონდენსატი ფანჯრების კონსტრუქციებზე.....	91
6.14. კონდენსატით მიყენებული ზიანი	92
6.15. კონდენსატის წარმოქმნა სამშენებლო ელემენტზე	93
6.16. კონსტრუქციული ხარვეზები და ჰიგიენური რისკები	94
6.17. ნესტისაგან დაცვა და მასალების თვისებები	94
6.17.1. წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობის კოეფიციენტი μ	94
6.17.2. S_d - სიდიდე ანუ წყლის ორთქლის დიფუზიის ექვივალენტური ჰაერის ფენის სისქე.....	96
6.18. ენერგოდაზოგვა ჰერმეტიკული კონსტრუქციის მეთოდით.....	97
6.18.1 ჰერმეტიკულობის შრის შექმნა.....	98
6.18.2. ჩვეულებრივი სამშენებლო ელემენტების ჰერმეტიკულობა.....	99
6.19. წვიმისაგან და სინესტისაგან დაცვა	99
6.19.1. მოთხოვნები ფასადების მიმართ	100
6.19.2. მოთხოვნები გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილების მიმართ	101
6.19.3. მოთხოვნა სახურავების მიმართ	102
6.20. ხანძარსაწინააღმდეგო და თერმოსაიზოლაციო დაცვა	103
6.21. მწვანე სახურავებისა და ფასადების თვისებები.....	105
7 ტექნიკური მოწყობილობა.....	108
7.1. საქართველოს ენერგომატარებლები და ენერგორესურსები	108
7.1.1. ენერგომატარებლების კლასიფიკაცია.....	108
7.1.2. პირველადი ენერგიის ფაქტორები f_P	110
7.1.3. ამონურგადი ენერგომატარებლები.....	111
7.1.4. პოტენციური განახლებადი ენერგიები საქართველოში	112
7.2. საქართველოსთვის დამახასიათებელი გათბობის ტექნიკის აღწერა	117
7.2.2 სასმელი თბილი წყლის მოწოდების სისტემები	118
7.2.3. გათბობისა და სასმელი თბილი წყლის მომარაგებისთვის გამოყენებული ენერგომატარებლები.....	119
7.2.4. გათბობის სისტემებით მიღებული სითბოს განაწილება	119
7.2.5. სასმელი თბილი წყლის მოწოდების სისტემები.....	119
7.2.6. გათბობის ტექნიკის დამპროექტებელი სპეციალიზებული საწარმოები	119
7.2.7. ხარვეზები გათბობის დაპროექტებისას	120
7.3. განახლებადი გათბობის სისტემები - ზოგადი მიმოხილვა	120
7.3.1. სითბური ტუმბო	120
7.3.2. პელეტების გათბობა.....	123
7.3.3. მზის სითბური ენერგია.....	125
7.3.4. ფოტოვოლტაიკა	126



7.3.4. სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური (BHKW).....	128
7.3.5. საწვავის ენერგიის გარდამქმნელი ელემენტი.....	130
7.3.6. თერმული წყლები.....	132
7.4. ტრადიციული, ეფექტური გათბობის სისტემები.....	133
7.4.1. გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვაბები.....	133
7.4.2. მათზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის შქონე საქვაბები.....	134
7.4.4. ავტონომიური და ცენტრალური გათბობა.....	135
7.5. სითბოს განაწილება.....	135
7.5.1. სითბოგადაცემა.....	136
7.5.2. სათბობი ხელსაწყოები.....	137
7.5.3. გათბობის ტუმბოები ელექტრონული მართვით.....	140
7.5.4. თერმოსტატები.....	141
7.6. გათბობის სისტემები განსხვავებული თბოგადამტანებით.....	142
7.7. თბური დატვირთვის გაანგარიშება.....	144
7.8. გაგრილების დატვირთვის გაანგარიშება.....	145
7.9. ბინის ვენტილაცია/ჰაერცვლა ბინაში.....	145
7.10. ინოვაციური განახლებადი ენერგიის გამოყენება.....	148
7.11. გაგრილების ეკოლოგიური სისტემები.....	153
7.12. წვიმის წყლის გამოყენება.....	154
8. ენერგეტიკული ბალანსი.....	156
8.1. გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული თბური დანაკარგები.....	157
8.1.2. თბოგადაცემის კოეფიციენტი, U-ღირებულება.....	158
8.2. შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების მახასიათებლები.....	158
8.2.1 შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების მდებარეობა.....	158
8.2.2. შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების ორიენტაცია.....	158
8.3. ენერგიის მიღების მახასიათებლები.....	158
8.3.1. შიდა სითბოს მოდინება.....	158
8.3.2. შენობის ადგილმდებარეობა და აშენების წელი.....	159
8.3.3. ენერგიის მიღება ფასადის მეშვეობით.....	159
8.4. გათბობის სისტემის დანაკარგები.....	160
8.4.1. ქვაბიდან სითბოს გადინების დანაკარგები.....	161
8.4.2. სისტემის დანაკარგები მაღალი სამუშაო რეჟიმის გამო/ქვაბის მაღალი სიმძლავრის გამო.....	161
8.4.3. საკვამურიდან სითბოს გადინებით გამოწვეული დანაკარგები.....	162
8.4.4. სითბოს გამანაწილებელი სისტემიდან გაუმთბარ ოთახებში სითბოს გაცემით გამოწვეული დანაკარგები.....	162
8.4.5. არაეფექტური გათბობის სისტემის სხვა მიზეზები.....	163
8.5. ვენტილაციის თბური დანაკარგები.....	164
9. ხარისხის უზრუნველყოფა.....	165
9.1. ხარისხის უზრუნველყოფა მშენებლობის პროცესში.....	165
9.1.1 სამშენებლო მეთვალყურეობის მომსახურება შენობის ენერგეტიკული რეკონსტრუქციის სამუშაოების შესრულებისას.....	165
9.1.2. რეკომენდებული კონტროლი სამშენებლო სამუშაოების დაწყებამდე.....	166
9.1.3. კონტროლი სამშენებლო სამუშაოების შესრულების დროს.....	169
9.2. ჰერმეტიკის შემოწმება/აეროკარის ტესტი.....	176
9.2.1. ჰერმეტიკის შემოწმების წესი.....	177
9.3. თერმოგრაფია.....	178
9.3.2. თბური ხიდები.....	178
9.3.2. თერმოგრაფიის პრინციპები.....	179
9.3.3. ემისიების კოეფიციენტი.....	179
9.3.4. სხვა თერმოგრაფიული სისტემები.....	180
9.3.5. სითბური გამოსახულებები პრაქტიკაში.....	181



10. თბოსაიზოლაციო ღონისძიებების ეკონომიურობის შეფასება	183
10.1. ენერგოეფექტურობა, ენერგოდაზოგვა, ენერგოგამომუშავება	183
10.2. ეკონომიურობა და დაზოგვის პოტენციალი	184
11. ენერგომოხმარების კონსულტაცია	186
11.1. შენობის ენერგოპასპორტი	186
11.2. პრაქტიკული მაგალითი: არსებული საცხოვრებელი სახლის ენერგეტიკული სანირება	189
11.2.1. შენობის აღწერა	189
11.2.2. ტექნიკური აღჭურვილობა	190
11.2.3. უკვე განხორციელებული მოდერნიზაცია	190
11.2.4. თბური ხიდეები/სუსტი ადგილები შენობის გარსში	191
11.3. სანირების განრიგი	192
11.3. სანირების ღონისძიებების ენერგეტიკული და ეკონომიკური შეფასება	197
11.4. ენერგიის, მავნე ნივთიერებებისა და ხარჯების დაზოგვა	199
11.5. ენერგეტიკული სანირების სიკეთეები	201
11.6. საყოფაცხოვრებო ენერგომოხმარება	202
12. მდგრადი ეკოლოგიური მშენებლობის განზომილებები	205
12.1. მდგრადი მშენებლობის ეკოლოგიური განზომილება	206
12.2. მდგრადი მშენებლობის ეკონომიკური განზომილება	206
12.3. მდგრადი მშენებლობის სოციალურ - კულტურული განზომილება	208
12.4. ადგილობრივი ეკოლოგიური სამშენებლო მასალების გამოყენება და პერსპექტივა საქართველოში	208
13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან	210
13.1. შენობის სტანდარტები	210
13.1.1. KfW ენერგოეფექტური სახლები	212
13.1.2. პასიური სახლები	213
13.1.3. ნულოვანი და პლუს ენერგოსახლები	215
13.2. არქიტექტურული კონცეფციების მდგრადი განხორციელების მაგალითები	215
13.2.1. უმანქანო დასახლება ქ. კიოლნში	215
13.2.2. აქტიურ-პასიური ცხოვრება	220
13.2.3. „პასიური სახლის“ პრინციპით აშენებული სკოლა, ირისგეგ კიოლნ-ცუნდორფი	223
13.2.4. „პასიური სახლის“ საგანმანათლებლო ცენტრი „კარი მსოფლიოში“ ("Tor zur Welt")	226
13.2.5. WOODCUBE ხის კუბი, ქ. ჰამბურგი	229
13.2.6. BIQ წყალმცენარეების სახლი	230
13.2.7. ენერგოკომპეტენციის ცენტრი (EkoZet)	234
13.2.8. Etrium, საოფისე და ადმინისტრაციული შენობა, ქ. კიოლნი	239
13.2.9. სასტუმრო Walderhaus, ქ. ჰამბურგი	243
13.2.10. Greenpeace Energy, ქ. ჰამბურგი	245
13.2.11. პლუს-ენერგოსახლი Solar Decathlon (2007)	247
13.2.12. საწარმოს კლიმატ-ნეიტრალური საბავშვო ბაღი	252
13.2.13. სადურგლო საამქროს ახალი შენობა	254
13.2.14. ყოფილი საჰაერო თავდასხმის საწინააღმდეგო ბუნკერის გადაკეთება ენერგობუნკერად	256
14. წყაროები, საგნობრივი საძიებელი, ილუსტრაციები	260
14.1. გამოყენებული ლიტერატურა	260
14.2. სტანდარტების ჩამონათვალი	261
14.3. შემოკლებები და ცნებები	262



შესავალი

მშენებლობა ყოველთვის პროგრესულ პასუხს სცემდა კითხვაზე, თუ როგორ გავუმკლავდეთ კლიმატურ ცვლილებებს და როგორ გავიუმჯობესოთ საცხოვრებელი პირობები. ეს იმას ნიშნავს, რომ არქიტექტურის ამოცანა ოდითგან იყო ადამიანის დაცვა წვიმის, ქარის, მზისა და სიცვისაგან. ისეთი კლიმატური ციკლები, როგორიც წელიწადის დროებია, ასევე, ტემპერატურის მერყეობა დღისა და ღამის მონაცვლეობისას, განაპირობებდა ტრადიციული⁴, რეგიონალური მშენებლობის ჩამოყალიბებას - რაც, რა თქმა უნდა, ეკონომიკურ შესაძლებლობებსა და მასალების ხელმისაწვდომობაზეც იყო დამოკიდებული.

ინდუსტრიალიზაციის, ისევე როგორც ახალი სამშენებლო მასალებისა და მშენებლობის მეთოდების განვითარებამ, არქიტექტურაში ახალი ცნებები წარმოშვა. არქიტექტურულმა გლობალიზაციამ განაპირობა ადგილობრივი ელემენტების უარყოფა. შენობების პროექტირებისას უმეტესად ახალ ტექნიკურ შესაძლებლობებს ენიჭებოდა უპირატესობა და ნაკლებად ითვალისწინებდნენ რეგიონული კლიმატური მახასიათებლების ტრადიციულ ცოდნას..

მიუხედავად ამისა, ყველა შენობა-ნაგებობის არსებით ამოცანას წარმოადგენდა გარეშე ფაქტორებისგან დაცვა და დაბალანსებული კლიმატური პირობების უზრუნველყოფა შენობის მომხმარებელთათვის. ამდენად, პირველ რიგში შენობაში გათვალისწინებულია კომფორტული კრიტერიუმები, რომელიც აკმაყოფილებს ადამიანის მოთხოვნებს კომფორტისა და ჰიგიენის მიმართ. ყველა საჭირო კრიტერიუმის გათვალისწინებით, თანამედროვე მშენებლობამ განავითარა კლიმატდინამიკი, რომელმაც სამშენებლო ფიზიკის მეშვეობით უნდა შექმნას პროგნოზირებადი და მისაღები საცხოვრებელი პირობები მცირე ენერგოდანახარჯით. რესურსების ეფექტური გამოყენების, აგრეთვე მშენებლობასა და ცხოვრებაში მდგრადი განვითარების ეს ფუნდამენტური მისწრაფება კიდევ უფრო გაფართოვდა გასულ ათწლეულებში; სამშენებლო მასალების თვისობრივმა მახასიათებლებმა საზოგადო ინტერესი გამოიწვია. ამას დაემატა ახალი მონაცემები შენობების სასიცოცხლო ციკლის შესახებ: მშენებლობის დასრულების შემდეგ, შენობის მოვლისა და კარგ მდგომარეობაში შენარჩუნების მიზნით, სავალდებულოა ხარჯთაღრიცხვის წარმოება, რათა მოხდეს მისი ოპტიმალური ექსპლუატაცია და ტექნიკური მომსახურების პერიოდულობის დაცვის უზრუნველყოფა.

სამშენებლო ტექნოლოგიების ოპტიმიზაციის ღონისძიებების გარდა, სავალდებულო გახდა გარემოში არსებული ბუნებრივი ენერგიის ჩართვა შენობის კონცეფციაში.

ასევე აუცილებელია გავითვალისწინოთ შენობა-ნაგებობების ენერგეტიკული მოთხოვნა - მათი ქსელში მიერთებისა და შემდგომი ექსპლუატაციის საკითხები. ეს გულისხმობს არა მხოლოდ ენერგომომხმარების შემცირებას საზოგადოების/შენობის მომხმარებლის მიერ, არამედ განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენებასაც, როგორცაა მზის ენერგია ან გეოთერმული ენერგია და ა.შ. ენერგეტიკული თვალსაზრისით გაუმჯობესებული შენობის დასაპროექტებლად, დღეს კვალიფიციური ცოდნაა საჭირო, რომელიც სცდება არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი პროექტის ფარგლებს. აუცილებელია, დაპროექტების ფაზაშივე შემუშავდეს როგორც შენობის ტექნიკური აღჭურვის, ისე სამშენებლო-ფიზიკური პირობების კონცეფცია. ამავე საკითხებს განეკუთვნება შენობის



გათბობისა და გაგრილებისათვის საჭირო ენერგეტიკული დანახარჯების შემცირებაც. ხოლო ისეთი პერსპექტიული დაგეგმვის პროექტები, რომლებიც უკვე ითვალისწინებს შენობის ტიპის ანუ მისი დანიშნულების შეცვლასა და მისი მეორადი გამოყენების უნარს, უნდა იყოს სტანდარტული პროექტირებით შესრულებული.

წინამდებარე სახელმძღვანელო ემსახურება მშენებლობაში ენერგოეფექტური ღონისძიებების დაგეგმვას, რომლებიც ეფუძნება GIZ-ის პროექტის ფარგლებში ქ. თბილისში ჩატარებული ტრენინგების თემატიკას. GIZ-ის მიერ მოწყობილი სამუშაო მივლინების დროს მიღებულმა გამოცდილებამ კი დაგვარწმუნა, რომ აღნიშნულ თემაზე აუცილებელი იყო ფუნდამენტური ნაშრომის შექმნა. წიგნში წარმოდგენილია საქართველოსა და სამხრეთ კავკასიის სამივე ქვეყნის სამშენებლო ტრადიციებთან მიმართებაში ენერგოეფექტური მშენებლობის უმნიშვნელოვანესი პარამეტრები და განხილულია სამშენებლო ფიზიკური ურთიერთდამოკიდებულებები რეგიონალური მახასიათებლების გათვალისწინებით. გარდა ამისა, სახელმძღვანელო შეიცავს უკვე განხორციელებულ პროექტებსაც, რომლებიც ითვალისწინებენ კომპლექსურ და თანამედროვე სამშენებლო მიდგომებს, რათა დაიზოგოს ენერგორესურსები და შემცირდეს CO₂-ის გამოფრქვევა ატმოსფეროში.



1 ზოგადი დებულებები

1.1 ენერგოდაზოგვა, როგორც გლობალური ძალისხმევის ნაწილი

მსოფლიოში პროგრესირებადი კლიმატური ცვლილება კაცობრიობისათვის უდიდეს გამოწვევას წარმოადგენს. კლიმატის დაცვა საჭიროებს გადამწყვეტი და მიზანმიმართული ღონისძიებების გატარებას, რათა შემცირდეს საწვავი წიაღისეული რესურსების ხარჯვა და მათი წვის შედეგად გამოწვეული გლობალური კლიმატის ცვლილება.

უფრო ეფექტური მენეჯმენტის მეშვეობით მავენ სათბურის გაზების ემისიების შესამცირებლად საჭიროა ბუნებრივი რესურსების დაზოგვა, რითიც შესაძლებელი გახდება მაქსიმალურად მივალწიოთ სოციალურ კეთილდღეობას.

შენობების სექტორი მთლიანობაში მოიცავს ენერგომოხმარების დაახლოებით 40%-ს. სამშენებლო და ტექნიკური ღონისძიებების გატარებით კი შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ეკონომიის გაწევა ისე, რომ არ შეიზღუდოს ცხოვრების დონე და კომფორტული პირობები.

გაერთიანებული ერების გარემოსა და განვითარების საერთაშორისო კომისია, ნორვეგიელი პრემიერ-მინისტრის გრო ჰარლემ ბრუნდტლანდის ხელმძღვანელობით, პირველად 1987 წელს მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ მხოლოდ ერთობლივი და მიზანმიმართული ქმედებით შეიძლება გავუწიოთ შესაბამისი წინააღმდეგობა გლობალურ პრობლემებს (ბრუნდტლანდის ანგარიში). პირველად კაცობრიობის ისტორიაში საქმე ეხებოდა "მდგრად განვითარებას" (sustainable development), რომელიც 1992 წელს რიო დე ჟანეიროს "დედამიწის სამიტზე" "აგენდა 21"-ის სახელით საერთაშორისო პროგრამად დაამტკიცეს. "იაზროვნე გლობალურად - იმოქმედე ლოკალურად!" - იყო დევიზი, რომლითაც თითოეულ ხელისმომწერ ქვეყანას მოუწოდეს, შეემუშავებინა საკუთარი ადგილობრივი აგენდა, ანუ სამოქმედო გეგმა 21-ე საუკუნისათვის.

1997 წელს კიოტოს პროტოკოლით - გლობალური დათბობის გამომწვევ ძირითად მიზეზად მიჩნეული სათბური გაზების გამოფრქვევის შემცირების მისაღწევად - ინდუსტრიული ქვეყნებისთვის დადგინდა ნორმები, რომელთა შესრულებაც 2004 წელს რუსეთის მიერ ხელშეკრულების რატიფიცირებით სავალდებულო გახდა.

კიოტოს პროტოკოლიდან გამომდინარე, ინდუსტრიულმა ქვეყნებმა აიღეს ვალდებულება, რომლის თანახმადაც 2012 წლამდე მათ მინიმუმ 5%-ით უნდა შემცირებინათ სათბური გაზების გამოფრქვევა 1990 წლის მდგომარეობასთან შედარებით.

გერმანიამ აიღო ვალდებულება, 21%-ით შემცირებინა სათბური გაზების ემისია 1990-დან 2012 წლამდე პერიოდში. გარდა ამისა, ქვეყანამ მიზნად დაისახა ტექნოლოგიებთან და ენერგომატარებლებთან დაკავშირებული ისეთი ამოცანების შესრულება, როგორიცაა:

- განახლებადი ენერგიის წილის 20%-ით გაზრდა 2020 წლამდე
- ევროგაერთიანებაში მთლიანი სატრანსპორტო მოძრაობისათვის საჭირო ბენზინსა და დიზელში 10%-ით გაეზარდა ბიოსაწვავის წილი
- კომბინირებული სითბოსა და სიმძლავრის (კოგენერაციული) სისტემების გაფართოების ხელშეწყობა
- ენერგოეფექტურობის მკვეთრი ზრდა

2015 წლის დეკემბერში პარიზში გამართულ გაეროს კლიმატის ცვლილების რიგით



21-ე კონფერენციაზე (UNFCCC 21-ე) და ამაღდროულად კიოტოს პროტოკოლის რიგით მე-11 შეხვედრაზე შეთანხმდნენ, რომ კლიმატის ცვლილების რისკებისა და შედეგების შესამცირებელი ერთ-ერთი გზაა გლობალური საშუალო ტემპერატურის ზრდის 2°C -მდე შეზღუდვა, პრეინდუსტრიულ დონესთან შედარებით 40 გიგატონა გამოწვევების შემცირებით და ტემპერატურის ზრდის 1.5°C -მდე შეზღუდვის მცდელობა, პრეინდუსტრიულ დონესთან შედარებით.

გერმანიამ აიღო ვალდებულება, შეამციროს სათბური გაზების გამოწვევა 2030 წ.-მდე 55%-ით, 2040 წ.-მდე 70%-ით და 2050 წ.-მდე 80-95%-ით (1990 წლის საბაზისო წელსთან შედარებით) და ენერგეტიკული კონცეფციის პარალელურად შეამციროს პირველადი ენერგიის (Primary Energy) მოხმარება 20% -ით 2020 წლისთვის 2008 წელსთან შედარებით და 2050 წლისთვის 50% -ით.

2016 წლის აპრილში 175-მა ქვეყანამ, მათ შორის აშშ-მ, ჩინეთმა და გერმანიამ ხელი მოაწერა ხელშეკრულებას კლიმატის ცვლილების თაობაზე, რომელიც 2016 წლის 4 ნოემბერს შევიდა ძალაში.

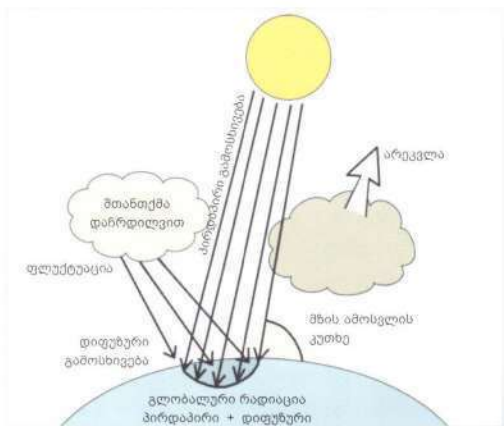
გაეროს მდგრადი განვითარების სამიტზე "დღის წესრიგი 2030" ამბიციური მდგრადი განვითარების 17 მიზნით ("sustainable development goals") მიღებულ იქნა 2015 წლის 25 სექტემბერს სახელმწიფოთა მეთაურებისა და მთავრობის ხელმძღვანელების მიერ. მდგრადი განვითარების "აგენდა 2030"-ის ხელმოწერით საერთაშორისო თანამეგობრობა დარწმუნებულია, რომ გლობალური გამოწვევები მხოლოდ ერთობლივი ძალისხმევით დაიძლევა და ამ სამოქმედო გეგმის მეშვეობით შესაძლებელი გახდება საერთაშორისო ეკონომიკური წინსვლა სოციალურ სამართლიანობასთან ჰარმონიასა და დედამიწის ეკოლოგიური საზღვრების ფარგლებში.

ჩვენ შესაძლოა, ვიყოთ პირველი თაობა, რომელიც დაძლევს სიღარიბეს, ასევე შესაძლოა, ვიყოთ უკანასკნელები, ვისაც შანსი აქვს, გადაარჩინოს ჩვენი პლანეტა.

(გაეროს ყოფილი გენერალური მდივანი ბან კი მუნი "აგენდა 2030"-ზე)

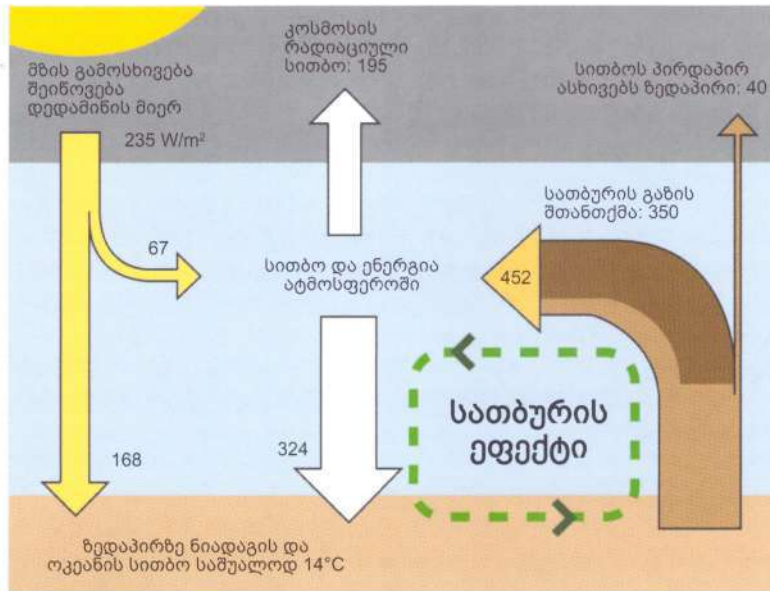
1.2 კლიმატის ცვლილება და მისი შედეგები

დედამიწა განსაკუთრებული პლანეტაა - მისი ორბიტა საკმარისად ახლოსაა მზესთან, რათა მიიღოს მისგან ენერგია, მაგრამ საკმარისად შორს იმისათვის, რომ არ დაიწვას. ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლისათვის საჭირო ყველაწარმოების პირობებია, და ამ პირობების შესანარჩუნებლად პლანეტას გარს ატყობს ატმოსფეროს ფენა, რომელიც იცავს მას კოსმური სამყაროს სიცივისაგან. დედამიწა უწყვეტად იღებს ენერგიას მზის გამოსხივების სახით. ამ ენერგიის 30%-ს დედამიწა ირეკლავს და უკან უშვებს კოსმოსში, ხოლო 70%-ს შთანთქავს, რაც ხმელეთის, ატმოსფეროსა და ოკეანის გაცხელებას (გათბობას) იწვევს. დედამიწის ტემპერატურის სტაბილურობა მის მიერ მზის გა-



ილუსტრაცია 1: გლობალური რადიაციის ზემოქმედება, არეკვლა, შთანთქმა და გაბნევა მზის დასხივებისას (წყარო: ტ.დუცია, მზის თერმული ენერგია ძველთა დაცვაში, გვ.63)





ილუსტრაცია 2: დედამიწის მიერ მზის გამოსხივების შთანთქმა და თბური ენერგიის გამოსხივების ბალანსი (გრაფიკა: ხ. სიჭინავა)

მოსხივების შთანთქმასა და თბური ენერგიის გამოსხივებას შორის დამყარებული ზუსტი ბალანსით იხსნება. მზის ხილული გამოსხივება ძირითადად დედამიწის ზედაპირის მიერ შთანთქმდება. ინფრაწითელ სხივებს კი დედამიწიდან კოსმოსში ძირითადად ატმოსფეროს ზედა ფენები ასხივებს.

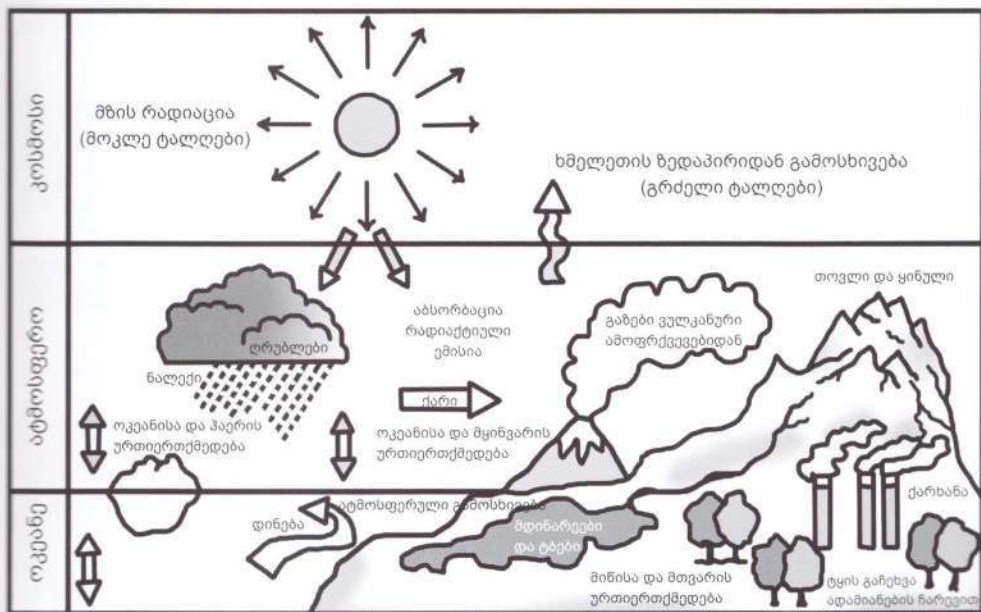
დედამიწის ზედაპირის მიერ გამოსხივებული ინფრაწითელი ფოტონების უდიდეს ნაწილს ატმოსფეროში არსებული სათბურის აირები და ღრუბლები "იჭერს" და ისინი კოსმოსში მხოლოდ ამ უკანასკნელთა მიერ ხელახალი გამოსხივების შედეგად შეიძლება მოხვდეს. გამთბარი ატმოსფეროს გამოსხივების ნაწილი კვლავ დედამიწის ზედაპირს უბრუნდება და უფრო მეტად ათბობს მას. გამთბარი ატმოსფერო ასევე მეტ სითბოს უბრუნებს დედამიწის ზედაპირს, მაგრამ ამავე დროს მეტ სითბოს ასხივებს კოსმოსშიც. დედამიწის ზედაპირის და ატმოსფეროს ურთიერთგაბრუნება გრძელდება მანამ, სანამ ატმოსფეროს ზედა ფენებიდან ენერგიის გაფრქვევა მზისგან მიღებულ ენერგიას არ გაუტოლდება. ამ დროს წონასწორობა მყარდება დედამიწის ზედაპირის მიერ შთანთქმულ და მის მიერ ატმოსფეროში გაფრქვეულ ენერგიას შორის. ამ წონასწორობათა მიღწევის შემდეგ დედამიწის (და ატმოსფეროს) ტემპერატურა სტაბილურდება.

მე-20 საუკუნეში დედამიწის კლიმატის გლობალური დათბობა ატმოსფეროში სათბურის ეფექტის მქონე აირების კონცენტრაციის ზრდითაა გამოწვეული. ატმოსფეროს იმ კომპონენტებს (აირებს), რომლებიც თბურ (ინფრაწითელ) გამოსხივებას იჭერს, "სათბურის აირებს" უწოდებენ. დედამიწის ატმოსფერო ძირითადად ჟანგბადის და აზოტის აირებისგან შედგება, რომლებიც სათბურის აირებს არ განეკუთვნება. სათბურის ეფექტს ატმოსფეროს სხვა დანამატები იწვევენ. დედამიწის ატმოსფეროში თბური გამოსხივების ძირითადი შთანთქმელები არიან: წყლის ორთქლი (H_2O), ნახშირორჟანგი (CO_2) და ოზონი (O_3). მნიშვნელოვანი შთანთქმის უნარი აქვთ აგრეთვე მეთანს (CH_4), აზოტის ჟანგს (NO_2) და ქლორფტორნახშირწყალბადებს, თუმცა მათი კონცენტრაცია ატმოსფეროში

როში შედარებით მცირება. ატმოსფეროს მიერ თბური გამოსხივების შთანთქმის უნარი მასში სათბურის აირების კონცენტრაციაზე დამოკიდებული. რაც მეტია კონცენტრაცია, მით მეტ სითბოს იჭერს ატმოსფერო და მით მაღლა იწევს დედამიწის ზედაპირისა და ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურა.

სათბური გაზების კონცენტრაციის ზრდა, რაც მოქმედებს კლიმატის ცვლილებაზე, გამოწვეულია როგორც ბუნებრივი, ასევე ადამიანთა საქმიანობით. კლიმატის ცვლილებაზე ბუნებრივად მოქმედებს მზის რადიაცია (გამოსხივება), რომლის ენერგიაც გაიზარდა 0,1%-ით, რის გამოც მე-20 საუკუნის დასაწყისში, ტემპერატურა გაიზარდა 0,1°C-ით; დედამიწის ორბიტის განმეორებითი ციკლები, რაც ხდება 10 000 წელიწადში ერთხელ, რაც მოქმედებს მზის სხივების დაცემის კუთხეზე და დროზე; ასევე ცივი და ცხელი წყლის დინებები ოკეანის სიღრმეებში, ვულკანური ამოფრქვევები, რომლის შედეგადაც ატმოსფეროში იფრქვევა ფერფლი. ზემოთ ჩამოთვლილი სათბური გაზებიდან ნახშირორჟანგს (CO_2), წამყვანი როლი უჭირავს სათბურის ეფექტში. CO_2 გამოიფრქვევა ატმოსფეროში სხვადასხვა წყაროებიდან. მაგ., მცენარეებიდან, რომლებიც ჰაერიდან შთანთქავენ ნახშირორჟანგს, მაგრამ როდესაც ფოთლები სცვივით ან კვდებიან, ისინი უკანვე აბრუნებენ ნახშირორჟანგს ატმოსფეროში. საწვავი წიაღისეულის (ქვანახშირი, ნავთობი და ბუნებრივი აირი) წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოიფრქვევა დიდი რაოდენობით CO_2 , იმაზე მეტი, ვიდრე დედამიწის კლიმატის სისტემას შეუძლია მისი ადაპტირება. სათბური გაზები, რომლებიც საწვავი წიაღისეულის წვის შედეგად წარმოიქმნებიან, სითბოს საუკეთესო დამჭერები არიან.

უნდა აღინიშნოს, რომ დედამიწაზე ყოველთვის ხდებოდა კლიმატის ცვლილება სხვადასხვა ფაქტორების გამო. მაგალითად, ატმოსფეროში მომხდარი ცვლილებებით, მზის ენერგიის გამოფრქვევებით, როდესაც ეს ენერგია სხვადასხვა ინტენსივობით აღწევდა დედამიწაზე, მაგრამ ბოლოდროინდელ კლიმატურ ცვლილებებს ვერ ავსხნით



ილუსტრაცია 3: დედამიწის მიერ მზის გამოსხივების შთანთქმა და თბური ენერგიის გამოსხივების ბალანსი (გრაფიკა: ხ.სიჭინავა)



1. ზოგადი დებულებები

მხოლოდ ბუნებრივი მიზეზებით. სხვადასხვა მეცნიერების კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ დედამიწაზე დათბობა ბოლო ორი საუკუნეა დაიწყო. განსაკუთრებით მე-20 საუკუნის შუა წლებიდან სათბურის გაზის (GHG) კონცენტრაციის გაზრდა მოითმანა მრეწველობის განვითარებამ და ეკოსისტემებში ადამიანის არასწორმა ჩარევამ. სწორედ ეს არის ადამიანის საქმიანობის დომინანტური მიზეზი კლიმატის ცვლილებაში.

კლიმატური ცვლილებები შეინიშნება საქართველოშიც: ბოლო 10 წლის განმავლობაში იგრძნობა საშუალო ტემპერატურის მატება. 1906 წელთან შედარებით საშუალო წლიური ტემპერატურა დაახლოებით $0,5-0,7^{\circ}\text{C}$ -ით გაიზარდა ქვეყნის აღმოსავლეთ ნაწილში, ხოლო შემცირდა დასავლეთ ნაწილში, მათ შორის, კავკასიონის მთიან რაიონებშიც. სამხრეთ საქართველოს მთებში ნელ-ნელა ქრება სხვადასხვა ჯიშის ხეები, რაც ტემპერატურის ცვლილებასთანაა დაკავშირებული. ასევე შემცირდა საშუალო წლიური ნალექის რაოდენობა, რამაც გამოიწვია საძოვრების ფართის შემცირება აღმოსავლეთ საქართველოში, ხოლო ქვეყნის შავი ზღვის რეგიონში მოხდა პირიქით - წლიური ნალექის რაოდენობა გაიზარდა (> 90 მმ).

ეკოლოგიაზე კლიმატური ზემოქმედების შესამცირებლად, უნდა გატარდეს შემდეგი ღონისძიებები: წყლის მენეჯმენტი, მინათსარგებლობის მენეჯმენტი, ტყის ეკოსისტემების აღდგენის მენეჯმენტი, საკვები პროდუქტების წარმოებისა და ნაპირგამაგრებითი საშუალებების მენეჯმენტი.

ამასთან ერთად, უნდა შემუშავდეს კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა, კატასტროფების რისკის პრევენცია, მივიღოთ ეკონომიკური, ეკოლოგიური და სოციალური ზომები, რათა ხელი შევუწყოთ რეგიონების მდგრად განვითარებას.

აუცილებელია, დაინერგოს გამაფრთხილებელი ღონისძიებები ბუნებრივი მოვლენებით გამოწვეული კატასტროფების თავიდან ასაცილებლად.

თუ არანაირ ზომებს არ მივიღებთ, მომავალში ჩვენს ქალაქებში სითბოს ინდექსი (HI) შეიცვლება. სითბოს ინდექსი არის ჰაერის ფაქტობრივი ტემპერატურის შეფარდება ჰაერის შესაბამის ტენიანობასთან და წარმოადგენს ადამიანის თერმული კომფორტის მაჩვენებელს.

	თბილისი		
	1955-1970	1990-2007	2020-2049
ნორმალური	1338	1349	1525
თბილი	796	843	1161
ძალიან თბილი	310	545	1527
ცხელი	4	17	287
ძალიან ცხელი	0	0	3
გაუსაძლისად ცხელი	0	0	0
სახიფათო დღეების საერთო რაოდენობა	314	562	1814

ცხრილი 1: გასულ წლებში თბილისში სითბოს ინდექსის ცვლილების შედარება მომავალი წლების პროგნოზთან (წყარო:საქართველო, ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტი)

ცხრილი 1 გვიჩვენებს ტემპერატურისა და ტენიანობის მონაცემების ფარდობას და პროგნოზს 2020-2049 წლებისათვის. საგარეოდ, 21-ე საუკუნის შუა პერიოდისათვის თბილისში მოსალოდნელია "სახიფათო დღეების" დრამატული ზრდა.

დიდი კავკასიონის რამდენიმე მყინვარზე თანამგზავრული დაკვირვება აჩვენებს, რომ მყინვართა ფართობმა (1901-2006წწ.) 6-9%-ით იკლო. აღნიშნული მოვლენები რისკის ქვეშ აყენებს მოსახლეობის უსაფრთხოებას და დიდ ზიანს აყენებს ქვეყნის ეკონომიკას (ბუნებრივ კატასტროფებთან დაკავშირებული ეკონომიკური ზარალი).

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, დიდი მნიშვნელობა უნდა მივანიჭოთ ენერგოეფექტური ღონისძიებების დანერგვას და განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენებას, რაც ხელს შეუწყობს ქვეყნის ეკოლოგიური პირობების გაუმჯობესებას, ჩვენს ჯანსაღ და მდგრად მომავალს.

1.3 რას ნიშნავს ენერგოეფექტურობა?

ენერგოეფექტურობის შესახებ ევროკავშირის 2012/17/EU დირექტივის თანახმად "ენერგოეფექტურობა არის საშუალება რომელიც გვაძლევს საშუალებას შევამციროთ ენერგორესურსებზე დამოკიდებულება და სათბურის გაზების ემისიები და ხელი შეუწყოს ეკონომიკურ ზრდას".

ენერგოეფექტურობა არის ადგილობრივი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების ეფექტური გამოყენება, ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვა და ენერგოდამზოგი ღონისძიებების პრაქტიკული რეალიზება. ენერგოეფექტურობა ნებისმიერი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების მამოძრავებელი ძალაა, ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი ძირითადი წინაპირობაა. ამიტომ ენერგოეფექტურობა ქვეყნის ენერგეტიკული პოლიტიკის განვითარების პრიორიტეტს წარმოადგენს. სწორედ შიდა ენერგორესურსებისა და ენერგიის ეფექტურად გამოყენების დონე ანუ მთლიანი შიდა პროდუქტის ენერგოტევადობის შემცირების განზოგადებული მაჩვენებლები, განაპირობებენ ქვეყანაში წარმოებული პროდუქციის კონკურენტუნარიანობას (როგორც შიდა, ისე გარე ბაზარზე) და ამ ქვეყნის ადგილსა და როლს მსოფლიო თანამეგობრობაში.

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

ადგილობრივი ენერგორესურსების მოხმარების შემცირება მნიშვნელოვანია არა მარტო ეკონომიკური, არამედ სტრატეგიული თვალსაზრისითაც. ეს ხელს შეუწყობს საქართველოში ამჟამად არსებული ენერგეტიკული და ეკონომიკური პრობლემების გადაწყვეტას, გაზრდის ქვეყანაში წარმოებული პროდუქციის კონკურენტუნარიანობას მისი ენერგოტევადობის შემცირების ხარჯზე.

გარდა ენერგოუსაფრთხოებისა და მდგრადი განვითარებისა, ენერგოეფექტურობას ბევრი სიკეთე მოაქვს. მათ შორის: დადებითან აისახება ჯანმრთელობაზე, ქმნის ახალ სამუშაო ადგილებს, ზრდის კომფორტის დონეს, აუმჯობესებს ეკოლოგიას და ეკონომიკას.



1.4 ევროკავშირის დირექტივა შენობების ზოგადი ეფექტურობის შესახებ

2010 წლის აპრილში ევროკავშირმა გამოაქვეყნა დირექტივა "შენობების ზოგადი ეფექტურობის შესახებ" (Richtlinie 2010/31/EU) შეცვლილი რედაქციით. 2010/C 123 E/04 ნომრით მონიშნული ეს დირექტივა ეყრდნობა 2002 წლის პირველ რედაქციას. იგი წარმოადგენს საერთო ევროპულ საფუძველს და ხორციელდება კავშირის წევრი თითოეული ქვეყნის სამართლებრივი სისტემის შესაბამისად. გერმანიაში იგი განხორციელდა 2002 წელს ენერგოდაზოგვის შესახებ დადგენილების შემოღებით. ამ დირექტივაში ყურადღება უმთავრესად გამახვილებულია საწვავი წიაღისეულის - ბუნებრივი აირის, ნავთობის ან ქვანახშირის - მდგრად, წინდახედულ და ეფექტიან მოხმარებაზე, რადგან ისინი წვის პროცესში აფრქვევენ ნახშირორჟანგს. ამდენად დირექტივა შენობების ზოგადი ეფექტურობის შესახებ წარმოადგენს კიოტოს პროტოკოლით დასახული მიზნების წარმმართველ ელემენტს, ეს ძირითადად ითქმის მე-2 და მე-3 მუხლებზე, რომლებშიც მოთხოვნილია ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესება ეკონომიკის მნიშვნელოვან სფეროებში. აქედან გამომდინარე, დირექტივა მიზნად ისახავს CO₂ გამონაბოლქვის შემცირებას გაეროს ჩარხო კონვენციის შესაბამისად და ტემპერატურის მატების 2°C-ზე ქვემოთ შენარჩუნებას.

შენობები ყველაზე დიდი ენერგომომხმარებლები არიან. ევროკავშირის ქვეყნებში შენობების სრული ენერგომომხმარება შეადგენს გენერირებული ენერგიის დაახლოებით 40%-ს. ამიტომ, რომ უპირატესობა ენიჭება ისეთ ღონისძიებებს, რომლებიც გულისხმობენ განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენების ზრდას. ეს ფაქტი ედო საფუძვლად ევროკავშირის ენერგეტიკული საბჭოს მიერ დასახულ კონკრეტულ მიზანსაც, რომელიც ავალდებულებს წევრ ქვეყნებს ენერგოეფექტურობის მინიმალური მოთხოვნების დადგენას და 2020 წლისათვის ენერგიის გამომუშავების წილის 20% -ის გენერაციას განახლებადი ენერგიის წყაროებით. იგი გერმანიაში განხორციელდა 2009 წელს, როდესაც მიიღეს კანონი "განახლებადი თბური ენერგიის წყაროების" შესახებ (EEWärmeG). ეს კანონი უშუალო კავშირშია ენერგოდაზოგვის დადგენილებასთან და მისი უმთავრესი მიზანია ახალაშენებულ შენობებში გათბობისა და გაგრილებისათვის განახლებადი ენერგიის გამოყენება. აქედან გამომდინარე, 2020 წლისათვის შენობათა ექსპლოატაციის სფეროში გათბობისა და გაგრილებისათვის მოხმარებული ენერგიის 14% უნდა იყოს გამომუშავებული განახლებადი ენერგიის წყაროებიდან.

ამ კანონის თანახმად, განახლებად ენერგიად ითვლება შემდეგი წყაროების გამოყენება:

- გეოთერმული ენერგია
- გარემოდან მიღებული თბური ენერგია
- მზის რადიაციის ენერგია
- ბიომასიდან გამომუშავებული ენერგია

ამასთან, "განახლებადი თბური ენერგიის წყაროების" შესახებ კანონი ითვალისწინებს დამპროექტებლისათვის გარკვეული გამოსავალის შესაძლებლობასაც. მაგალითად, თუ ახალი შენობის ენერგეტიკულ კონცეფციაში არ არის გათვალისწინებული განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენება, მაგრამ დაგეგმილია, რომ დაინერგოს ენერგოდაზოგი ღონისძიებები, რომლებიც 15% ენერგორესურსების დაზოგვის საშუალებას იძლევა (მიუხედავად კანონის მოთხოვნისა გამოყენებული იყოს განახლებადი ენერგიის წყაროები), კანონი მაინც შესრულებულად ჩაითვლება.

საზოგადოებრივ შენობებში აღწისწვლი დირექტივის შესრულების თვალსაზრისით, გერმანია ცდილობს გახდეს სამაგალითო ქვეყანა.



2. ენერგოეფექტური და მდგრადი მშენებლობა

2.1. ენერგოეფექტურობის ზრდა საცხოვრებელ შენობებში

საცხოვრებელ შენობებში ენერგოეფექტურობის ზრდის მისაღწევად ძალზე მნიშვნელოვანია ოპტიმალური ღონისძიებების დანერგვა ტექნიკური აღჭურვილობისა და შენობის გარე კონსტრუქციის გასაუმჯობესებლად. ეს ხელს შეუწყობს ენერგომომხმარებლისა და მასთან დაკავშირებული ხარჯების, აგრეთვე გარემოს დამაბინძურებელი აირების ემისიების შემცირებას.

თუ შენობაში ძველი და არაეფექტური გათბობის სისტემაა დამონტაჟებული, მისი განახლება ეფექტური ღონისძიებაა. მაღალ ენერგოეფექტურობას გვთავაზობენ შემდეგი გათბობის სისტემები:

- გეოთერმული ცენტრალური გათბობის სისტემები
- მყარი გრანულირებული (პელეტი და ბრიკეტი,) სათბობის ცენტრალური გათბობის სისტემა
- “ჰაერი-წყალი” ტიპის თბური ტუმბო მზის ბატარეასთან (PV, ფოტოვოლტაიკი) კომბინაციაში
- ბუნებრივ გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საცვანტე მზის თერმულ ენერგიასთან ერთად
- თხევად სათბობზე (ნავთობის გადამუშავების პროდუქტები: სოლარის ზეთი, მზუთი) მომუშავე ცენტრალური გათბობის სისტემები

სასურველია, გათბობისათვის გამოვიყენოთ ქვეყანაში არსებული ისეთი ენერგომატარებლები, რომლებიც მოსაპოვებლად ადვილია და მათ ქიმიური შედგენილობაში დაბალი CO_2 -ია ან CO_2 -ნეიტრალურია. ისლანდიაში სულ მალე თითქმის ყველა შენობა ეკოლოგიურად სუფთა გახდება, რადგანაც გასათბობად და ელექტროენერგიის წარმოებისთვის იყენებენ გეოთერმული ენერგიის სითბოს. გეოთერმული ენერგიის წყაროები დასავლეთ საქართველოშიც არსებობს და წარმოადგენს ტრადიციულ ენერგომატარებელს, ბუნებრივი აირისა და ნავთობის, ალტერნატივას. საქართველოს აგრეთვე დიდი რაოდენობით ხის საწვავი რესურსის პოტენციალი გააჩნია, რომელიც შესაძლებელია დამზადდეს ხის ნარჩენებისაგან და განეკუთვნება ადგილობრივ განახლებად CO_2 -ნეიტრალურ ენერგომატარებელთა რიცხვს. მათი გასათბობად გამოყენება შეიძლება პელეტის ან ბრიკეტების სახით. პელეტის ან ბრიკეტების გათბობის სისტემები ბევრად უფრო ეფექტურია, ვიდრე შეშის ღუმელები. იმისათვის, რომ ტყის საფარი არ განადგურდეს და შეუნარჩუნდეს მომავალ თაობებს, საქართველოში ტყიდან ხის საწვავი მასალის მოწოდება უნდა მოხდეს მდგრადი გამოყენების პრინციპის თანახმად.

- სათბობი ენერგიის ეფექტურად გამოყენების მიზნით, ასევე ძალზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია გათბობის რეგულირება და სითბოს განაწილების მართვა; გათბობის რეგულირება შენობის გარე ტემპერატურის კონტროლის გზით
- გათბობის რეგულირება შენობის შიდა ტემპერატურის კონტროლის გზით
- რადიატორის რეგულირება თერმოსტატების მეშვეობით
- ელექტრონულად რეგულირებადი გათბობის ტუმბოების გამოყენება



2. ენერგოეფექტური და მდგრადი მშენებლობა

- გათბობის სიმძლავრის შემცირება ღამით
- გათბობის მიღების თბოიზოლაცია დაუთბუნებელ სათავსებში

ენერგოდამზოგი ღონისძიებები შენობის შემომზლუდ კონსტრუქციასთან მიმართებაში:

- ბოლო სართულის ქერის თბოიზოლაცია
- სახურავის თბოიზოლაცია
- გარე კედლების თბოიზოლაცია
- ფანჯრების განახლება
- სარდაფის ქერის თბოიზოლაცია

ენერგომოხმარების შესამცირებელი ღონისძიებების დასანერგად არ არის აუცილებელი ყოველთვის დიდი ინვესტიციების მოზიდვა - ენერგოეფექტურობის გაზრდა შესაძლებელია ისეთი მარტივი ხერხებითაც, როგორიცაა:

- ოთახის ტემპერატურის შემცირება
- საცხოვრებელი ფართების ნაწილობრივი გათბობა
- გათბობის ექსპლუატაციისას ფანჯრის გადმოკიდების პოზიციით გამოღება
- რეგულარული და სწორი ვენტილაცია
- აბაზანის შხაპით ჩანაცვლება
- თბილი წყლის მომჭირნედ ხარჯვა

2.2. ენერგოეფექტური მშენებლობა - ადგილობრივი ფაქტორები

ენერგოდამზოგი შენობის დაპროექტების დროს აუცილებელია შესაბამისი ადგილმდებარეობის რეგიონალური და ადგილობრივი კლიმატური პირობების გათვალისწინება. კლიმატური პირობები მოიცავს მზისა და ქარის გავლენას ყოველწლიურ ციკლში, და ასევე ნალექების რაოდენობას. ასევე გათვალისწინებულ უნდა იქნას ზედაპირის ფენის ტემპერატურის სტრატეფიკაცია, რადგანაც იგი დამოკიდებულია გარე ჰაერის ტემპერატურასა და მზის დასხივებაზე. კლიმატური ფაქტორების მაკრო, მეზო და მიკროკლიმატის გათვალისწინებით, უნდა შეირჩეს შენობის ორიენტაცია.

- მაკროკლიმატი აღწერს რეგიონში კლიმატის ზოგად ხასიათს მზის ნათების, ღრუბლიანობის, ტემპერატურის, ქარის, ჰაერის ტენიანობისა და ნალექების მიხედვით
- მეზოკლიმატი აღწერს ადგილობრივი პირობების ზეგავლენას, როგორიცაა ტოპოგრაფია, ვეგეტაცია და ამ ტერიტორიისა და შემოგარენის დამახასიათებელ თვისებებს
- მიკროკლიმატი შემოიფარგლება რამდენიმე მეტრიდან რამდენიმე კილომეტრამდე მანძილით, მაგ.: მიწის ნაკვეთით, ვეგეტაციური საფარით ან გზის რაიმე მონაკვეთით.

შენობის გათბობისათვის საჭირო თბური მოთხოვნისათვის შეიძლება გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჰქონდეს:

- ტოპოგრაფიულ მდებარეობას (მაგ.: ვაკე ადგილი, დაბლობი, ცივი ჰაერის მასების გაბატონებული მდგომარეობა, სამხრეთ - სამხრეთ-დასავლეთ ფერდობი, განლაგება გორაკზე)



ურბანული განვითარება (თბური კუნძული) თბური ენერგიის მოხმარება შემცირებული 85%-მდე	ვაკე ადგილი ფარდობითი სიდიდე: თბური ენერგიის მოხმარება: 100%	ღრმული, ქვაბული, ხეობა (ცივი ჰაერის მასები) თბური ენერგიის მოხმარება გაზრდილი 120%-მდე	სამხრეთ ფერდობი (მზიანი ფერდობი) თბური ენერგიის მოხმარება შემცირებული 85%-მდე	მთის წვერი (ქარიანი ადგილი) თბური ენერგიის მოხმარება გაზრდილი 110%-მდე	ჩრდილოეთის ფერდობი (ჩრდილიანი ფერდობი) თბური ენერგიის მოხმარება გაზრდილი 115%-მდე
--	---	---	--	--	--



ილუსტრაცია 4: ადგილობრივ კლიმატურ პირობებზე დამოკიდებული თბური ენერგიის მოხმარება. (გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი, წყარო: მ. გრაუტჰოფი, ვ. შოლი, დებულება: ინტეგრირებული დაპროექტების ინსტრუმენტები მზის ენერგიის გამოსაყენებლად ურბანულ პირობებში Building a new century-5th)

- ქარით გამოწვეულ თბურ დანაკარგებს (იგულისხმება ძირითადად ქარისაგან არასაკმარისად დაცული შენობები)
- ვეგეტაციური საფარის მდებარეობას (ხეებში, ხვიათა მცენარეებში და ა.შ.)
- წყალთან სიახლოვეს (ტბა ან ზღვა, ტბორი)
- მდებარეობას ქალაქის ცენტრში, გარეუბანში ან სოფელში.

შენობის გათბობისა და გაგრილებისათვის საჭირო ენერგომოხმარების შემცირების სტრატეგიის შემუშავებაზე დიდ გავლენას ახდენს ადგილობრივი კლიმატისთვის დამახასიათებელი წელიწადის დროები შესაბამისი ტემპერატურული მერყეობით. გარემოს (კლიმატური ფაქტორების) და მომხმარებელთა ურთიერთქმედების ღრმა ცოდნის მეშვეობით შესაძლებელია შემცირდეს ან თუნდაც თავიდან ავიცილოთ გათბობის, გაგრილებისა და განათების სისტემებისათვის საჭირო ძვირადღირებული ხარჯები.



3. საქართველოს არქიტექტურა - ნიშანდობლივი მიმოხილვა

3.1. საქართველოს კლიმატური ზონები

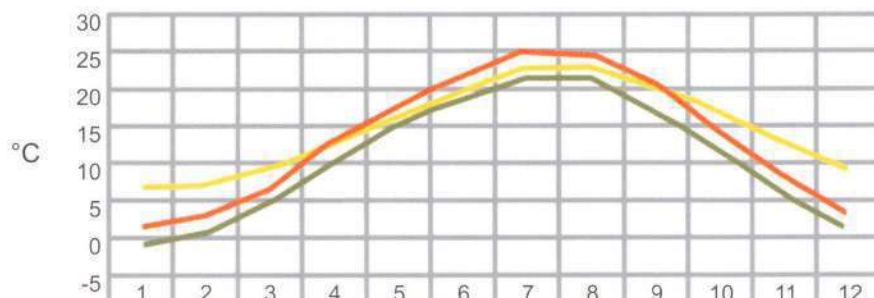
საქართველოს კლიმატური პირობები არაერთგვაროვანია და დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე. ამავე დროს, ხმელთაშუა და ალპური გავლენა აისახება საქართველოს შვიდ კლიმატურ რეგიონში

- ხმელთაშუა ზღვის კლიმატი იმერეთისა და სამეგრელოს რეგიონებში
- კონტინენტური კლიმატი სამხრეთ და აღმოსავლეთ რეგიონებში: ქართლსა და კახეთში
- ნახევარუდაბნო და სტეპური ლანდშაფტი სამხრეთ-აღმოსავლეთში - გარეჯში
- სუბტროპიკული კლიმატი შავი ზღვის მიმდებარე გურიის რეგიონში
- ალპური კლიმატი ხევსურეთში, თუშეთსა და დიდ კავკასიონზე
- მაღალი ალპური ხეობა სვანეთში დიდი კავკასიონის ტერიტორიაზე
- მყინვარი



ილუსტრაცია 5. საქართველოს რუკა (გრაფიკა: შ. ტყეშელაშვილი)

თვიური ტემპერატურების საშუალო მაჩვენებელი
წლიურ ციკლში.



ბათუმი	6,3	6,6	8,9	12	15,6	19,3	22	22,2	19,8	16,5	12,3	8,9
თბილისი	1,5	3,1	6,6	12,8	17,9	21,8	25	24,7	20,3	14,4	8,2	3,3
გორი	-1	0,4	4,6	10,2	15,3	18,8	21,4	21,4	17,1	11,8	5,8	1,1

ილუსტრაცია 6: ბათუმის, გორისა და თბილისის თვიური შედარებითი ტემპერატურის საშუალო მაჩვენებელი წლიურ ციკლში (წყარო: <http://de.climate-data.org> ოქტომბერი 2016)



ილუსტრაცია 7: ქართული ტრადიციული არქიტექტურის ნიმუში, შათილი (ფოტო: მ. ცირაშვა)



3.2. ტრადიციული არქიტექტურიდან თანამედროვე ბინათმშენებლობამდე

საქართველო ძველი კულტურის ქვეყანაა, რაც, შესაბამისად, ყოველთვის აისახებოდა მის არქიტექტურაში. აღსანიშნავია, რომ არქეოლოგების მიერ აღმოჩენილი ძველი წელთაღრიცხვის დროინდელი ქალაქების მშენებლობა როგორცაა ნოქალაქები და ძა-



ილუსტრაცია 8: ქართული ტრადიციული საცხოვრებელი სახლების არქიტექტურის ნიმუში, სვანეთი (ფოტო: ნ. მეფარიშვილი)

ლისის ნაქალაქარი გვაოცებს მშენებლობის მაღალი კულტურით და ენერგოდამზოგი საშუალებების გამოყენებით. ჩვენს რეალობაში შემორჩენილ ქართული ტრადიციული არქიტექტურის ნიმუშებში - როგორებიცაა შატილი, სვანური კოშკები და საცხოვრისები საქართველოს კუთხეების მიხედვით - ზედმიწევნითაა გათვალისწინებული გარემო პირობების ზეგავლენა და დაცულია საცხოვრებლის შიდა კლიმატური პირობები. სწორად არის გათვალისწინებული შენობის ორიენტაცია და თბოიზოლაცია. აღსანიშნავია ძველი თბილისის ისტორიული ნაწილის შენობანაგებობები, რომლებიც თავისი თბოტექნიკური მახასიათებლებით აკმაყოფილებენ თანამედროვე ევროპულ სტანდარტებს.

ყოველი შენობა უნდა განვიხილოთ მისი შემომზღუდი კონსტრუქციებით: კედლები, სახურავი, იატაკი და ფანჯრები. საქართველოში არსებული შენობები უმეტესად საბჭოთა პერიოდშია აშენებული. იმ პერიოდში, ენერგიის დაბალი ფასის გამო იგნორირებული იყო კონსტრუქციების სითბოდაცავი ღონისძიებები.

თუმცა ისიც უნდა ითქვას, რომ ბოლო ათწლეულში აშენებულ შენობებშიც არ არის გათვალისწინებული ზემოთ აღნიშნული ღონისძიებები, რის გამოც ასეთი შენობების გათბობას/გაგრილებასა და ვენტილაციას დიდი რაოდენობით ენერგომოხმარება სჭირდება. ასეთ შენობებში 1მ² იატაკის ფართობის გათბობისათვის მოიხმარება 40-50%-ით უფრო მეტი ენერგია, ვიდრე მსგავსი კლიმატური ზონის ევროკავშირის ქვეყნებში.

როგორც ცნობილია, შენობები მოიხმარენ ქვეყანაში გენერირებული ენერგიის დაახლოებით 40%-ს. შენობები, განსაკუთრებით "საცხოვრებელი", ყველაზე დიდი ენერგომოხმარებლები არიან (საწარმო/ინდუსტრიული შენობების შემდეგ). ზამთრის პერიოდში გათბობის ხარჯის შემცირებით, მაგ., შენობის კარკასის დათბუნებით, გათბობის, კონდიციონერების, განათების და ა.შ. სისტემების გამართული მუშაობით, ქვეყანას შეუძლია შეამციროს ენერგომოხმარების დაახლოებით 25-35%.

ენერგოეფექტური ღონისძიებების დაწერგვა აუმატებს ყველა ტიპის შენობაში კომფორტს, ქმნის უკეთეს გარემოს და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია - თავიდან გვააცილებს სხვადასხვა დაავადებებს, რომლებიც არაჯანსაღი გარემო პირობებითაა გამოწვეული.



1990 წელს მეცნიერებმა მიაგნეს ზოგიერთი დაავადების (ალერგია, თვალის ანთება, კანის დაავადებები, ასთმა, სიმსივნე, ართრიტი, ართროზი, გულსისხლძარღვთა დაავადებები, თავის ტკივილი, ნერვიული გაღიზიანება და ა.შ.) გამომწვევ მიზეზებს. მათ გამოიკვლიეს, რომ შენობები, სადაც არ არის გათვალისწინებული კონსტრუქციების სითბოდაცავი ღონისძიებები, არასწორადაა დამონტაჟებული გათბობის, ვენტილაციისა და გაცივების სისტემები და შენობის ასაშენებლად გამოყენებულია ისეთი საამშენებლო მასალა, რომელიც შეიცავს ჯანმრთელობისათვის მავნე ქიმიურ მინარევებს, იწვევს სწორედ ზემოთ ჩამოთვლილ დაავადებებს. ასეთ შენობებს მათ უწოდეს “დაავადებული სახლი”.

მრავალბინიანი საცხოვრებელი სახლები ენერგოდაზოგვის პოტენციალის გაზრდის მრავალ შესაძლებლობას იძლევა. პირველ რიგში ეს დაკავშირებულია ბინების კომპაქტურ დაგეგმარებასთან, საზოგადოებრივი სივრცის რაციონალურ გამოყენებასთან (ზამთრის ბაღების მოწყობის შესაძლებლობა). განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ამ ტიპის შენობებში შესაძლებელია მაქსიმალურად ეფექტურად იქნეს გამოყენებული თბოიზოლაცია, რაც გულისხმობს კედლების თბოიზოლაციის გაუმჯობესებას, სარდაფისა და სახურავის დათბუნებას და სხვა ღონისძიებების გატარებას. დაბალ ან საშუალო სართულიანობის საცხოვრებელ სახლებში სამხრეთით და სამხრეთ-აღმოსავლეთით ორიენტირებული ფანჯრის ღიობების რაოდენობისა და კედლის ფართობი ფანჯრების ზომების სწორი თანაფარდობის საშუალებით, შესაძლებელია შენობის პასიური გათბობა მზით.

უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოს მოსახლეობის მნიშვნელოვანი ნაწილის საცხოვრებელი პირობები კომფორტის დონეზე ბევრად დაბალია, რადგან ვერ იხდიან გადასახადებს და ცხოვრობენ არაენერგოეფექტურ შენობებში. ერთ-ერთი მთავარი მიზეზად შეგვიძლია ასევე დავასახელოთ ენერგოეფექტურობის, ენერგოდაზოგვისა და თანამედროვე ტექნოლოგიების შესახებ ინფორმაციის ნაკლებობა.

ქვემოთ მოცემულია საქართველოში სხვადასხვა პერიოდში აშენებული ტიპური შენობების კუთრი ენერგომოხმარება და ენერგომახასიათებლების ტენდენციები წლების მიხედვით. მითითებული კუთრი ენერგომოხმარება ეფუძნება ენერგოაუდიტის კვლევებს.



ილუსტრაციები 9 და 10: აშენების წელი 1870-1920; კუთრი ენერგომოხმარება 90-150 კვ.სთ/კვ.მ.წ. რუსთაველის გამზირი, განათლების სამინისტროს შენობა (ფოტო: ნ. მეფარიშვილი; ბ. სიჭინავა)





ილუსტრაციები 11 და 12: აშენების წელი 1950-1985; კუთრი ენერგომოხმარება 150-300 კვ.სთ/კვ.მ.წ. (ფოტო: ხ. სიჭინავა)



ილუსტრაციები 13 და 14: აშენების წელი 1998-2016; კუთრი ენერგომოხმარება 320-350 კვ.სთ/კვ.მ.წ. საცხოვრებელი სახლები (ფოტო: ხ. სიჭინავა)

რეგიონალური დიზაინი

მე-19 საუკუნეში, საქართველოსა და აზერბაიჯანში კაპიტალური შენობები უმთავრესად ევროპული განათლების არქიტექტორების პროექტებით შენდებოდა. ძველი ქალაქის (თბილისი, ბაქო) ისტორიული ცენტრი ძირითადად 1917 წლამდე აშენებული სახლებისგან შედგება. ეს შენობები არაუმეტეს სამსართულიან, (ხშირად ადგილობრივი სახეობის, კვადრატული ან ბრტყელი) აგურით ნაშენ ნაგებობებს წარმოადგენს. მათ ფან-



ჭრებს ხშირად ერთმაგი შემინვა და ხის ჩარჩოები აქვთ. ამ შენობათა უმრავლესობა კარგად არის დაპროექტებული.



ილუსტრაციები 15 და 16: ოპერის შენობა თბილისში; მუნიციპალიტეტის შენობა ბათუმში (ფოტო: ხ.სიჭინავა)

მათი შემომზღუდი კარკასის ზედამხრის მოცულობასთან შეფარდების კოეფიციენტი მაღალი არ არის, აქედან გამომდინარე, არც მათი თბოდანაკარგები არ არის დიდი და თავისი თბოტექნიკური მაჩვენებლებით შეესაბამებოდნენ იმდროინდელ საუკეთესო ევროპულ დონეს. შენობების კედლები აგურის ან კლდის ქვისაა, მათი სისქე საშუალოდ 80 სმ-ს და ზოგ შემთხვევაში 100 სმ-ს და მეტსაც აღწევს. ასეთი კედლები ხშირად დამატებული ნაყარის დამატებით იყო თბოიზოლირებული. სართულშუა გადახურვებს გააჩნდათ თბო და ბგერასაიზოლაციო ფენილები. ასევე თბოიზოლირებული იყო სასხვენე გადახურვები. კიბის უჯრედები იყო დახურული და დამატებითი თბოიზოლაციისთვის მათ გააჩნდათ ტამბურები, განათებისათვის იყენებდნენ მზის ენერგიას, გამართულად მუშაობდა ბუნებრივი ვენტილაცია, შენობების საძირკველში განსაზღვრული იყო წყალგანთავის სადრენაჟე სისტემები. ღუმელები განლაგებული იყო ისეთნაირად, რომ ერთდროულად თბებოდა რამდენიმე ოთახი. კედლების მაღალი სითბური ინერციის გამო, ბინის გასათბობად საკმარისი იყო მათი გახურება 3-5 დღეში ერთხელ. ამ შენობების ენერგოეფექტურობა უფრო მაღალია, ვიდრე საბჭოთა პერიოდში აგებული შენობებისა. საბჭოთა პერიოდში, განსაკუთრებით 50-იან წლებში კედლების სისქე არ განისაზღვრებოდა თბოინჟინრულ მოთხოვნებზე დაყრდნობით. ტექნოლოგიური და სტრუქტურული მოთხოვნებით ერთსა და იმავე კლიმატურ პირობებში კედლების სისქე განისაზღვრებოდა შემდეგნაირად:

- ბლოკის კედლები - 40 სმ,
- ფილის კედლები - 30 სმ,
- კარკასის ფილის კედლები - 25 სმ.

ფანჯრები ძირითადად ერთმაგი მინით იყო შემინული. ეს ნიშნავს, რომ შენობების უმეტესობა ზამთარში 24 საათის განმავლობაში მომუშავე ცენტრალური გათბობის საქვაბიდან ზედმეტი სითბოს მიწოდებაზე იყო გათვლილი. ამ შენობების სახურავები უმეტესწილად ბრტყელია, წყალგამძლე საიზოლაციო მასალა გათვალისწინებული იყო პროექტშიც და გამოიყენებოდა მშენებლობის დროსაც, თუმცა დროთა განმავლობაში ამორტიზაცია განიცადა, რადგანაც 30 წლის შემდეგ მას ექსპლუატაციის ვადა ამოენუ-





ილუსტრაცია 17: საცხოვრებელი სახლები, ბაქო. (ფოტო: ჯაფარი როვშანი)

რა. ამ პერიოდში, შემცირებულ იქნა მოთხოვნები შენობების თბოსაიზოლაციო თვისებებისადმი, შესაბამისად, კედლების სისქე 2-4-ჯერ იქნა შემცირებული. საცხოვრებელი კომფორტის კრიტერიუმები დაყვანილ იქნა სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების ქვედა ზღვრამდე.

არც ისე იშვიათად ბეტონის კედლებში შეიმჩნეოდა კონდენსატით გამოწვეული დაზიანებები, ხავსი და სოკოები. კიბის უჯრედები და სასხვენე გადახურვები ღია იყო და



ილუსტრაცია 18: 1970-იან წლებში აშენებული შენობები (ფოტო: ხ. სიჭინავა)





ილუსტრაცია 19: საოფისე შენობა, თბილისი (ფოტო: ხ. სიჭინავა)

თებლების გამო მაღალი თბოდაზიარებები აქვს. ენერგიის კარგვა ძირითადად გამოწვეულია ცუდი დიზაინით, არაადეკვატური ტექნოლოგიებითა და მოსახლეობის არასწორი ქცევით. იმ დროს მიღებულ კრიტერიუმებში არ იყო გათვალისწინებული ენერგეტიკული (თბოდაცვითი მახასიათებლები) საკითხები, რადგანაც ენერგორესურსები იაფი იყო. დაპროექტება ხდებოდა ისეთი გათბობის სისტემების გათვალისწინებით, რომლებიც სახლებში კომფორტული ცხოვრების პირობებს შექმნიდა და გათბობის სეზონში საქვებში გენერირებულ სითბოს უნდა შეეცხო შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციის თბოდაზიარებები. აგრეთვე უნდა აღინიშნოს, რომ წლების განმავლობაში ამ შენობების თბოდაზიარებლები კიდევ უფრო გაუარესდა. ეს ნიშნავს, რომ შენობის თბოდაცვითი პარამეტრები გაუარესდა და მათ გასათბობად კიდევ უფრო მეტი ენერგიის მოხმარება გახდა საჭირო, რომელიც დღეს უკვე აღარ არის იაფი. შესაბამისად, მოსახლეობის მნიშვნელოვანი ნაწილის საცხოვრებელი პირობების კომფორტის დონემ დაიწია.



ილუსტრაცია 20: სასტუმრო შენობები, თბილისი (ფოტო: ხ. სიჭინავა)

ა.შ. ენერგიის გადაჭარბებული ხარჯვა სამშენებლო მასალების ეკონომიის და მშენებლობის მოცულობის სათანადოდ გაზრდის საშუალებას იძლეოდა. ენერგიის დაბალი ფასების პირობებში ასეთი მშენებლობა ეკონომიკურად გამართლებულად გამოიყურებოდა.

საბჭოთა პერიოდში აშენებული შენობების უმრავლესობას დაბალი თბოდაცვითი მახასია-

თადად ორიენტიებულია სამშენებლო თბოტექნიკის ძველ საბჭოთა ნორმებზე და ხშირად ეს ნორმებიც არ არის დაცული. სამწუხაროდ, ახალი შენობების დაპროექტებისას ითვალისწინებდნენ მხოლოდ ორ საკითხს: სტატიკურ სტაბილურობას და ჰიდროგეოლოგიურ შეფასებას. ეს ნიშნავს, რომ დეველოპერები მხოლოდ ორი საბჭოთა ნორმის მიხედვით აშენებდნენ. უგულებელყოფილია თერმული წინააღობის სავალდებულო ნორმა, საბჭოთა პერიოდში კარკასის ელემენტები დაფარული იყო გარე ფილებით, ხოლო დღევანდელი პრაქტიკით შენობების კედლების ბლოკები განთავსებულია კარკასის ელემენტებს შორის, რაც ქმნის



თბურ ხიდებს. ახალ შენობებში ფართოდ გამოიყენება ორმაგი შეშინვის მეტალო - პლასტმასის ჩარჩოიანი ფანჯრები, რომელსაც აწყობენ ჩვენს ქვეყნებში შემოტანილი მინითა და ჩარჩოთი. მაგრამ საბოლოო პროდუქტის სერტიფიკაცია არ არსებობს, აქედან გამომდინარე, ორმაგი შეშინვის ფანჯრების თბოგამტარობის მახასიათებლები ჩვენს ქვეყნებში უფრო დაბალია, ვიდრე ევროპაში დამზადებული ასეთივე ფანჯრების. ახალი შენობების შეფასებამ ქ. თბილისში გვიჩვენა, რომ მიუხედავად ორმაგი ფანჯრებისა, ისინი არ მოიხმარენ ნაკლებ ენერგიას, რადგან ამ შენობების თბური წინააღობის კოეფიციენტი, ექსტერიერის დაბალი თბოდაცვითი მახასიათებლების გამო დაბალია და საუკეთესო შემთხვევაში აკმაყოფილებს მხოლოდ საბჭოთა პერიოდის დროინდელ სავალდებულო კრიტერიუმს. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შენობების საექსპლუატაციო ვადა შედარებით გრძელია, კაპიტალური სარემონტო სამუშაოები უნდა შესრულდეს მათი ექსპლუატაციაში შესვლიდან დაახლოებით ყოველ 30-40 წელიწადში ერთხელ. სავალდებულო რემონტისა და მოწყობილობის შეცვლისას შესაძლებელია შენობის ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებაც. ამ დროს ენერგიის დაზოგვის მიღწევა შესაძლებელია ნაკლები ხარჯით. ზოგ შემთხვევაში, ენერგოეფექტურობის გასაზრდელად დაფინანსება ან საერთოდ არ არის საჭირო, ან ძალიან მცირეა საკმარისი.

კერძო სახლების უმრავლესობაც სამხრეთ კავკასიის სამივე ქვეყანაში ძირითადად საბჭოთა პერიოდშია აშენებული და ამ დროს გავრცელებულ პრაქტიკას შეესაბამება. კერძო სახლებში განსაკუთრებით დიდი ენერგორესურსი იხარჯება გათბობისათვის, რადგანაც უმეტესად საბჭოთა პერიოდში გამოშვებული არაენერგოეფექტური გათბობის ქვაბებია დამონტაჟებული.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდგომი პერიოდის განმავლობაში შენობების თბომახასიათებლები კიდევ უფრო გაუარესდა. ეს ნიშნავს, რომ საწყისი სავალდებულო თბომახასიათებლების დონის პარამეტრებმა კიდევ უფრო დაიწია და ამ შენობების გასათბობად კიდევ უფრო მეტი ენერგიის მოხმარება გახდა საჭირო, რომელიც უკვე იაფი აღარ არის. შესაბამისად, სამივე ქვეყნის მოსახლეობის მნიშვნელოვანი ნაწილის საცხოვრებელი პირობები კომფორტის დონეზე ბევრად დაბალია.

სამხრეთ კავკასიის სამივე ქვეყანას საბჭოთა კავშირიდან მემკვიდრეობით დარჩა შენობები, კვარტალები და ქალაქები გათვლილი შეუზღუდავი რაოდენობის დაბალი ფასის ენერგიის მოხმარებაზე, რაც მძიმე ტვირთად აწევს ჩვენს ქვეყნებს და სრულ წინააღმდეგობაშია საბაზრო ეკონომიკის პრინციპებთან.



4. სამშენებლო მეთოდები

დღესდღეობით არსებულ სამშენებლო მეთოდებსა და მშენებლობის ტრადიციულ ფორმებს შორის სხვაობა აშკარაა. მაშინ, როდესაც ტრადიციული მშენებლობის ფორმებისთვის რეგიონალური სამშენებლო მასალის გამოყენებაა ნიშანდობლივი, რადგანაც ის ადგილობრივად მოიპოვება და შედარებით იაფია, თანამედროვე სამშენებლო საშუალებები უმეტესწილად სამშენებლო წარმოების მიერ მოწოდებული ზოგადად ხელ-



ილუსტრაცია 21: მონაპოვ. ეიფელის ეროვნული პარკი. ხის, ფახვერკის ტიპის ისტორიული ნაგებობები აშენებულია ფიქლის გადახურვით (ფოტო: თ. დუცია)

მისაწვდომი მასალებით ხორციელდება. თუ აქამდე ისტორიული ნაგებობები და ქალაქები რეგიონალური იდენტობის დამადასტურებელი იყო, ახლა თანამედროვე კონსტრუქციებმა და შენობების დიზაინმა ხელი შეუწყო გარკვეული გლობალიზაციის, ანუ განზოგადების ჩამოყალიბებას.

თანამედროვე მშენებლობა ადვილად გამოსარჩევია ქარხნულად დამზადებული ისეთი სამშენებლო მასალებით, როგორიცაა მინა, ალუმინი, ფოლადი და ბეტონი. ამასთანავე, ურბანულ, მაღალი სიმჭიდროვის გარემოში გაჩნდა საკითხები, რომლებიც

გეგმიურად უნდა გადაწყდეს. მაგ., მზიდი კონსტრუქციის დაპროექტების მოთხოვნების გარდა ამ საკითხებში შედის ხანძარსაწინააღმდეგო მოთხოვნებიც. გარდა ამისა, ზოგადი განხილვის ფოკუსში მოექცა ბევრი სხვა ისეთი თემა, რომელიც ძირითადად სამშენებლო ფიზიკის სფეროს განეკუთვნება. ასეთია ადამიანის/მომხმარებლის დაცვა გარე ფაქტორების ზეგავლენისაგან. ამდენად ცხადი გახდა, რომ ყველა კონსტრუქციასა და სამშენებლო ელემენტში გათვალისწინებულ უნდა იქნეს შემდეგი საკითხები:

- მზიდი კონსტრუქციის დაპროექტება
- სახანძრო უსაფრთხოება
- ხმის იზოლაცია
- აკუსტიკა შენობაში
- თბოდაცვა ზამთრის პერიოდში
- თბოდაცვა ზაფხულის პერიოდში
- ჰიგიენური თბოდაცვა
- ნესტიგან დაცვა
- მეხამრიდი
- სეისმომდევობა
- ვიბრაციისგან დაცვა
- მავნე ნივთიერებების ანალიზი



ამით პროექტირების განვითარება არ მთავრდება. თანამედროვე დაგეგმარებაში მხოლოდ შენობის ენერგოეფექტურობა როდია გათვალისწინებული. განიხილება აგრეთვე მაგ., სამშენებლო მასალების დამზადებაზე გაწეული ენერგოხარჯი და მათი გამძლეობა. თუმცა სამშენებლო მასალების დამზადებაზე გაწეული ხარჯი მთლიანი ანალიზის მხოლოდ ერთი ასპექტია. ასევე მნიშვნელოვანია მდგრადობა, უტილიზაცია, გამძლეობა და ტექნიკური მომსახურების ინტერვალები. აქედან გამომდინარე, მკვეთრად გაზრდილი ინტერესი ისეთი სამშენებლო მასალების მიმართ, რომელთა დამზადება შესაძლებელია ადგილობრივად, დიდი ენერგოხარჯის გაწევის გარეშე, რაც თავისთავად შეამცირებს ნედლეულის მომწოდებელ მესამე ქვეყნებზე დამოკიდებულებას.

4.1. კონსტრუქციების სახეობები



ილუსტრაცია 22: საცხოვრებელი სახლის კარკასი ქ. ოლოტში/ესპანეთი, აშენებული კარკასული კონსტრუქციით, ბეტონის საყრდენებითა და მონოლითური ღრუ ბლოკის ქვით (ფოტო: თ. დუცია)

ჩვენს დროში შენობის ასაშენებლად დამპროექტებელს ხელი მიუწვდება კონსტრუქციების მრავალფეროვან ვარიანტებზე. ტრადიციული სამშენებლო მეთოდების გარდა, მიზნობრიობიდან გამომდინარე, არსებობს აგრეთვე სხვადასხვა (შერეული) კონსტრუქციები. ძირითადად განასხვავებენ კარკასულ კონსტრუქციას საყრდენი დგარებით, კოჭებითა და ქვით, და კაპიტალურ კონსტრუქციას მზიდი კედლებით, რომელთაც თავის მხრივ გააჩნიათ სხვადასხვაგვარი ქვრის ფილების ან კოჭების კონსტრუქციები. ამასთან, დამპროექტებელს

შეუძლია გამოიყენოს ბეტონი, ფოლადი ან ხე, ანუ მასალები, რომელთა ერთმანეთთან კომბინირებაც შესაძლებელია მათზე არსებული მოთხოვნების გათვალისწინებით.

ასე მაგალითად, ხის ნაგებობაში შესაძლებელია ხის მოსაპირკეთებელი პანელების თანამედროვე კონსტრუქციის გამოყენება დიდი ზომის ასაწყობი სამშენებლო ელემენტებით. ამ მეთოდის უპირატესობა მაღალი ხარისხის ქარხნულად დამზადებული ასაწყობი დეტალების არსებობაა, რომლებიც შესაძლებელს ხდის სწრაფ აწყობასა და დაშლას შენობის გადაკეთების ან გაფართოების აუცილებლობის შემთხვევაში. ამ ტიპის ნაგებობა გათვლილია ყველანაირი ამინდზე, დამზადების პროცესში ნაკლები ტენიანობა წარმოიქმნება. სახანძრო უსაფრთხოების მხრივ ხის შენობას გააჩნია ლიმიტი - შესაბამისად, მისი რეალიზაცია ყოველთვის დამოკიდებულია სათანადო სამშენებლო დებულებებზე.



ფოტოსტრასია 23. ფახვერკის ტიპის სახლის ტრადიციული კარკასი ხის საყრდენებით, რიგვლებითა და ჩალანგარით (ფოტო: თ. დუცია)

სტატიკური სტაბილურობის, ხმის იზოლაციისა და სახანძრო უსაფრთხოების მხრივ უპირატესობის გამო, აგურითა და ბეტონით კაპიტალური მშენებლობა კვლავაც გამართლებულია, მიუხედავად იმისა, რომ ეს სამშენებლო მასალები ძალზე ენერგოტევადია.

ნებისმიერი ტიპის კონსტრუქციაში მთავარ კრიტერიუმს წარმოადგენს მისი გარდაქმნის უნარი, იშვიათი ტექნომახურების აუცილებლობა და სამშენებლო დაზიანებებისადმი ტოლერანტობა.

4.2. კედლის სტრუქტურა

შენობის კედლები არა მხოლოდ სტატიკურ და არქიტექტურულ მოთხოვნებს აკმაყოფილებენ, არამედ სახურავთან ერთად ატმოსფერული ზეგავლენისაგან დამცავ გადამწყვეტი მნიშვნელობის ელემენტსაც წარმოადგენენ, რომელიც შენობის მომხმარებელს კლიმატური პირობებისაგან იცავს. აქედან გამომდინარეობს შენობის მიმართ წვიმაგამძლეობისა და ქარგამძლეობის ზოგადი მოთხოვნები. გარდა ამ მოთხოვნებისა, ამას ემატება კედლების სტრუქტურის მოთხოვნები, რაც შეიძლება მოიცავდეს თბოიზოლაციას ზაფხულისა და ზამთრის პერიოდში, ნესტისაგან დაცვას კონსტრუქციაში კონდენსატის რომ არ წარმოქმნას, გარე ხმაურის იზოლაციისა და ხანძარსაწინააღმდეგო დაცვას. შენობის ენერგოხარისხისა და CO₂-ის გამოყოფის შემცირების თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კედლების თბოიზოლაციის ხარისხი, ვინაიდან კედლები სახურავთან ერთად შენობის გარე ზედაპირის (კონსტრუქციული ნაწილის) ძირითად ელემენტს წარმოადგენენ.

ენერგეტიკული თვალსაზრისით განასხვავებენ გარე, შიდა და კედლის შუაგულში მოქცეული თბოიზოლაციების მქონე კედლის სტრუქტურას. გარე შრემ ნებისმიერ შემთხვევაში უნდა უზრუნველყოს წვიმისაგან დაცვა. აქედან გამომდინარე, პროექტირების პირველი რიგის ამოცანას წარმოადგენს ამ შრის წყალმედეგობა. კონსტრუქციული თვალსაზრისით განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს კედლების მზიდუნარიანობას. განასხვავებენ ტრადიციულ, კაპიტალურ შენობას, რომელიც მთლიან კედელს მუდმივი დატვირთვისა და ექსპლუატაციით განპირობებული სხვა ზემოქმედებების საძირკველში გადატანისთვის იყენებს. ეს შედარებით რთული სამშენებლო მეთოდი გარკვეულ პირობებში ძალზე ეფექტურია სახანძრო უსაფრთხოებისა და ხმის იზოლაციის თვალსაზრისით. გარე ხმაურის პრევენციული იზოლაციის მხრივ მასიური, მძიმე კონსტრუქციები განსაკუთრებულ უპირატესობას აღწევენ. ხმის დამხშობი ღონისძიება ეფუძნება ძირითად წონას და დამოკიდებულია სიხშირეზე (ბერგერის მასის კანონი აღწერს ამ ურთიერთკავშირს). ეს ეხება ყველა ხმაურის ჩამხშობ ღონისძიებას და ამტკიცებს, რომ m მა-



სის ან f სიხშირის გაორმაგებით ხმის იზოლაციის პარამეტრი იზრდება 6 დეციბალით.

თუმცა, ეს არ იმოქმედებს კედლის თბურ დაცვაზე. აქ მნიშვნელობა ენიჭება საიზოლაციო ფენის თბოგადაცემის კოეფიციენტი λ -ს, რომელიც შეიძლება გამოითვალოს თბოიზოლაციის შრის სისქისა და სითბოს გატარების კოეფიციენტის - λ საფუძველზე.

იმის მიუხედავად, შენობა როგორ დაპროექტდება - კარკასული კონსტრუქციის თუ მზიდი კედლის პანელების მქონე მასიური კონსტრუქციის სახით, კედელი ყოველთვის წარმოადგენს კომბინირებულ სამშენებლო კომპონენტს, რომელიც შედგება მასიური ელემენტებისა და ღიობებისაგან - ფანჯრების სახით. ეს გავლენას ახდენს მის ზიდვის (დატვირთვის) უნარსა და სამშენებლო-ფიზიკურ ხარისხზე. ენერგეტიკული თვალსაზრისით, საჭიროა კედლის შემადგენელი განსხვავებული სამშენებლო ელემენტების ცალკე განხილვა. კედლის კონსტრუქციის სასურველი ხარისხის უზრუნველსაყოფად, ინტერესის საგანს მხოლოდ კუთრი წონა, თბოგადაცემის კოეფიციენტი და ზიდვის უნარი არ წარმოადგენს. დაპროექტებისა და ტექნიკური ზედამხედველობის განხორციელების პროცესში ყურადღება უნდა მიექცეს სამშენებლო ელემენტების შეერთების ადგილებს, მასალების ცვლილებასა და გამჭოლ ელემენტებს. ამ შემთხვევაშიც ყველაზე სუსტ სამშენებლო დეტალს შეიძლება გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჰქონდეს მომხმარებლისთვის.

გარე ხმაურის იზოლაციის მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით, კედლები უნდა განიხილებოდეს, როგორც კომბინირებული სამშენებლო დეტალი და უნდა მოხდეს კედლისა და ფანჯრის განსხვავებული თვისებების გამოთვლა. ამასთან, თითოეული ელემენტის მახასიათებელი და კონსტრუქციული სისქე ერთმანეთს ავსებენ ხმის იზოლაციის საბოლოო კრიტერიუმის საერთო პარამეტრების ჩამოსაყალიბებლად.

4.3. ფანჯრები და კარები

ფანჯრები და კარები მნიშვნელოვნად განსაზღვრავენ შენობის ექსპლოატაციისა და მასში ცხოვრების ხარისხს. შენობის დაპროექტებისას ორივე სამშენებლო კომპონენტი-სადმი არსებობს განსხვავებული მოთხოვნები, რომლებიც გათვალისწინებულ უნდა იქნას. კარები და ფანჯრები, როგორც მოძრავი სამშენებლო დეტალები, არქიტექტურული და სამშენებლო-ფიზიკური მოთხოვნების გარდა ასრულებენ უსაფრთხოების, ანუ დაცვის ფუნქციასაც. კარ-ფანჯრების სამშენებლო ფიზიკასთან დაკავშირებულ საკითხებს განეკუთვნება ხმის იზოლაცია, სახანძრო უსაფრთხოება, თბოიზოლაცია, როგორც ზამთრის, ასევე ზაფხულის პერიოდში. შენობაში ცხოვრების ხარისხისათვის ასევე ძალზე მნიშვნელოვანია ფანჯრებზე დამოკიდებული განათების პირობები.

არსებითად უნდა განვასხვაოთ ერთმანეთისაგან კარები და ფანჯრები, თუ ისინი დამზადებულია მხოლოდ გაუმჭირვალე სამშენებლო მასალისაგან. პროექტის მიზნობრიობიდან გამომდინარე, ფანჯრების კონფიგურაციისას დამპროექტებელს გააჩნია მრავალი შესაძლებლობა იმისათვის, რომ ერთმანეთს დაუკავშიროს სხვადასხვა თვისებების მქონე ელემენტები. ტექნიკური შესაძლებლობებში შედის ფანჯრის მინების ვარიაციები, მინებს შორის სივრცე, გაზით შევსება, შემინვის რაოდენობა ან მინის შემაერთებელი პროფილი. მსგავსი მრავალფეროვანი არჩევანის დროს შესაძლებელია შემდეგი მოთხოვნების დაკმაყოფილება:

- თბოიზოლაცია ზამთრის პერიოდში
- თბოიზოლაცია ზაფხულის პერიოდში
- ხმის იზოლაცია
- ხანძარსაწინააღმდეგო დაცვა



ზამთრის პერიოდში თბოიზოლაციის მოთხოვნების განსახორციელებლად, პირველ რიგში ყურადღება ექცევა მინების რაოდენობას, მინებს შორის სივრცის გაზით შევსების ტიპს და მინების შემაერთებელ პროფილს. ორმაგი და სამმაგი შემინვის მქონე ფანჯრებში შესაძლებელია მივიღოთ ფანჯრების თბოგადაცემის კოეფიციენტი U , რომელიც შეადგენს $1,2 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$ -დან $0,7 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$ -მდე. თბოიზოლაციის მქონე გარე კედლებთან შედარებით, მაღალი კოეფიციენტის მქონე ფანჯრების ეს მახასიათებელი სიდიდე მაინც დაახლოებით სამჯერ უარესია. ამიტომ დამპროექტებელმა პროექტშივე უნდა გათვალისწინოს ფანჯრების ფართობი და ის, თუ რა გავლენას იქონიებს იგი ზაფხულში მზის გამოსხივებისგან მომდინარე სითბოზე, ხოლო ზამთარში თბურ დანაკარგებზე.

მინების რაოდენობის გარდა, შესაძლოა სხვა სახის ოპტიმიზაციაც - ფანჯრებში ე.წ. თბილი კიდეის ჩაშენება. ამასთან, მინის შემაერთებელი პროფილი, რომელიც ფანჯრის მინებს გვერდულად კეტავს, შეიძლება დამზადებული იყოს არა ალუმინისგან, არამედ პლასტიკური მასალისგან. ამ გზით შესაძლებელია გრძივი თბური დანაკარგების გაუმჯობესება.

ზაფხულობით კი თბოიზოლაციისთვის ძალზე მნიშვნელოვანია მინებზე ფირის გადაკვერა, რომელიც მზის გამოსხივების შიგნით შემოჭრას ამცირებს. ამგვარი მინების მარკირებისათვის გამოიყენება მზის გამოსხივების გამტარობის კოეფიციენტი g . რაც უფრო დაბალია g კოეფიციენტი, მით უფრო მეტ გამოსხივებას შემოუშვებს შიგნით ფანჯრის მინა. სწორედ ამიტომ ზემოაღნიშნული ფირის საფარი უნდა განვიხილოთ მზის გამოსხივების შესამცირებელ სხვა დამცავებთან ერთობლიობაში, რომლებიც რამდენადაც ეს შესაძლებელია, გარედან უნდა გადაეკრას მინას, რათა თავისი ფუნქცია შეასრულოს. ფანჯრების ხმის იზოლაციის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად მხედველობაშია მისაღები მინის სისქე და მინაპაკეტში მინებს შორის დაშორება. ხმის იზოლაციის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად ასევე მნიშვნელოვანია ფანჯრის ჩარჩოსა და შენობას შორის შეერთება. ამისათვის საგაღებულოა ჩარჩოსა და შავ კარკასს შორის მთელი პერიმეტრის ჰერმეტიკული მასით დაფარვა და დამონტაჟებისას გაჩენილი ბზარების სრულად ამოვსება.

პრევენციულ სახანძრო უსაფრთხოებასთან მიმართებაში უნდა განვასხვაოთ ორგანიზაციული და სტრუქტურული ღონისძიებები. ფანჯრებისა და კარების ჩაშენებით ხდება სახანძრო უსაფრთხოების ხელშეწყობა. აქ დამპროექტებელმა უნდა გაითვალისწინოს ამა თუ იმ სამშენებლო კომპონენტის ხანძარგამძლეობის უნარი დროის მხრივ. როგორც წესი, ეს დრო განისაზღვრება 30, 60, 90 ან 120 წუთით. ამ თვალსაზრისით მინები განსხვავდება ერთმანეთისგან. არსებობს ისეთი მინები, რომლებიც ზემოთ ჩამოთვლილ დროებით ხანძარსაც უძლებენ და სიმხურვალესაც არ ატარებენ, ზოგიერთი მინიდან კი, მიუხედავად იმისა, რომ ხანძარს უძლებს, ხანძრით გამოწვეული სითბოს მოდინება მაინც შეიგრძნობა.

კარებთან დაკავშირებით გასათვალისწინებელია მსგავსი კლასიფიკაცია ზამთრის თბოიზოლაციასთან, სახანძრო უსაფრთხოებასთან და ხმის იზოლაციასთან მიმართებაში. ასევე მნიშვნელოვანია უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული ყველა სხვა საკითხი. მთლიანობაში ფანჯრებიცა და კარებიც მოიხზრებიან კომპლექსურ სამშენებლო კომპონენტებად, რომელთა კონფიგურაციის განსაზღვრაც დამოკიდებულია დამპროექტებელზე.



4.4. სახურავები

ტრადიციულად სახურავების ფორმა და დახრის კუთხე განპირობებულია კლიმატური პირობებითა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობით. სახურავების კონსტრუქციის ძირითად მიზანს ყოველთვის წარმოადგენდა წყლის შეღწევისაგან დაცვა და აქედან გამომდინარე, დაგროვებული წყლების სათანადო არჩინება. ასე წარმოიქმნა წვიმიან რეგიონებში უფრო მკვეთრად დახრილი სახურავები. ხოლო იქ, სადაც დიდთოვლობა ქარბობდა, სახურავები ნაკლებად დახრილია, რათა თოვლი სახურავზე შემორჩენილიყო და ზვავივით არ წამოსულიყო. თბოიზოლაცია და მასთან დაკავშირებული ენერგოდაზოგი მშენებლობა წარსულში არასოდეს ყოფილა დაპროექტების მიზანი. ამიტომაც სახურავის თბოიზოლაციას განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება. თანამედროვე მშენებლობის შესაძლებლობების გავრცელებასთან ერთად გაქრა ტრადიციული და რეგიონალური ელემენტები. სახურავების მახასიათებელი ფორმები განიდევნა და სულ უფრო მეტად მოიკიდა ფეხი ბრტყელი გადახურავის კონსტრუქციამ.

დღესდღეობით დამპროექტებლებს გადახურვის და ჰერმეტიზაციის სისტემების ფართო არჩევანი აქვთ. სახურავები იყოფა სამი სახის ფუნდამენტურად განსხვავებულ კონსტრუქციებად: ცივი სახურავი, თბილი სახურავი და ინვერსიული სახურავი.

დახრილ ორფერდა ან ცალმხრივად დაფრდებულ სახურავებს, როგორც წესი, აშენებენ ცივი სახურავის კონსტრუქციის სახით. ამ კონსტრუქციაში გადახურვა ვენტილირებადია და წარმოქმნის წყალგამტარ ფენას. ეს კონსტრუქცია ყველაზე მეტად შეესაბამება დახრილი სახურავების მშენებლობის ისტორიულ მეთოდს. გადახურვისათვის კრამიტისა და თუნუქის გარდა ასევე გამოიყენებენ ბუნებრივ ქვებსაც, მაგალითად ფიქალს. ცივი სახურავის თბოიზოლაციის შემთხვევაში, თბოსაიზოლაციო მასალა შიდა მხრიდან სპეციალური მემბრანით, ე.წ. ორთქლის "დამჭერი, ანუ ორთქლშეუღწევადი მემბრანით" გადაიჭიმება. ეს ორთქლის შემაკავებელი მემბრანა აუცილებელია, რათა საიზოლაციო შრეში არ წარმოიქმნას კონდენსატი, რამდენადაც თბილმა ჰაერმა შეიძლება კონვექციურად შეაღწიოს თბოსაიზოლაციო მასალის ფენაში.

სრულიად საპირისპიროა თბილი სახურავის კონსტრუქცია, რომელიც, როგორც წესი, ბრტყელი სახურავებისთვის გამოიყენება. მას არ გააჩნია სავენტილაციო შრე. თბილი სახურავის ფენების სტრუქტურაში შედის მზიდი გარსი, ორთქლის დამჭერი, ანუ ორთქლშეუღწევადი მემბრანა, თბოსაიზოლაციო შრე და სახურავის ჰერმეტიზაცია.

მზიდ გარსად გამოიყენება ბეტონის გადახურვა, გოფირებული თუნუქი ან ხის ფიცრები, რომლებზეც დაიტანება საიზოლაციო და ჰერმეტიზაციის პაკეტი. კონსტრუქციის ზედა მხარე წარმოადგენს ჰიდროიზოლაციას, რომელიც სახურავზე დასაგები სინთეტიკური მასალის ან ბიტუმის რულონების (ტოლის) სახით მზადდება.

თუ სახურავი წარმოადგენს ხის კონსტრუქციას, იმისდა მიუხედავად, თბილია სახურავი თუ ცივი, არ შეიძლება იმის დავიწყება, რომ ხის სახურავი ნესტისადმი მგრძნობიარეა. ეს კი დამპროექტებელს იმაზე მიაჩნნებს, რომ პროექტში გასათვალისწინებელია შრობის რეზერვები და ისიც, რომ მან განსხვავებული შრეების სამშენებლო-ფიზიკური თვისებები ერთმანეთს უნდა შეუსაბამოს.

ინვერსიული სახურავი თავისებურია და რადიკალურად განსხვავდება თბილი და ცივი სახურავების კონსტრუქციებისგან, რადგანაც აქ ჰიდროსაიზოლაციო შრე თბოსაიზოლაციო მასალის ქვეშ მდებარეობს. ამდენად, თბოსაიზოლაციო მასალა მუდმივად ნესტიან ადგილასაა განთავსებული. ამგვარ სახურავში მხოლოდ XPS-პოლისტიროლ-პენოპლასტის საიზოლაციო მასალას იყენებენ. თბილი და ცივი სახურავების კონსტრუქციებში დამპროექტებელს შესაბამისი თბოსაიზოლაციო მასალების გაცილებით დიდი არჩევანი აქვს.



4.5. გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილები - საძირკვლის ფილა და სარდაფის კედლები

გრუნტთან შეხებაში მყოფ შენობის ნაწილებში უნდა განვასხვაოთ საძირკვლის ფილა და გარე კედლები. იმ დროს, როდესაც ორივე სამშენებლო ელემენტს უყენებენ ნესტის მიმართ ჰერმეტიზაციის მოთხოვნებს, კედლების შემთხვევაში მზიდი კონსტრუქციის დაპროექტებისას დამატებით საჭიროა გრუნტის მიერ წარმოშობილი წნევის კონსტრუქციული გამოთვლა.

ნესტისაგან დაცვის მოთხოვნა განპირობებულია მომიჯნავე გრუნტის მდგომარეობით და იმისდა მიხედვით, თუ როგორ დგას წყალი და როგორ ხდება მისი არინება. ამასთან, სტატიკური მონაცემების გარდა, საჭიროა გეოლოგიური დასკვნაც.

ჰიდროჰერმეტიზობასთან დაკავშირებული დამატებითი მოთხოვნები განპირობებულია სარდაფის სათავსების გამოყენების წესით. აქ უნდა განისაზღვროს, იგი დაუთბუნებელ შენობაში სასაწყობო დანიშნულებით გამოიყენება, თუ სათავსოს შიდა გათბობით უნდა გამოიყენონ საცხოვრებლად.

ორივე ვარიანტი ითვალისწინებს განსხვავებულ ხარისხობრივ მოთხოვნას:

როგორც ჰიდროიზოლაციის მიმართ სისველის წინააღმდეგ, ასევე თბოიზოლაციის მიმართ თბური დანაკარგების თავიდან ასაცილებლად.

სარდაფის სათავსების ჰერმეტიზაციისთვის დამპროექტებელს შეუძლია, გამოიყენოს შემდეგი შესაძლებლობები: თეთრი აბაზანა - წყალგაუმტარი რკინა-ბეტონის კონსტრუქცია, ან შავი აბაზანა - ბიტუმის სქელი ფენით დაფარული კონსტრუქცია. გრუნტის წყლების ან ფენათშორის წყლების მატებიდან გამომდინარე, ჰერმეტიზობის გასამყარებლად, შეიძლება სადრენაჟო სისტემის მოწყობაც, რომელიც შეამცირებს წყლის წნევას.



5. სამშენებლო მასალები

5.1. მასალების სითბოს აკუმულირების უნარი

ამჟამად არსებული გათბობის სისტემები, როგორც წესი, წყვეტილ რეჟიმში მუშაობენ. საღამოობით, დადგენილ დროს, სისტემები გადადიან ღამით კლების რეჟიმზე. ჰაერი შენობაში და შენობის შემოზღუდვი კონსტრუქციის ნაწილები გრილდება. თუ გაგრილება ძალიან ძლიერია, დილაობით მატულობს დამატებითი გათბობის საჭიროება. ამ ეფექტის შესამცირებლად ფართის, თბომწარმოებლურობის, სითბოს გადაცემის და პაერცვლის გარდა მნიშვნელოვანია ასევე კედლის ქერისა და იატაკის ხარისხის გათვალისწინებაც. გათბობის პროცესზე დადებითი ზეგავლენის მიღწევა შეიძლება ასევე დაბალი თბოგამტარი თვისებების მქონე სამშენებლო მასალის გამოყენებით. ამის შეფასება შესაძლებელია ე.წ. სითბოშელწევადობის კოეფიციენტის b საშუალებით, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$b = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot p}$$

სადაც:

b - სითბოშელწევადობის კოეფიციენტი $[(W \cdot s/0,5)/(m^2 \cdot K)]$

λ - კუთრი თბოგამტარობა $[W/(m \cdot K)]$

c - კუთრი თბოტევადობა $[J/(kg \cdot K)]$

p - მოცულობითი სიმკვრივე $[კგ/მ^3]$

ამასთან, რაც უფრო დაბალია მასალის სითბოშელწევადობის კოეფიციენტი b , მით უფრო ნაკლებია სამშენებლო კომპონენტში თბოგამტარობა და მით უფრო სწრაფად ხდება სამშენებლო ელემენტების ზედაპირის გათბობა. ამდენად, სითბოშელწევადობის

მასალა	მოცულობითი სიმკვრივე [კგ/მ ³]	სითბოშელწევადობის კოეფიციენტი b [kJ/m ² h0,5K] კგ/მ ³ სთ0,5 კ
მინაბამბა	100	0,055
ხე (სოჭი)	500	0,10
მერქან-ბოჭკოვანი ფილა	300	0,18
კორპი	100-200	0,16-დან 0,24-მდე
აგურის წყობა	1800	1,2-1,4
ფლოატ-მინა	2500-2600	1,3-1,5
იატაკის მოჭიმვა	2000	1,5
ფილები	2300	
ბეტონი	2200	1,5-1,7
ფოლადი	7800	14
სპილენძი	8900	36

ცხრილი 2: სხვადასხვა მასალების სისქისა და თბოგამტარობის კოეფიციენტების მაგალითები.



კოეფიციენტი α არის სათავსოებისა და კონსტრუქციების შეფასების საზომი. ამ სიდიდით წინასწარ შეგვიძლია დავადგინოთ, სათავსოების გათბობა მოკლე ვადაშია შესაძლებელი, თუ გათბობის პროცესი გახანგრძლივდება, ვინაიდან გარემომცველ სამშენებლო ელემენტებს გააჩნიათ მაღალი სითბოშელწევადობის კოეფიციენტი α , სამაგიეროდ სითბოს აკუმულირება უკეთ შეუძლიათ.

მაღალი სითბოშელწევადობის კოეფიციენტი ნიშნავს მასალის ძლიერ სითბოს აკუმულირების უნარს. სამაგიეროდ, დაბალი სითბოშელწევადობის კოეფიციენტი იმის მარგენებელია, რომ მასალა ნელა შთანთქმავს სითბოს და ხელით უშუალო შეხებისას შედარებით თბილად გვეჩვენება.

5.2. შენობათა თბოსაიზოლაციო მასალები

ენერგოეფექტური შენობის ასაშენებლად არსებობს თბოსაიზოლაციო მასალის ფართო არჩევანი, რომლებიც მოთხოვნების შესაბამისად შეიძლება შეირჩეს.

თბოსაიზოლაციო მასალები			
არაორგანული		ორგანული	
ბუნებრივი ნედლეულისგან	სინთეტიკური ნედლეულისგან	ბუნებრივი ნედლეულისგან	სინთეტიკური ნედლეულისგან
კერამიტი	აფუებული მინა	ბამბა	PUR (პოლიურეთანი)
პემზა	კალციუმის სილიკატი	სელი	XPS (ექსტრუდირებული პოლისტიროლი)
პერლიტი	მინერალური ბოჭკო	კანაფი	EPS (ექსპანდირებული პოლისტიროლი)
ვერმიკულიტი	ქაფმინა	მერქნის ბოჭკო	
		ხის ბურბუშელა	
		ხის მატყლი	
		კორპი	
		ცელულოზის ბოჭკო	
		ჩალა	

ცხრილი 3: თბოსაიზოლაციო მასალები.

საცხოვრებელი სახლის მშენებლობისათვის შესაძლებელია ნაგებობის დაყოფა ტიპური სამშენებლო კომპონენტების მიხედვით:

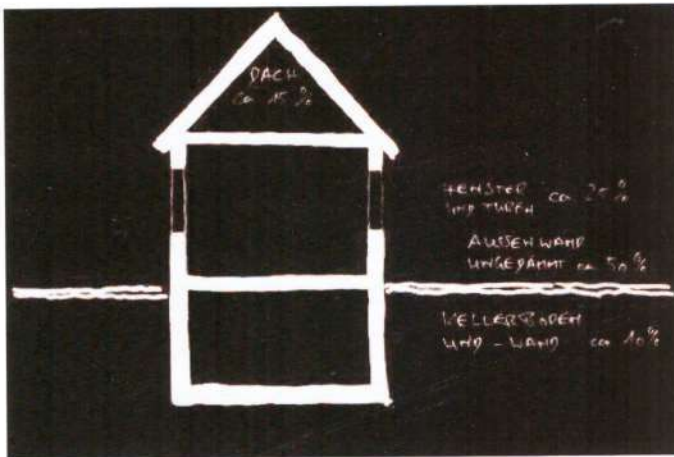
გრუნტის საიზოლაციო საძირკვლის ფილასთან მიმართებაში, უპირველეს ყოვლი-



სა, არსებობს მოთხოვნა საძირკველში საიზოლაციო მასალის კომპრესიული ძალისა და ხანგამძლეობის მიმართ. აქედან გამომდინარე, ეს იზოლაციები არა მარტო კუმშვისადმი გამძლე უნდა იყოს, არამედ იმ ქიმიკატების მიმართ რეზისტენტულიც, რომლებსაც შეესაძლოა შეიცავდეს გრუნტის წყლები. გარდა ამისა, მოთხოვნები იცვლება გრუნტის ან ფენათშორისი წყლების არსებობის შემთხვევაში. გრუნტთან შეხებაში მყოფ არეში პერიმეტრის საიზოლაციოდ განსაკუთრებით გამოსადეგია ქაფმინის, XPS, PUR ან EPS გამოყენება.

გარე კედლების იზოლაციისათვის გამოდგება მინერალური ბამბა, სელი, მატყლი ან EPS. აქ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს საიზოლაციო მასალის ფორმადგრადობას და მოთხოვნებს სახანძრო უსაფრთხოების მიმართ. თუ ხორციელდება საცხოვრებელი შენობის შემდგომი დამატებითი თბოიზოლაცია, რომლის გარე კედლის კონსტრუქცია აგებულია ჰაერის შუაშრის მქონე ორმაგი კედლის სახით, მაშინ გამოიყენება საიზოლაციო მასალის ჩაჭირხენის მეთოდი. საამისოდ გამოიყენებენ იმგვარ საიზოლაციო მასალას, რომლის შეტანაც კედლის შუაშრეში ფხვიერი სახით არის შესაძლებელი.

სახურავისათვის საიზოლაციო მასალის შერჩევა ასევე დამოკიდებულია მისი ჩაშენების თავისებურებებზე. ბრტყელი სახურავის თბოიზოლაციისათვის გამოიყენება EPS, ქაფმინა, XPS ან მინერალური ბამბა. აქ წინასწარ უნდა გაირკვეს, გამოიყენება თუ არა სახურავის ფართი, რა მიზნით გამოიყენება იგი და რა სიმძიმის დატვირთვაა მასზე მოსალოდნელი. თუ სახლი შენდება დახრილობის მქონე ხის ნივნივს კონსტრუქციის სახით, იზოლაცია განთავსდება ნივნივების თავზე ან ნივნივებს შორის ღრეჩოებში. ნივნივებს შორის იზოლაციისათვის ისეთი მასალა უნდა შეირჩეს, რომელიც ხის მასალის სეზონურ ცვლილებას შეესაბამება. ამ შემთხვევაში სასურველია მინერალური ბამბის გამოყენება, რომელსაც ჭარბი ოდენობით დააფენენ ხეებს შორის. თუ საიზოლაციო მასალა განთავსდება ნივნივების თავზე, უმჯობესია EPS და PUR საიზოლაციო ფილების გამოყენება, რომლებიც, საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება კომპოზიტური მასალის სახით იქნას ჩაშენებული.



ილუსტრაცია 24: კერძო სახლის ცალკეული ნაწილის სავარაუდო წილი საერთო თბურ დანაკარგებში. (წყარო: თ. დუცია; ნ. ბოგუშ; სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ. 133)

5.2.1. მინერალური ბამბა

მინერალური ბამბა	
საწყისი ნედლეული	კვარცის ქვიშა, მინის ნარჩენები, ბაზალტი ან დიაბაზი
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,035-0,045 ვტ/(მ·K)
წყლისორთქლის დიფუზიის წინაღობა μ	1-2
მოცულობითი სიმკვრივე	15-150 კგ/მ ³
კუთრი სითბოტევადობა	840-1000 ჯ/კგ·K
წვის თვისებები	არ იწვის
მეორეული გამოყენების უნარი	ნაწილობრივ გადამუშავდება; როგორც მინერალური სამშენებლო მასალა მინერალური ბამბა არის უტილიზებადი
გამოყენების შესაძლებლობები	თბოიზოლაცია დაცული უნდა იყოს ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან; ბრტყელი და დახრილი სახურავების თბოიზოლაცია; ნივნივებს შორის თბოიზოლაცია; ფასადები; შიდა თბოიზოლაცია; ჩატკეპნით იზოლაცია; გათბობის მილებისა და სავენტილაციო სისტემების თბოიზოლაცია, თბოიზოლაცია ხმაურისაგან დაცვის თვისებებით



მინერალური ბამბა არის იმ თბოიზოლაციო მასალების კრებითი სახელი, რომლებიც დამზადებულია მინის ან ქვის ბაზაზე. დამზადების დროს ხდება საწყისი მინერალური ნედლეულის გადნობა, რომლის შემდგომი ცენტრიფუგირებითა და საქშენებიდან გაფრქვევით მიიღება მინერალური ბოჭკო.

მინაბამბის დასამზადებლად საწყის ნედლეულად გამოიყენება მინის ნარჩენები ან მინის ნედლეული, როგორცაა კვარცის ქვიშა, ხოლო ქვაბამბის დასამზადებლად - ბაზალტი ან დიაბაზი.

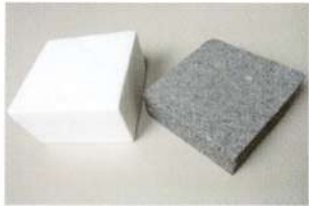
მინაბამბისა და ქვაბამბის იზოლაცია ორთქლგამტარია და იგი შენობის შიდა მხრიდან უნდა დაცული იყოს ფოლგით ან დიფუზიური ფირით, რათა არ მოხდეს კონდენსატის წარმოქმნა საიზოლაციო შრეში. გარდა ამისა, მინერალური ბამბა არის ობის, ლპობისა და მაგნებლების მიმართ მედეგი. ვინაიდან მინერალური ბამბის საწყისი ნედლეული მინერალური წარმოშობისაა, იგი არ იწვის.

შენობის რეკონსტრუქციისას შესაძლოა ძველმა მინერალურმა ბამბამ ჯანმრთელობის პრობლემა წარმოშვას. არსებობს ეჭვი, რომ მინერალურ ბამბაში ჩაყოლებული მოკლე ბოჭკოები იწვევს კიბოს დაავადებას. მინერალური ბამბის დამუშავებისას აუცილებელია რესპირატორის გამოყენება.



მინერალური ბამბა გამოიყენება ფასადების, ბრტყელი და ორფერდა სახურავების იზოლაციისათვის, აგრეთვე სავენტილაციო სისტემებისა და თბოგაყვანილობების ტექნიკური იზოლაციისათვის. მინერალური ბამბის გამოყენება შეიძლება ასევე ხმაურთან-თქმითი მოთხოვნების შემთხვევაშიც.

5.2.2. PS - პოლისტიროლ-ქაფპლასტი

EPS - აფუებული პოლისტიროლი		
საწყისი ნედლეული	ნავთობის სტიროლი, ასაფუ- ებელი დამხმარე საშუალება	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,032-0,040 ვტ/მ·K	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღმდეგობა $d \mu$	20-100	
მოცულობითი სიმკვრივე	10-35 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	1500 ჯ/(კგ.K)	
წყლის ტვისებები	რთულად აალებადი (აალებისაგან დამცავი საშუ- ალებით აღჭურვისგამო)	
მეორეული გამოყენების უნარი	მხოლოდ წმინდა ხარისხის და დაუბინძურებელი ნარჩე- ნები, შესაძლებელია ენერგე- ტიკული მეორადი გამოყენე- ბა	
გამოყენების შესაძლებლობები	ფასადის თბოიზოლაციო პანელი, ბრტყელი სახურავე- ბი, შიდა თბოიზოლაცია, იატაკის მოჭიმვის ქვეშ ხმაუ- რისგან დაცვის საჭიროების- თვის	

პოლისტიროლ-ქაფპლასტი არის უკრეფოვანი მყარი პლასტიკური ფორიანი მასა პოლისტიროლისგან ან პოლიმერული ნარევისგან მიღებული, რომელშიც მეტი წილი პო-
ლისტიროლია. დამზადების ტიპის მიხედვით გამოარჩევენ:

- შედუღებული, აფუებული პოლისტიროლის გრანულებს (EPS)
- ექსტრუდერით აქაფებულ ქაფპოლისტიროლს (XPS)

პოლისტიროლი იწარმოება ნავთობსახედილი პროდუქტის - სტიროლისაგან. პოლის-
ტიროლისაგან დამზადებული საიზოლაციო მასალა არის აალებადი, ამიტომ მათი და-
მუშავება ყოველთვის ხდება ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალებებით. გასულ წლებში ეს
ხდებოდა HBCD (Hexabromcyclododecan) - ის დამატების შედეგად. ქიმიკატების შესახებ
ევროპის REAH დადგენილებით HBCD შეფასდა როგორც ძალზე შხამიანი ნივთიერება
წყლის ორგანიზმების მიმართ. დღესდღეობით, მისი, როგორც ანტიპალებადი საშუალე-
ბის გამოყენება, მთელ მსოფლიოში აკრძალულია. გრაფიტის დამატებით დამხმარე



ნივთიერებადგამოყენებისას (ნაცრისფერი პანელი), იზრდება საიზოლაციო პანელის სითბოს დაგროვების უნარი. გრაფიტის ნაწილაკების დამატებით შესაძლებელია კუთრი თბოგამტარობის შემცირება.

EPS არის მუავაგამძლე (ლპობაგამძლე), ნაკლებად ელასტიური და ნესტის მიმართ გამძლე. შესაძლო ტენიანობა შეადგენს < 5 %.

XPS - ექსტრუდირებული პოლისტიროლი		
საწყისი ნედლეული	ნავთობის სტიროლი,	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,030-0,040 ვტ/ მ.კ	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობა μ	20-100	
მოცულობითი სიმკვრივე	25-45კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	1300-1700 ჯ/(კგ.К)	
წვის თვისებები	რთულად აალებადი	
მეორეული გამოყენების უნარი	მხოლოდ წმინდა ხარისხის და დაუბინძურებელი ნარჩე- ნები, შესაძლებელია ენერგე- ტიკული მეორეული გამოყე- ნება	
გამოყენების შესაძლებლობები	გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილის თბოიზო- ლაცია (სარდაფის თბოიზო- ლაცია და საძირკვლის ფი- ლის ქვეშ); ინვერსიული სახუ- რავი	

XPS-ით აღნიშნავენ ექსტრუდირებულ ხისტ ქაფპლასტს. მასალას გააჩნია მაღალი წინაღობა კუმშვაზე და იგი გამოიყენება გრუნტთან შეხებაში მყოფ არეზე პერიმეტრული თბოიზოლაციისთვის ან ინვერსიული სახურავისთვის.

EPS-ის და XPS-ის დამუშავება ხდება სამშენებლო მოედანზე როგორც წესი თერმუ-ლი ხერხის გამოყენებით. ულტრააიისფერი სხივების ზემოქმედებისგან ზედაპირი ყვით-ლდება და მასალა ხდება მყიფე. ამიტომ EPS-ისა და XPS-ის მასალა მუდამ დაცული უნ-და იყოს მზის სხივებისაგან. ორივე ტიპის საიზოლაციო მასალა სამშენებლო მოედანზე დაცული უნდა იყოს აგრეთვე გამხსნელთან, სანავატან და მინერალურ ზეთებთან შეხე-ბისაგან, ვინაიდან ამ ნივთიერებების ზედაპირზე მოხვედრისას მთლიანად ზიანდება სა-იზოლაციო მასალა.

ეს საიზოლაციო მასალები არ არის ჯანმრთელობისათვის საშიში. ასე რომ სტირო-ლი საკვები პროდუქტის შესაფუთავადაც კი გამოიყენება.



5.2.3. ქაფმინა

ქაფმინა		
საწყისი ნედლეული	ქვიშა, კირი, დოლომიტი, მინის ნარჩენები ავტონდუსტრიიდან	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,040-0,60 ვტ/(მ·კ)	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობა $d \mu$	უსასრულო	
მოცულობითი სიმკვრივე	115-220 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	800 ჯ/(კგ·K)	
წვის თვისებები	არ იწვის	
მეორეული გამოყენების უნარი	მხოლოდ წმინდა ხარისხის და დაუბინძურებელი ნარჩენები, რომელსაც არ აქვს მიკრული ბიტუმი	
გამოყენების შესაძლებლობები	სახურავი და ქერი - ატმოსფერული ზემოქმედებისგან დაცულ ადგილებში/შიდა იზოლაცია/, კედლები და საძირკვლის ფილა გრუნტის იზოლაციისთვის/ტექნიკური იზოლაცია	

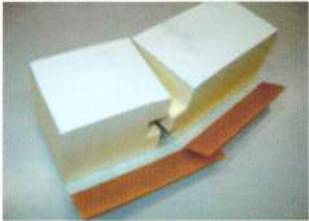
ქაფმინა არის საიზოლაციო მასალა, რომელიც ნაწილობრივ იწარმოება ავტონდუსტრიის სპეციალური მინის ნარჩენებისგან (დაახლ.66%), კვარცის ქვიშისგან, დოლომიტისგან, ასევე კალციუმის და ნატრიუმის კარბონატისგან. ქაფმინა არ შეიცავს შემკვრელ ნივთიერებას.

საიზოლაციო მასალა არ იწვის, არის წყალგაუმტარი და კუმშვადამდლე. შიდა სტრუქტურა არის უჯრედოვანი, ამიტომ ქაფმინა არის ორთქლშეუღწევი და არ არის ზედაპირულად აქტიური. მისი მაღალი კუმშვადამდლეობიდან გამომდინარე, ქაფმინა უმეტესად საძირკვლის ფილისა და მზიდი სამშენებლო ელემენტების ქვეშ გამოიყენება. ვინაიდან ფილის კიდეები დაცული უნდა იყოს ყინვისგან, დაგების დროს მათ გადაფარავენ თხევადი ბიტუმიტ. ქაფმინა ფილების სახით იგება სახურავებზე, საძირკვლის ფილის ქვეშ და გარე კედლებზე. ამას გარდა შესაძლებელია ქაფმინის ხრეშის, როგორც ჩანაყარის გამოყენებაც.

სხვა მასალებისგან გამოცალკევებისას ქაფმინის საიზოლაციო მასალები შეიძლება დაიფუტვას და როგორც დამატებითი ნივთიერება ხელახლა იქნას გამოყენებული წარმოებაში.



5.2.4. PUR/RIP - პოლიურეთანის მყარი ქაფი

PUR/RIP - პოლიურეთანის მყარი ქაფი		
საწყისი ნედლეული	ნავთობის ან შაქრის ქარხლის, სიმინდისა და კარტოფილის პოლიოლი, ასაფუბელი დამხმარე საშუალება, პენტანი/ ხანძარსაწინააღმდეგო საშუალება TCCP	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,024-0,030 ვტ/(მ·K)	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობა $d \mu$	30-200 უსასრულო მხოლოდ ალუმინის აფსკით	
მოცულობითი სიმკვრივე	30-100 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	1400-1500 ჯ/(კგ·K)	
წვის თვისებები	ევროკლასის C-s3 რთულად ან ზომიერად აალებადი	
მეორეული გამოყენების უნარი	შესაძლებელია ჩამარხვა და დაწვა	

პოლიურეთანის ქაფმინა არის დახურულუჯრედოვანი ქაფმასა, რომელიც გამოიყენება მშენებლობაში და საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ტექნიკაში ქარხნულად დამზადებულ თბოსაიზოლაციო მასალად სხვადასხვანაირი სიმტკიცის მქონე ზედაპირიანი საიზოლაციო ფირფიტების ან ბლოკების სახით, როგორც საკონსტრუქციო მასალა ან სენდვიჩ-პანელები. პოლიურეთანის ქაფი აგრეთვე შეიძლება დამზადდეს ადგილზეც, პირდაპირ სამშენებლო მოედანზე. მათი მექანიკური სიმტკიცის გამო, PUR- და PIR-მყარი ქაფის საიზოლაციო პანელები, არის კუმშვადამძლე და ტვირთგამძლე.

პოლიურეთანის სენდვიჩ-პანელები განკუთვნილია უმეტესად სხვადასხვა სახის მზიდი კონსტრუქციების მქონე პავილიონის ტიპისა და ინდუსტრიული შენობების ქერისა და კედლებისათვის, აგრეთვე სამაცივრე და საყინულე ნაგებობებისა და დანადგარებისათვის.

პოლიურეთანის მყარი ქაფის საიზოლაციო მასალა (PUR/PIR) წარმოიქმნება ქიმიური რეაქციის შედეგად, თხევადი საწყისი ნედლეულისთვის დაბალ ტემპერატურაზე მდურარე ასაფუბელი დამხმარე საშუალების დამატებით, როგორიცაა წმინდა ან ნაწილობრივ ფტორიანი ნახშირწყალბადი ან CO₂.

PUR- და PIR-პოლიურეთანის ქაფი არ არის ჰიგროსკოპული და გააჩნია ჩაკეტილი უჯრედოვანი სტრუქტურა. ამდენად ის არ იწოვს არც ნესტს ჰაერიდან და არც წყალს და არ ახდენს მის გადატანას, ე.ი. არ არის გაპილარულად აქტიური. საიზოლაციო პანელების გამჭოლი დანესტიანება შესაძლებელია მხოლოდ წყლის ორთქლის დიფუზიის შედეგად მისი სამშენებლო-ფიზიკური თვალსაზრისით არასათანადო გამოყენებით (მაგ: ორთქლგაუმტარი აფსკის არარსებობის შემთხვევაში). PUR-ი დაცული უნდა იყოს ულტრაიისფერი სხივებისაგან, რომლებიც იწვევენ მისი ზედაპირის დაზიანებას.



5.2.5. კალციუმ სილიკატის ფილა

კალციუმ სილიკატის ფილა		
საწყისი ნედლეული	კალციუმის ჰიდროსილიკატი, კირი, წყალი, ცემენტი, ქვიშა	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,042-0,065 ვტ/(მ·K)	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობა $d \mu$	2-20 სუნთქვადი	
მოცულობითი სიმკვრივე	90-115 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	1000 ჯ/(კგ·K)	
წვის თვისებები	არ იწვის	
მეორეული გამოყენების უნარი	გადახარისხებული ნარჩენი; უტილიზებადი როგორც სამშენებლო ნაგავი	
გამოყენების შესაძლებლობები	შიდა იზოლაცია, სოკოვანი დაზიანებების მქონე ფართის სანირება, გარეიზოლაცია	

მინერალური საიზოლაციო პანელები არის მონოლითური და შედგება კალციუმის ჰიდროსილიკატისაგან, კირისაგან, წყლის, ქვიშის, ცემენტის და ასევე ფორებწარმოქმნი მასალებისგან, რომლებიც წარმოქმნიან >95% ფორიანობას. პანელები არის სუნთქვადი და ქმნის დაბალანსებულ კლიმატურ რეჟიმს შენობაში, ვინაიდან არეგულირებს ტენიანობას. ამასთან ხდება ოთახში ჰაერის ტენიანობის შთანთქმა და გარკვეული დროის შემდეგ მისი კვლავ დატენიანება. პანელების დამონტაჟება ხდება ორთქლგაუმტარი აფსკის გარეშე. პანელები გამოიყენება შენობების დამატებითი შიდა იზოლაციისათვის და სოკოვანი დაზიანებების მქონე ფართების სანირებისთვის. სამშენებლო ბიოლოგიის თვალსაზრისით ეს საიზოლაციო პანელები უსაფრთხოა, ხოლო ოპტიმალური 8-10-ის ტოლი PH სიდიდის გამო მათ გააჩნიათ ტუტეიანობის უნარი, რაც თრგუნავს სოკოსა და მიკროორგანიზმების წარმოქმნას.



5.2.6. ცელულოზის თბოიზოლაცია

ცელულოზის თბოიზოლაცია	
საწყისი ნედლეული	მაკულატურა
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,040-0,045 ვტ/(მ·K)
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობა $d \mu$	1-2
მოცულობითი სიმკვრივე	30-80 კგ/მ ³
კუთრი სითბოტევადობა	1700-2150 ჯ/(კგ·K)
წვის თვისებები	ფანტელები: ზომიერად აალებადი; ფილები: ძნელად აალებადი
მეორეული გამოყენების უნარი	დახარისხებული და დაუბინ- ძურებელი ნარჩენები
გამოყენების შესაძლებლობები	ჰაერის შუა შრეების ჩაბერ- ვით იზოლაცია; გარე იზოლა- ცია; ნივნივების ღრეჩოების იზოლაცია



ცელულოზით იზოლაციისას გამოიყენება მაკულატურა. ცეცხლგამძლეობის გასაუმჯობესებლად ცელულოზის ფანტელებს უმატებენ ბორის მარილს. ცელულოზის იზოლაცია არსებობს როგორც ფანტელების სახით ჩაბერვითი საიზოლაციო მეთოდის გამოყენებისას, ასევე პანელების სახითაც. პანელების შემთხვევაში სტაბილიზაციისთვის საჭიროა ჯუთის ნართის ან პოლიოლეფინის ბოჭკოს დამატება შუასადებად.

ცელულოზის იზოლაცია არის სუნთქვადი და ტენიანობის მარეგულირებელი. ვინაიდან ცელულოზის ბოჭკოები ჰიდროფილურია და წყალში ფუკდება, აუცილებელია ნესტისაგან დაცვის უზრუნველყოფა. გარდა ამისა, აუცილებელია ცელულოზის დაცვა მჟავებისა და ტუტესაგან. ცელულოზის იზოლაცია ობის მიმართ რეზისტენტულია და არადეფორმირებადი, თუმცა არ არის კუმშვის მიმართ მდგრადი.

ბორის მარილით გაჯერებული საიზოლაციო მასალის უტილიზაცია კომპოსტირების გზით დაუშვებელია, რადგან ის წარმოადგენს საშიშროებას გრუნტის წყლებისათვის. ხის მასალასთან ერთად მისი დაგებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს მათი შეხების არეში ხის მასალის ტენიანობა, რამაც არ უნდა გადააჭარბოს 20%-ს.



5.2.7. მატყლი

მატყლი		
საწყისი ნედლეული	ცხვრის მატყლი	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,040 ვტ/(მ·K)	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობა $d \mu$	1-2	
მოცულობითი სიმკვრივე	20-25 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	1300 J/(kg·K)	
წვის თვისებები	ზომიერად აალებადი	
მეორეული გამოყენების უნარი	შესაძლებელია; ბორმარით დამუშავებული მატყლი უნდა იქნას დეკონირებული.	
გამოყენების შესაძლებლობები	ნივნივებს შორის სახურავი; გაყვანილობების იზოლაცია; დაბიჯებით გამოწვეული ხმაურის იზოლაცია; ამოსავსები მატყლი	

მატყლის იზოლაცია განეკუთვნება განახლებად ნედლეულს და ტანსაცმლის სახით ალბათ წარმოადგენს უძველეს თბოსაიზოლაციო მასალას. ვინაიდან ის ბუნებრივი პროდუქტია, მატყლი დაცულ უნდა იქნას ჩრჩილის მიერ დაზიანებისაგან. საამისოდ ეს მასალა საჭიროებს ნატრიუმის ბორატისა და ნატურალური კაუჩუკის დამატებას. ნატრიუმის ბორატის დამატება აუმჯობესებს ხანძარსაღიანაღმდეგო თვისებებს. ხანძრის შემთხვევაში, მატყლში არსებული კერატინი გამოყოფს ტოქსიკურ ნივთიერებებს. იმისათვის, რომ საიზოლაციო მასალამ არ განიცადოს დეფორმაცია, მატყლში ბოჭკოს გასამყარებლად ურევნ პოლიესტერის ბოჭკოებს.

5.2.8. ჩალა

ჩალა		
საწყისი ნედლეული	ჩალა	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,052-0,080 ვტ/(მ·კ)	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობა $d \mu$	2	
მოცულობითი სიმკვრივე	დაახლ. 110-270 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა c	ჭ/(კგ·K)	
წვის თვისებები	E (ყოფილი B2)	
გამოყენების შესაძლებლობები	კედელი, კედლის ძელებს შორისი არეები, სახურავები	



სიტყვა „ჩალა“ გვახსენებს ნებისმიერი სახეობის მარცვლეულის ან ბოჭკოვანი მცენარეების გამომშრალ ღეროებს, ანუ მცენარის იმ ნაწილს, რომელიც ფესვებსა და თავთავებს შორისაა. საწყის ნედლეულად ნებისმიერი ჯიშის მარცვლეული გამოდგება: ხორბალი, ქვავი, ქერი, შვრია, ფეტვი, სელი, კანაფი ან ბრინჯი. ვინაიდან ჩალა ყოველთვის მოიპოვებოდა საცხოვრებელი ტერიტორიის მიმდებარედ, მას მუდმივად იყენებდნენ სახლთმშენებლობაში თიხის ბათქაშის შემავსებლად ან გადახურვისთვის.

საინტერესოა ის ფაქტი, რომ სამშენებლო-ფიზიკური თვისებებიდან გამომდინარე ითვლება ჩალა თბოსაიზოლაციო მასალად. ჩალას გააჩნია თითქმის სრულად ჰიდროფობული ქერქი. ვინაიდანაც ჩალის ღეროს მილისებრი აღნაგობა აქვს და დიდი რაოდენობით ჰაერს შეიცავს, ამდენად მას კარგი თერმოსაიზოლაციო თვისებები გააჩნია. სამშენებლო-ფიზიკურ და თბოსაიზოლაციო თვისებებთან მიმართებაში აგრეთვე ყურადსაღებია ის, რომ მისი დაწყობის მიმართულებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს თბოიზოლაციის ტექნიკურ ხარისხზე. მშენებლობაში ჩალის რულონების გამოყენებისას, ღეროს მიმართულების კუთრი თბოგამტარობის საანგარიშო პარამეტრი ღეროს მიმართულებით შეადგენს $\lambda=0,080$ ვტ/(მ.კ) ხოლო ღეროს მიმართულების მართობულად $\lambda=0,052$ ვტ/(მ.კ) ამგვარად განივი დაწყობა, როგორც ეს მაგ., ისლით გადახურვის კონსტრუქციების შემთხვევაში ხდება, სამშენებლო-ფიზიკურ უპირატესობას იძლევა.

საერთო სამშენებლო ზედამხედველობის მიერ დაშვებულია ჩალით თბოიზოლირებული ის კონსტრუქციები, რომლებიც მრავალჯერაა განხორციელებული და გამოცდილი. ესენია:

- გარე კედლის კონსტრუქციები უამინდობისადმი მედეგი გარე ფასადით დავენტილირებადი შიდა ჰაერის შრით;
- ბუნებრივ პირობებში უამინდობაზე შემონმეებული ბათქაშის შრის მქონე გარე კედლის კონსტრუქციები;
- სახურავის კონსტრუქციები ვენტილირებადი გადახურვით.

ჩალის კონები მზადდება დაპრესვით, რომელთა სიმკვრივემ შესაძლოა მიაღწიოს 270 კგ/მ^3 -ს. მისი დატდომის თავიდან ასაცილებლად უმჯობესია მაღალი სიმკვრივე, თუმცა საიზოლაციო ეფექტის მხრივ უპირატესობა ენიჭება დაბალ სიმკვრივეს (110 კგ/მ^3 -დან 130 კგ/მ^3 -მდე). რაც უფრო დაბალია ჩალის კონის სიმკვრივე დაგებისას, მით უფრო დიდია შემდგომი ჯდენის ალბათობა. განსაკუთრებით მზიდი კონსტრუქციების აგებისას საჭიროა მათი წინასწარი მოჭიმვა, რათა თავიდან ავიცილოთ მოსალოდნელი ჯდენა. კედელში ჯდენის ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად, უნდა გამოიყენონ შეძლებისდაგვარად დიდი სიმკვრივის მქონე ჩალის კონები. მარცვლეული ზრდის დროს შთანთქავს CO_2 -ს და იმავე რაოდენობით გამოაფრქვევს მას ლპობის ან წვის დროს. ეს იმაზე მეტყველებს, რომ ჩალას გააჩნია CO_2 -ის ნეიტრალური ბალანსი. გარდა ამისა, ჩალა წარმოადგენს მარცვლეულის წარმოების თანმდევ პროდუქტს, რის შედეგადაც ჩალის კონების დამზადებისას დახარჯული ენერგია ეკვივალენტურია $15,3 \text{ მეგაჯ/მ}^2$ -ის ტოლი ენერგიის შემცველობისა პირველადი ენერგიის არაგანახლებადი წყაროებიდან (PENRT).



5.2.9. მერქანი

მერქნის ბოჭკო		
საწყისი ნედლეული	მერქანი	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,040-0,090 ვტ/მ. კ	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობა $d \mu$	5-10	
მოცულობითი სიმკვრივე	40-270 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	1600-2100 ჯ/(კგ.კ)	
წვის თვისებები	ევროკლასი E; ზომიერიდან ძნელადაალებამდე	
მეორეული გამოყენების უნარი	მხოლოდ დახარისხებული და დაუბინძურებელი ნარჩე- ნები; სუფთა ხის იზოლაციის კომპოსტირება დასაშვებია	
გამოყენების შესაძლებლობები	გარე თბოიზოლაცია - უამინ- დობისგან დაცული; ნივნი- ვებსშორისი თბოიზოლაცია; შიდა თბოიზოლაცია	

მერქნის თბოიზოლაცია მზადდება გრძელბოჭკოვანი წიწვოვანი ან ზოგ შემთხვევაში, ფოთლოვანი ჯიშების ხის მასალისგან. ეს იზოლაცია სუნთქვადია და საიზოლაციო შრე ნესტისგან დაცული უნდა იყოს. მსუბუქი თბოსაიზოლაციო ფილები შედარებით მეტ ნესტს იღებენ.

საწყისი ნედლეულის ხანძრისაგან დასაცავად ბოჭკოებს ჟღენტენ ბორმუავით, ლატექსით ან ალუმინის სულფატის მინარევიანი ცვილის ემულსიით.

ისეთივე თვისებების გამო, როგორიც გააჩნიათ კონსტრუქციულ ძელებს ნივნივებში, ზედმეტობით ალებულ ფილებს შეუძლიათ კარგად დააბალანსონ ტენის გაცემით ან მიღებით გამოწვეული მათი შეკლება და გაჭირვება. ვინაიდან თბოსაიზოლაციოდ გამოყენებული მერქანი განახლებადი ნედლეულია, ამდენად, ამგვარი თბოიზოლაცია ეკოლოგიური თვალსაზრისით დადებითად უნდა შეფასდეს.



5.2.10. კანაფი

კანაფი		
საწყისი ნედლეული	კანაფი	
კუთრი თბოგამტარობა λ	0,040-0,050 ვტ/(მ.კ)	
წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობა d_{μ}	1-2	
მოცულობითი სიმკვრივე	20-68 კგ/მ ³	
კუთრი სითბოტევადობა	1500-2200 ჯ/(კგ.К)	
წვის თვისებები	ზომიერად აალებადი	
მეორეული გამოყენების უნარი	მხოლოდ წმინდა ხარისხის და დაუბინძურებელი ნარჩე- ნები	
გამოყენების შესაძლებლობები	გარე თბოიზოლაცია - უამინ- დობისგან დაცული; ნივნივებ- სშორისი თბოიზოლაცია; ში- და თბოიზოლაცია	

კანაფის თბოიზოლაცია სუნთქვადია. ამიტომ აუცილებელია კანაფის დაცვა საიზო-
ლაციო შრეში ნესტის წარმოქმნისაგან. მავნებლებისაგან დაზიანება კანაფის შემთხვე-
ვაში ნაკლებ სავარაუდოა, ვინაიდან კანაფი არ შეიცავს ათვისებად პროტეინს.

წარმოების პროცესში კანაფის ბოჭკოებს, იმისდა მიხედვით, თუ რა პროდუქტი მზად-
დება, ურევნ სხვადასხვა დანამატებს. ეს შეიძლება იყოს პოლიესტერის ბოჭკო ფორ-
მის სტაბილურობისთვის, ბიტუმი ჰიდროფობიზაციისათვის ან ბორმარილი, როგორც
ცეცხლდამცავი საშუალება.



6. სამშენებლო ფიზიკა

სამშენებლო ფიზიკური ანალიზისას თბოიზოლაცია და ნესტისაგან დაცვა ერთობლიობაში უნდა განვიხილოთ. საქმე ეხება არა მხოლოდ ენერგოდამზოგი მშენებლობის ასპექტებს, არამედ იმ სამშენებლო ხარვეზების პრევენციასაც, რომლებიც სამშენებლო ფიზიკური ხასიათის შეცდომების შედეგია.

რატომ წარმოადგენს თბოიზოლაცია და ნესტისაგან დაცვა ერთობლიობას ანალიზის დროს? სამშენებლო თბოიზოლაცია ძირითადად განსხვავებულ მოთხოვნების შესაბამისად იყოფა, ესენია:

- თბოიზოლაცია ზამთარში
- თბოიზოლაცია ზაფხულში
- ჰიგიენური თბოიზოლაცია, დაობების საშიშროების გამოვლენა
- მოთხოვნები შენობის ნაწილების გადაბმების ჰერმეტიკულობის მიმართ
- თბური ხიდეების ანალიზი

ნესტისაგან დაცვის ანალიზის დროს დამატებით ხდება შენობის ნაწილების შესწავლა და შეფასება:

- კონდენსატის წარმოქმნა შენობის ნაწილების შიგნით;
- წვიმისაგან დაცვის მოთხოვნები;
- თბოიზოლაციის გამოთვლები შიდა ზედაპირებზე კრიტიკული ტენიანობის თავიდან ასაცილებლად.

ნესტისაგან დაცვა არის მნიშვნელოვანი საფუძველი გამართული თბოიზოლაციის უზრუნველსაყოფად. დასაბუთების წესით გათვალისწინებული გამოთვლები ემსახურება იმგვარი კონსტრუქციების პროექტირებას, რომლებიც შენობის ნაწილში არსებული კონდენსატით არ დაზიანდებიან. კონდენსატის წარმოქმნის შემთხვევაში ნაგებობა სხვადასხვა რისკის ქვეშ დგას. უშუალოდ თბოიზოლაციასთან კავშირში გასათვალისწინებელია, რომ სველი იზოლაცია კარგავს თავის საიზოლაციო თვისებებს.

კონდენსატი წარმოიქმნება, როდესაც შენობის შიდა ჰაერი, რომელიც ყოველთვის ტენის გარკვეული რაოდენობასაც შეიცავს, კონსტრუქციაში ან საიზოლაციო შრეში შეაღწევს. ეს ხდება მაშინ, როდესაც შენობის შიდა ჰაერგაუმტარი შრის ჰერმეტიკულობა დარღვეულია, რის გამოც საიზოლაციო შრეში ტემპერატურა ეცემა. თბილი ჰაერი ცივდება მყისიერად და გასცემს დაგროვებულ ტენს. ეს გამოთავისუფლებული წყალი თანდათან ავსებს თბოსაიზოლაციო მასალის ფორებსა და ღრუებს, რომელთა კონდენსატით ავსების შედეგად, ცუდ თბოგამტარ ჰაერს ჩაანაცვლებს კარგი თბოგამტარი წყალი. შესაბამისად კონსტრუქცია კარგავს თავის ენერგეტიკულ ხარისხს. მოთხოვნები ზაფხულში თბოიზოლაციაზე გამომდინარეობს იმ მოსაზრებიდან, რომ შენობები, რომლებსაც გააჩნიათ დიდი მინის ზედაპირები, დიდი რაოდენობით ენერგიას მოიხმარენ გასაგრილებლად. საპროექტო და კონსტრუქციული შესაძლებლობების მეშვეობით უკვე ადრეული დაპროექტების ეტაპზე შესაძლებელია მოსაზრებების გამოთქმა შენობის გაგრილების ხარჯის შესახებ.

თბოიზოლაციის მიმართგარდა ენერგოდამზოგვის მოთხოვნისა, არსებობს აგრეთვე



სხვა გარკვეული სახის მოთხოვნები, მაგალითად, მოთხოვნა თბოიზოლაციის ჰიგიენურიობის მიმართ. ჰიგიენური თბოიზოლაციის მიზანია მინიმალური სითბოდაცვის უზრუნველყოფა შენობებში, რომელიც იმავდროულად გამოირიცხავს კონდენსატის წარმოქმნას შენობის ცივი ნაწილის ზედაპირზე და თავიდან აიცილებს მრავალი დაავადების გამომწვევი ობის სოკოს გაჩენას შენობის შიგნით.

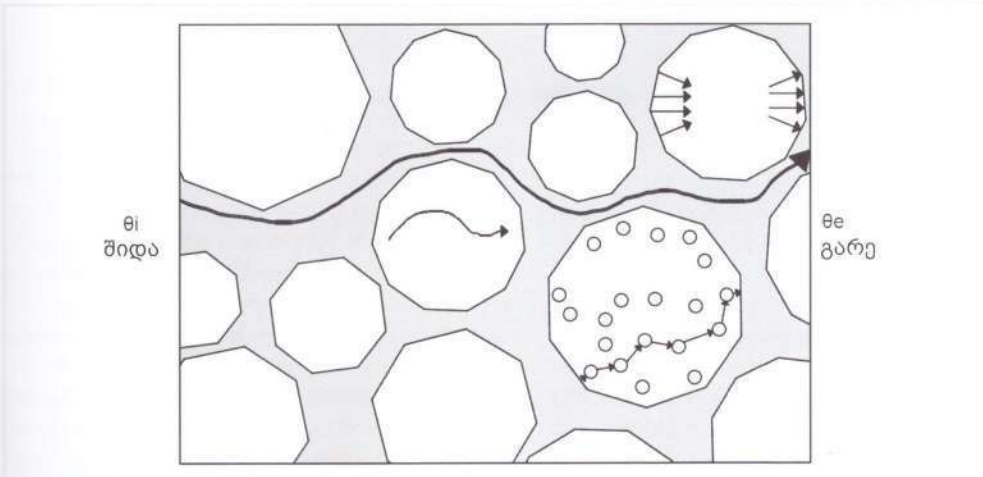
6.1. სამშენებლო ფიზიკის პრინციპები - სითბოს გადაცემის მექანიზმები

სითბოს გადატანის მამოძრავებელი ძალა არის ტემპერატურული სხვაობა ორ არეს შორის. სითბოს მოდინება ხდება მაღალტემპერატურულიგარემოდანდაბალში,ანუ სითბოდან სიცივეზე. შესაბამისად, შენობაში სითბოს გადინება ხდება გამთბარი სათავსიდან გაუმთბარში ან გარეთ.

სივრცის ერთი წერტილიდან მეორეში ტემპერატურათა სხვაობის ხარჯზე სითბოს გადატანის პროცესს თბოგადაცემა ეწოდება. არსებობს თბოგადაცემის სამი ძირითადი სახე: თბოგამტარობა (კონდუქცია), კონვექცია და გამოსხივება. ამრიგად, სითბოს გადატანის პოტენციალი ტემპერატურათა სხვაობაა.

სითბოს გადატანა სხვადასხვანაირად ხდება. გამთბარ სათავსში სითბოს გადატანა ხდება გრძელტალღოვანი გამოსხივებით სამშენებლო ელემენტზე და ჰაერის კონვექციით სამშენებლო ელემენტის წინ. სითბოს გადატანა სამშენებლო ელემენტში დამოკიდებულია მისი შემადგენელი მასალის თვისებებზე და სტრუქტურაზე. ერთგვაროვან მასალებს, როგორიც მაგალითად ფოლადის პროფილია, მხოლოდ თბოგადაცემის თვისება აქვთ. თუ სამშენებლო მასალას გააჩნია ჰაერშემცველი კამერები ან ფორები, ხდება სითბოს გადატანის განსხვავებული მექანიზმების ზედდება. სითბოს გადატანა ხდება:

- სითბოს გადაცემით მყარი მასალის მეშვეობით
- თბოგადაცემით კამერებში ან ფორებშიარსებული აირების კონვექციით
- თბოგამოსხივებით ფორებში



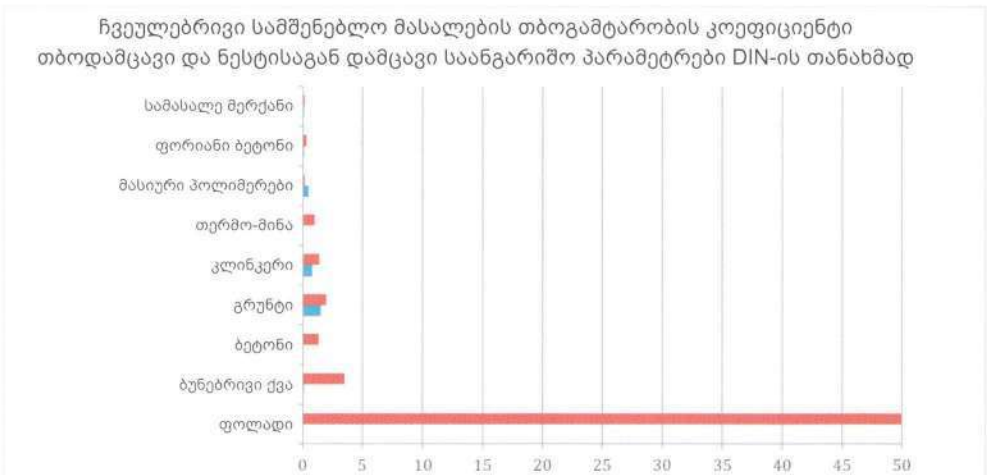
ილუსტრაცია 25: სითბოს ტრანსპორტირების მექანიზმები ფოროვან სამშენებლო მასალაში. (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი, წყარო: თ.დუცია).



კონსტრუქციის ფასადზე სითბოს გადაცემაზე ზეგავლენას ახდენს გრძელტალღოვანი გამოსხივება სამშენებლო ელემენტიდან და ქარის კონვექცია. მზის სინათლის გამოსხივების მოკლეტალღოვანი ნაწილი დამატებით იწვევს სამშენებლო ელემენტის ზედაპირის გათბობას. ფაქტიურად შენობის გარე ელემენტების ზედაპირის ტემპერატურა შესაძლოა მნიშვნელოვნად გაიზარდოს მზის მოკლეტალღოვანი გამოსხივების შედეგად.

6.1.1. თბოგამტარობა

თბოგამტარობა არის სითბოს გადატანის სახე მყარი, თხევადი და გაზისებრი ნივთიერებების უძრავ ნაწილაკებს შორის. ასე რომ, თბოგამტარობა სითბოს გადაცემის სახეა, მატერიალური გარემოს ნაწილაკებს ან ელემენტებს შორის, მათი ერთმანეთთან ნურთიერთშეხების დროს. მასიურ სამშენებლო მასალებში სითბოს გადაცემა ხდება უშუალოდ მიმდებარე მოლეკულებს შორის. გამტარით სითბოს გადაცემისათვის განმსაზღვრელია მოლეკულების რაოდენობა ან მოცულობითი სიმკვრივე (კგ/მ^3). ამასთან, მაღალი მოცულობითი სიმკვრივე (კგ.მ^3) განიხილება, როგორც კარგი თბოგამტარობის ($\text{ვტ/მ}\cdot\text{K}$) მაჩვენებელი.



ცხრილი 4: ნიმუში ზოგიერთი ჩვეულებრივი სამშენებლო მასალის თბოგამტარობის თანახმად სტანდარტებისა DIN EN ISO 10456 ან DIN V 4108-4.

6.1.2. თბოგამოსხივება

თბოგადაცემის გარდა სამშენებლო მასალაში სითბოსგადატანისპროცესიზედაპირიდანზედაპირზეხდება ელექტრომაგნიტურიტალღებისსაშუალებით. გამოსხივებითსითბოსგადაცემისინტენსივობაგანისაზღვრებასხივურთბოგაცემაშიმონაწილეზედაპირებისტემპერატურული სხვაობით.მაგალითად, სათავსშიგანლაგებულზედაპირებსშორის, სხვადასხვაშენობებისგარეზედაპირებსშორის. ყველაამშენებელშიგამოსხივებისათ-



ვისგამჭვირვალეგარემოს, რომელიც ატარებს თბურ ტალღებს, წარმოადგენს ჰაერი. სამშენებლო-ფიზიკურ გამოთვლებში სამშენებლო ელემენტის ზედაპირის თბური გამოსხივება არ არის განცალკევებით შეფასებული, არამედ როგორც თბოგადაცემის წინააღობა R_{si} და R_{se} სამშენებლო ელემენტის წინ არსებულ კონვექციასთან ერთად.



სურ. 26 სამშენებლო ელემენტზე მოქმედი მთლიანი გამოსხივების დაყოფა არეკლილ, შთანთქმულ და გადამცემულ გამოსხივებებად (გრაფიკა: შ.ტყეშელაშვილი, წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.47)

იმ დროს, როდესაც მასიურ სამშენებლო მასალებში თბოგადაცემა მიმდინარეობს მყარ სხეულების მიმდებარე მოლეკულებს შორის, გაზებსა და სითხეებში თბოგაცემა დინამიურ პროცესს წარმოადგენს. კონვექციისას სითბოს გადანაწილება სათავსოში ენერგიის მატარებელი ჰაერის მოლეკულების გადაადგილებით. სითბოცვლა ჰაერსა და სამშენებლო მასალას შორის დამოკიდებულია ჰაერის ნაკადის სისწრაფესა და ჰაერის ტემპერატურაზე, აგრეთვე ზედაპირის თვისებებსა (ხორკლიანობა) და გეომეტრიაზე.

ჰაერსადაზედაპირს შორის თბოგაცემის პროცესი მიმდინარეობს სხვადასხვა ნაირად. განასხვავებენ ბუნებრივ და იძულებით კონვექციას. პირველ შემთხვევაში ჰაერი მოძრაობს ცივი და ცხელი ნაწილაკების სიმკვრივეთა სხვაობის ხარჯზე, სიმკვრივეთა სხვაობა კი გამოწვეულია ტემპერატურათა სხვაობით. მეორე შემთხვევაში მოძრაობა გამოწვეულია გარეშე ძალებით მაგალითად ვენტილატორი ანქარი.

6.1.3. შთანთქმისა - α და გამოსხივების - ϵ კოეფიციენტები

სამშენებლო მასალის ან სხეულის თვისებებიდან გამომდინარე, რომელიც იღებს სითბოს, ხდება მისი, როგორც შინაგანი ენერგიის აკუმულირება და შემდეგ გაცემა. შთანთქმავს ზემოქმედებას ახდენენ მასალის ფერები და მისი ზედაპირის ფაქტურა. ბეერის და შტეფანის თანახმად, პროგნოზირების მიზნით, სამშენებლო ტიპური მასალებისათვის შეგვიძლია ვისარგებლოთ შთანთქმის კოეფიციენტის α_s სიდიდეებით.

თუ სამშენებლო ელემენტების ზედაპირის ტემპერატურა მზის დასხივებისას მცირედით იცვლება, ეს ნიშნავს, რომ α_s/ϵ დაბალია.

მზით განათებული საღებავიანი ფენის ზედაპირის ზეგავლენა ტემპერატურაზე ნათლად ასახული ვერნერისა¹ (1986) და აკბარის² (2008) ანალიზებში. აკბარმა ურბანულ

1. ვერნერი, მუქი ფერის კედლის ზედაპირები - მათი ზემოქმედება თბურ დანაკარგებზე.

2. აკბარი, ენერგოდაზოგვის შესაძლებლობები და ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება ქალაქის გავარვარებულ კუნძულებზე, გვ.13



შთანთქმის კოეფიციენტი α_s მზის გამოსხივებისათვის და გამოფრქვევის კოეფიციენტი ϵ			
მასალა	α_s	ϵ	α_s / ϵ
ალუმინი, გაპრიალებული	0,20	0,08	2,50
რუბეროიდი, შავი	0,82	0,91	0,90
რკინა, მოთუთიებული	0,38		
რკინა, ხორკლიანი	0,75	0,82	0,91
საღებავი, თუთიის ჟანგის თეთრი პიგმენტით	0,22	0,92	0,24
შავი ზეთის საღებავი	0,90	0,92	0,98
სპილენძი, გაპრიალებული	0,18	0,03	6,00
სპილენძი, დაუანგული	0,70	0,45	1,56
ფიქალი	0,88	0,91	0,97
კრამიტი, წითელი	0,75	0,93	0,81

ცხრილი 5: სხვადასხვა ჩვეულებრივი სამშენებლო მასალის შთანთქმის კოეფიციენტის შედარება. (წყარო: პ. დ. ბევრ, ქ. შტუფან, სიბოლსა და მასის გადაცემა, გვ. 633)

გარემოში გაბრილების პასიური სისტემების განმარტებისათვის გამოიკვლია განსხვავებული ფერების მქონე ზედაპირების და ერთნაირი ფერის ზედაპირებზე ტემპერატურის ზრდის კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებული არიან მზის სხივების შთანთქმის უნარზე.

ჰელიოტექნიკური გამოყენებისა და სამშენებლო კონსტრუქციისათვის მნიშვნელოვანია მზის გამოსხივებისა α_s და ამა თუ იმ მასალის ზედაპირის ემისიის კოეფიციენტის ϵ თანაფარდობა. სამშენებლო მასალების ემისიის კოეფიციენტი ϵ არის ყოველთვის < 1 , ვინაიდან სხეულები არასდროს იღებენ სრულად ენერგიას გარემოსგან და მის გარკვეულ ნაწილს არეკვლით ყოველთვის უკან აბრუნებენ. ხაოიანი ზედაპირი კი ხელს უწყობს გაბნეულ გამოსხივებას.

ობიექტის ფერი	ტემპერატურული ზრდა კელვინში	მზის სხივების შთანთქმის კოეფიციენტი
თეთრი საფარი	10	0,18
ცემენტისფერი საფარი	19	0,29
მწვანე საფარი	27	0,46
შავი საფარი	49	0,98
ფოლადი, მოთუთიებული	47	0,65

ცხრილი 6: სხვადასხვა ფერის ზედაპირების შედარება და მათი ზედაპირის ტემპერატურის ზრდა მზით დასხივებისას. (წყარო: პ. აკბარი, სათაური, ენერგოდაზოგვის შესაძლებლობები და ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება ქალაქის გავარგარებულ კუნძულებზე, გვ. 13)



6.2. თერმოიზოლაცია და კომფორტი

სამშენებლო-ფიზიკური პროექტირების ფარგლებში კომფორტი არ წარმოადგენს მკაფიოდ შემოსაზღვრულ სამუშაო სფეროს, რადგან თითოეული ინდივიდი თავისებურად განსაზღვრავს მას და ამგვარად იგი ინდივიდუალური ფაქტორების მატარებელია. ამასთან, კომფორტი უნდა აღვიქვათ, როგორც კრებითი ცნება, რომელიც არ შემოიფარგლება მხოლოდ თერმოიზოლაციის ასპექტებით. ადამიანისთვის კომფორტული პირობები შემდეგი ოთხი ძირითადი პარამეტრით განისაზღვრება: ტემპერატურა, ტენიანობა, ჰაერის შედგენილობა და მისი მოძრაობის სიჩქარე. თითოეული ამ პარამეტრის ცვალებადობა უნდა მოხდეს გარკვეულ ზღვრებში, რომელიც კომფორტის პირობებს დააკმაყოფილებს.

სივრცით აკუსტიკას, ხმაურისგან იზოლაციას, ფერადოვან გაფორმებას, ზაფხულში თერმოიზოლაციას ან ნესტისაგან დაცვის ფაქტორსაც კი შეუძლიათ გავლენა იქონიონ შენობის ექსპლუატაციის ხარისხზე და მომხმარებლის აღქმაზე.



ილუსტრაცია 27:
ურთიერთკავშირები
და გავლენები, რომ-
ლებიც მოქმედებენ
შენობაში კომფორ-
ტის აღქმაზე.
(წყარო: თ. დუცია)

ამ ფაქტორების გარდა, დამატებით უნდა განვიხილოთ სათავსებში ჰაერის ხარისხი და ჰაერის ნაკადი. შენობის ექსპლუატაციისათვის მნიშვნელოვანია, რომ ჰაერის შემო-
დინება სათავსში იყოს დაგეგმილი და თავიდან უნდა ავირიდოთ დიდი სიჩქარის მქონე
ცივი ჰაერის ქავლების წარმოშობა, რაზეც ზეგავლენას ახდენს გამათბობლების სავენ-
ტილაციო სისტემის ღირებულების განლაგებები. ამასთან ერთად საჭიროა, ყურადღება მი-
ექცეს სათავსში ტემპერატურული დაშრევების თავიდან აცილებას. კომფორტულობი-
სათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ფეხების დონეზე სიცივის, ხოლო თავის დონე-



ზე ზედმეტი სითბოს არიდებას. აგრეთვე მნიშვნელოვანია ყველა შემომზღუდი სამშენებლო ელემენტის ზედაპირის ტემპერატურაც. ამ ზედაპირების ტემპერატურები ადამიანისათვის ასატან დიაპაზონში უნდა იყოს მოქცეული. დაპროექტებისას ყურადღება უნდა მიექცეს, იმას, რომ თავიდან აცილებულ იქნას მაღალი ტემპერატურული სხვაობით გამოწვეული გამოსხივების ასიმეტრია სხვადასხვა სამშენებლო ელემენტებს შორის. მსგავს დიაპაზონში უნდა იყოს მოქცეული შენობის შიდა ჰაერის ტემპერატურა და ზედაპირების ტემპერატურებს შორის სხვაობაც, რათა მომხმარებელმა არაკომფორტულად არ იგრძნოს თავი. ყველა ეს ფაქტორი გასათვალისწინებელია დაპროექტებისას. მაგრამ მომხმარებლისთვის არა მხოლოდ სამშენებლო-ფიზიკურად გამოთვლადი პირობების შესრულებას აქვს გავლენა კომფორტულობის შეგრძნებაზე. მნიშვნელოვანია აგრეთვე, თუ რამდენად შეუძლია მას თავად განსაზღვროს საყოფაცხოვრებო პირობები, რომელთა შეცვლაც თავად შეუძლია - მაგ., ფანჯრების გაღებით ან გათბობის და კონდენციონერის რეგულირებით. თუკი მომხმარებელი თავად ვერ ახერხებს შიდასაცხოვრებელი პირობების შეცვლას, მას შეუძლია დაიხმაროს მარეგულირებელი ტექნიკა. ამგვარად, „კომფორტის“ თემა მოიცავს მნიშვნელოვან ფსიქოლოგიურ ასპექტებსაც.

ზოგადად ცნება „კომფორტი“ აღნიშნავს კომპლექსურ ურთიერთდამოკიდებულებებს სათავსებში, რაც ნაწილობრივ სამშენებლო ფიზიკითაა განპირობებული, თუმცა ყოველთვის დაკავშირებულია ადამიანის მოთხოვნილებებთან და, შესაბამისად, ძალზე პირადული, ანუ სუბიექტური ხასიათისაა.

6.3. თერმოიზოლაცია და ენერგოდაზოგვა

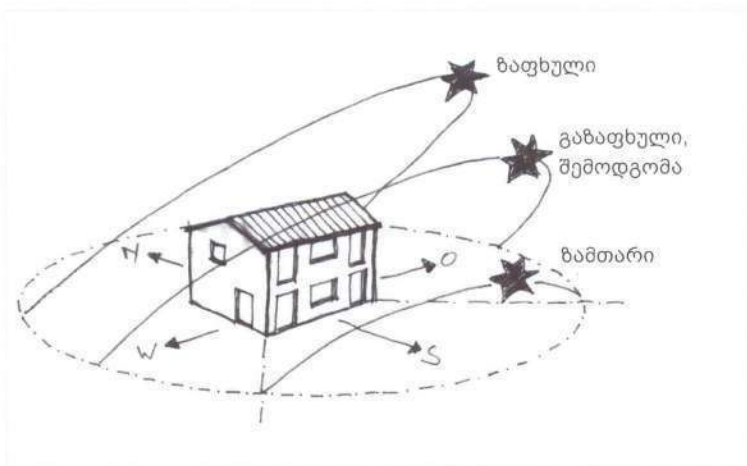
2010 წლის 19 მაისს ევროპარლამენტმა და ევროსაბჭომ მიიღეს 2010/31/EU დირექტივა, რომლის მიზანია შემცირდეს CO₂-ის გამოფრქვევა ატმოსფეროში ენერგომოხმარების შემცირებითა და განახლებადი ენერგიის წყაროების გამოყენებით. დირექტივაში წაყენებულია შენობა-ნაგებობებისადმი ენერგეტიკული მახასიათებლების გაუმჯობესების მოთხოვნები, რადგანაც ევროკავშირში ენერგომოხმარების დაახლ. 40% მოდის საბინაო სექტორზე. საქართველო 2017 წელს გახდა ენერგეტიკული თანამეგობრობის ხელისშემწერი მხარე და ქვეყნის ხელისუფლებამ აიღო ვალდებულება ენერგეტიკული თანამეგობრობის კანონების ტრანსპონირებაზე, შენობებში ენერგოეფექტურობის პრობლემების გადასაწყვეტად. ამიტომ შენობის დაპროექტებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას ენერგოდამზოგი ღონისძიებები, რომლებიც შეამცირებს ენერგომოთხოვნას გათბობასა და გაგრილებაზე.

6.3.1. ენერგეტიკული თბური დაცვა და პროექტირება

შენობის პროექტის მომზადების დროს შესაძლებელია განისაზღვროს, თუ რა სავარაუდო ენერგოხარჯი ექნება ამ შენობას, ანუ შეფასდეს შენობის ენერგეტიკული დანახარჯების პოტენციალი. პროექტირებისას ითვალისწინებენ მზის მიმართ შენობის ორიენტაციას და ლოკალურად გაბატონებული ქარის მიმართულებებს. ქარისაგან დაცული ადგილი ხელს უწყობს თბოდანაკარგების შემცირებას. ზამთრის მზედგომის მხარეს ფა-



სადზე განლაგებული ფანტრები ხელს უწყობს შენობის გათბობას მზის სითბური გამოსხივების გამოყენებით. თუმცა ზამთრობით მზის გამოსხივებით მიღებული სითბოს შეფასება და ფანტრების ფართობების განსაზღვრა უნდა განიხილებოდეს ზაფხულობით სითბოსგან დაცვასთან ურთიერთკავშირში, ვინაიდან დიდი ზომის ფანტრებმა შეიძლება გამოიწვიოს გაგრილების მაღალი დატვირთვის აუცილებლობა, რასაც თან ახლავს დიდი ენერგოდანახარჯი.



ილუსტრაცია 28: შენობის ორიენტაცია წლიური მზედეგომის გათვალისწინებით (წყარო: თ. დუცია, რ. მუხა, ენერგოეფექტური მშენებლობა, გვ.42)

პროექტის დეტალური განხილვისათვის მნიშვნელოვანია კედლისა და ფანტრის ფართის თანაფარდობა სათავსის ფართთან. თუ ზამთრის პირობების გათვალისწინებით, უპირატესობა ენიჭება ღიობების სამხრეთისკენ განლაგებას, მაშინ ჩრდილოეთისკენ განლაგებული ფართობები შედარებით მცირე ზომის ღიობებით თუნდა დაპროექტდეს, რათა სითბოს დანაკარგები ფანტრებიდან შემცირდეს. ამასთან დაკავშირებით გასათვალისწინებელია ისიც, რომ კარგად იზოლირებულ ფანტარასაც კი ოთხჯერ უფრო ცუდი თბოგადაცემის კოეფიციენტი - Π გააჩნია, ვიდრე ჩვეულებრივ კედელს.

კიდევ ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს შენობის ფორმა და მისი შემოზღუდვი კონსტრუქციების ელემენტების (გარსის) ზედაპირი. კომპაქტურ და ნაკლებად დანაწევრებულ შენობებს შედარებით მცირე გარსის ზედაპირი გააჩნიათ საძირკველის ფართობთან მიმართებაში და შესაბამისად - ნაკლები ფართობი, რომლიდანაც გარემოსა და შიდა სივრცეს შორის სითბოცვლა ხდება. ძლიერად დანაწევრებულ შენობებში მატულობს გარსის ზედაპირის ფართობი და იზრდება თბური ხიდეების, ანუ შეღწევადი წერტილების ზემოქმედებაც ფასადებსა და სახურავებში. ამიტომაც პროექტირების დროს ყურადღების ცენტრში შენობის გარსის ზედაპირის თბოიზოლაციის კონცეფციასთან ერთად თბური ხიდეების კონცეფცია, ანუ მათი შემცირება დგას.

თერმული ხიდეები შენობების სტრუქტურის სუსტი მხარეა, რომელიც წარმოიქმნება შენობის სხვადასხვა ნაწილების ერთმანეთთან შეერთების, ქარიან მხარეს მყოფი შენობის ნაწილებიდან შენობის შიგნით თბილი ან / და ცივი ჰაერის ნაკადის შეღწევის გამო. სწორედ ამიტომ, თბური დანაკარგების შემცირების მნიშვნელოვან ფაქტორს წარ-



მოადგენს შენობის ნაწილების ჰაერგაუმტარი და ქარგამძლე შეერთებების შესრულებას.

სივრცითი მოწყობის დაპროექტებისა და შეთანხმების თანახმად შესაძლებელია სათავსების, როგორც ბუფერული ზონების, ჩართვა პროექტში. ეს შეიძლება ტამბურებით ან ზამთრის ბალებით განხორციელდეს. ცალკეული სათავსოს განსხვავებულმა ორიენტირებამ ასევე შეიძლება გავლენა მოახდინოს ენერგოდანახარჯზე. დაბალი შიდა ტემპერატურის მქონე სათავსები მაგ.: კიბის უკრედი, უმჯობესია განთავსდეს ჩრდილოეთის მხარეს.



ილუსტრაცია 29: მკვეთრად დანაწევრებული საცხოვრებელი სახლი პროექტით განპირობებული მომატებული გარსის ფართობით, რაც იწვევს გაზრდილ ენერგოხარჯს. (ფოტო: თ. დუცია)

6.3.2. A/Ve ფარდობა ანუ შენობის კომპაქტურობის ზეგავლენა

A/Ve ფარდობით მიღებული პარამეტრით შესაძლებელია შევადაროთ შენობის დაახლოებითი ენერგოხარჯები. ამგვარი მარტივი ხერხით შესაძლებელია შენობის კომპაქტურობის განსაზღვრა, რომელშიც სითბომცვლელი შენობის გარსის ფართობს ვადარებთ დათბუნებული სათავსის მოცულობას:

A - სითბომცვლელი შენობის გარსის ფართობი m^2 -ში

Ve - გარე ზომების მიხედვით გამოთვლილი შენობის მოცულობა m^3 -ში

A/Ve-ს დაბალი შეფარდება შენობის კომპაქტურობის მაჩვენებელია რომელიც მიუთითებს, რომ გარსის ფართობის წილი მის მოცულობასთან შედარებით მცირეა. ოპტიმალური ფარდობა საცხოვრებელი შენობისათვის 0,7-ის ტოლია, ხოლო მრავალბინიანი სახლისათვის, ანუ მაღალსართულიანი შენობისათვის იგი მერყეობს 0,3-დან 0,4-მდე. აღნიშნული ფარდობა წარმოადგენს საფუძველს შენობის ენერგოეკონომიკური ანალიზისათვის.



6.3.3. ჰაერი და ჰაერის ტენიანობა

ჰაერი წარმოადგენს აირების ნარევს. იგი პრაქტიკულად ყოველთვის შეიცავს გარკვეული რაოდენობით წყლის ორთქლს, რომელიც განსაზღვრავს მის ტენიანობას. ტენიან ჰაერს ეწოდება გაჯერებული, თუ იგი შეიცავს მოცემულ ტემპერატურაზე წყლის ორთქლის მაქსიმალურ რაოდენობას. თუ წყლის ორთქლის რაოდენობა მაქსიმალურზე ნაკლებია, ჰაერს გაუჯერებელი ეწოდება. გაუჯერებელი ჰაერი წარმოადგენს მშრალი ჰაერისა და გადახურებული წყლის ორთქლის ნარევს და უმეტესად საქმე გვაქვს გაუჯერებელ ჰაერთან. თუ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის წილს განვიხილავთ ჰაერის ტემპერატურასთან მიმართებაში, ეს გარემოება აღინიშნება როგორც ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა და მოცემულია პროცენტებში.

ჰაერში ტენიანობის გაჯერებულობა (100%) ჰაერის ტემპერატურასთან შედარებით			
ტემპერატურა °C	გაჯერებულობა (გრ/მ³)	ტემპერატურა °C	გაჯერებულობა (გრ/მ³)
30	30,3	9	8,5
26	24,4	6	7,3
22	19,4	3	6,0
20	17,3	0	4,54
16	13,6	-5	3,24
12	10,7	-9	2,33

ცხრილი 7: ჰაერის გაჯერებულობა განსხვავებული ტემპერატურებისთვის.

მრავალი სამშენებლო მასალისათვის მნიშვნელოვანია ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა. სამშენებლო მასალებს, რომლებიც მინერალური წარმოშობისაა ან ხის საფუძველზეა დამზადებული, გააჩნიათ ჰიგროსკოპული თვისებები. ამდენად ისინი ატმოსფერულ ჰაერთან იმყოფებიან მუდმივ ტენიანობის ცვლის პროცესში. ჰიგროსკოპული თვისებები ხასიათდება სამშენებლო მასალის ე.წ. წონასწორული ტენიანობით.

თუ ჰაერი თბება, მატულობს წყლის შენარჩუნების უნარიც. აქედან გამომდინარე, თბილ ჰაერს გაცილებით მეტი წყლის შენარჩუნების უნარი აქვს, ვიდრე ცივ ჰაერს. ხოლო გაცივებული ჰაერი პირიქითაა - მაშინვე გამოათავისუფლებს წყალს. ეს ხდება კონდენსატის სახით. ამიტომ სამშენებლო საქმიანობისას ყურადღება უნდა მიექცეს ცივ სამშენებლო მასალებს, განსაკუთრებით თბურ ხიდებსა და სხვა ცუდად თბოიზოლირებულ სამშენებლო კომპონენტებს, რომლებიც თავიანთი ზედაპირის დაბალი ტემპერატურის გამო იწვევენ ჰაერის სასაზღვრო შრის გაცივებას.

ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა Φ არის გარკვეული ტემპერატურაზე ტენის კონცენტრაციის c -ს განაყოფი გაჯერებულობის ტენიანობაზე cs

$$\Phi = c / cs$$

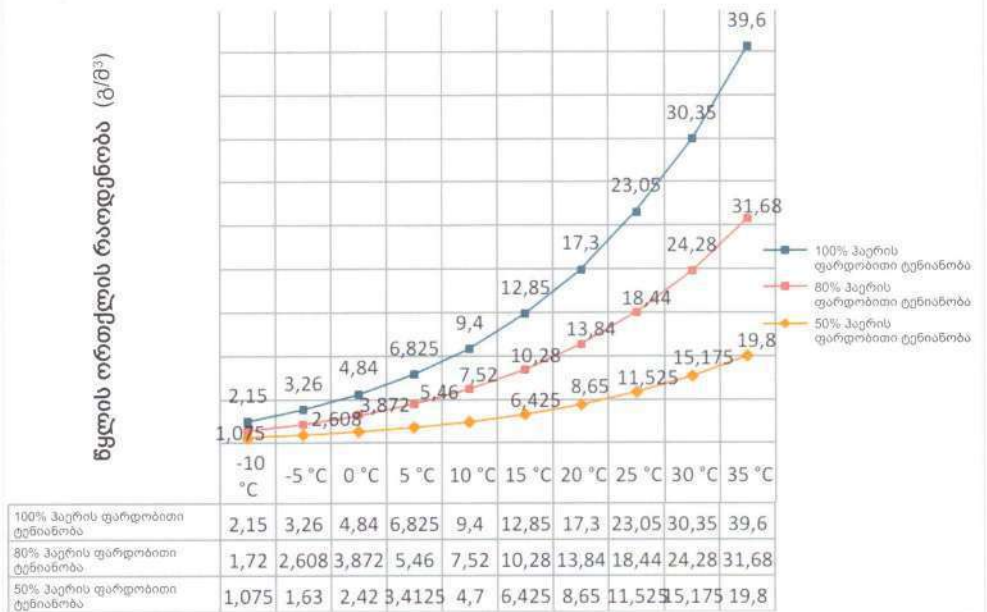
სადაც:

$$c = \text{წყლის ორთქლის კონცენტრაცია [(გრ/მ³)-ში]}$$

$$cs = \text{გაჯერებულობის ტენიანობა [(გრ/მ³)-ში]}$$



ტემპერატურაზე დამოკიდებული წყლის ორთქლის შემცველობა ჰაერში



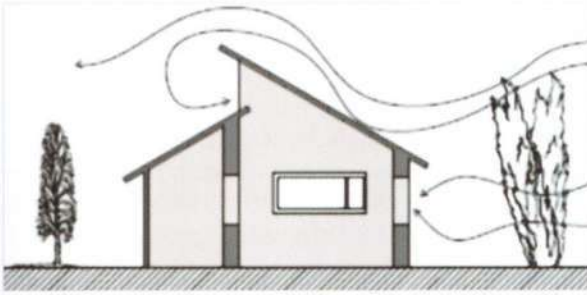
ცხრილი 8. ჰაერის ტემპერატურაზე დამოკიდებული მაქსიმალურ ორთქლის შემცველობის მრუდი 100% გაჯერებულობის ტენიანობისა და 50% და 80% ჰაერის ფარდობითი ტენიანობისას

6.3.4. ქარი

ქარი არის თერმული მოვლენა, რომელიც ჰაერის მასების ერთმანეთისაგან განსხვავებულად გათბობის შედეგად წარმოიქმნება და მზის რადიაციის ზემოქმედებას განიცდის. ამგვარად, ქარი არის სხვადასხვა სიმაღლეების მქონე აირული გარემოს გათანაბრების შედეგი, რომელიც წარმოიქმნება სხვადასხვა დონის გათბობის შედეგად.

ხმელეთისა და ზღვის, აგრეთვე დღისა და ღამის ინტერვალებს შორის სხვაობების გამო, ჰაერის გათბობის პროცესი არასოდეს არ არის ერთგვაროვანი. ის მუდმივად განიცდის თერმულ პროცესებს, რათა აღადგინოს წნევებს შორის განსხვავება და „ჰაერად“ წოდებული აირი წონასწორობის მდგომარეობას დაუბრუნდეს. ქარები მკვეთრად განსხვავდება რეგიონალური თვალსაზრისითაც. ტიპური რეგიონალური ქარები გვხვდება ზღვის ნაპირის სიახლოვეს. ხმელეთის მასივის ძლიერი გახურების შედეგად სანაპირო ზოლში ჰაერიც ძლიერად თბება. ეს იწვევს ჰაერის სიმაღლეების შემცირებას და ხმელეთის მასის ზედაპირზე აღმავალი თბური ნაკადის აღძვრას, რასაც მოსდევს ზღვიდან მობერილი ძლიერი ქარები.





ილუსტრაცია 30: ქარის ზემოქმედება შენობის გარე ელემენტებზე ქარის წნევისა და ქარის გაუსწოვების გამო (წყარო: თ.დუცია, ნ.ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.39)

სამშენებლო ფიზიკის თვალსაზრისით, ქარის ზემოქმედება კონსტრუქციაზე აისახება ზედაპირების მკვეთრი გაცივებით. ამიტომ ქარიან მხარეს მდებარე შენობის ზედაპირებს დიდი თბოდანაკარგების გამო გათბობის მაღალი მოთხოვნა გააჩნიათ. აქედან გამომდინარე ჯერ კიდევ კონცეფციის შედგენისას საჭიროა იმის განსაზღვრა, თუ რა ზემოქმედება შეიძლება იქონიოს ქარმა კუბატურაზე და ფასადზე. კომპაქტური შენობები გვთავაზობენ გაზრდილ ქარსაწინააღმდეგო დაცვას. აგრეთვე დიდ შენობებსაც შეუძლიათ ქარისაგან დაცული და ქარპირა მხარის მოწყობით უშუალო გავლენა იქონიონ ქალაქის მიკროკლიმატზე და გამოიწვიონ შენობებით განპირობებული წერტილოვანი ქარების წარმოქმნა.

ცხელ თვეებში ქარებს შეუძლიათ ხელი შეუწყონ შენობების პასიურ გაგრილებას. ზოგიერთ ცხელ რეგიონში ამგვარი გამოცდილების საფუძველზე გაჩნდა შენობა-ნაგებობების სახეობები, რომლებიც კარგად იყენებენ ამ ეფექტს.

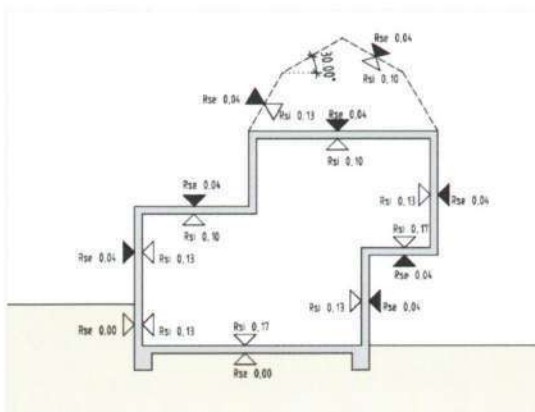
6.4. U სითბოს გაცემის კოეფიციენტები, როგორც სამშენებლო ფიზიკის პარამეტრები

შენობის კონსტრუქციის ზედაპირების ელემენტების, მაგ.: სახურავის, კედლის, ფანჯრის და საძირკვლის ფილის (იატაკის) თბოგამცავი თვისების შესაფასებლად გამოიყენება U-კოეფიციენტი $[W/m^2 \cdot K]$ ანუ თბოგადაცემის კოეფიციენტი. ეს კოეფიციენტი შენობის კომპონენტებიდან სითბოს დანაკარგების მაჩვენებელია და გამოიყენება შენობის ყველა გარე ელემენტების ენერგეტიკული შეფასებისათვის. თბოგადაცემის კოეფიციენტი ითვალისწინებს ჰაერის თერმულ წინააღობას შენობაში კედელთან მიმართებაში და ისევე, როგორც შენობის შიდა ჰაერს გარე კედელთან მიმართებაში, მისი გაანგარიშება ეფუძნება ჰაერის შიდა და გარე ტემპერატურების სხვაობას. სამშენებლო ფიზიკაში, თბოგადაცემის კოეფიციენტი ნიშნავს 1 ვატი სითბოს გადინებას $1 m^2$ შენობის კონსტრუქციის ნაწილების შრეებიდან 1 სთ-ის განმავლობაში, როდესაც ორივე ზედაპირს (შიდა და გარე ზედაპირებს) შორის ტემპერატურის სხვაობა 1 კელვინია (K).

თითქმის ყველა ტიპის სამშენებლო მასალას აქვს თვისება გაატაროს სითბო მასალის შრის სისქეში $[m]$. თბოგამტარუნარიანობა $\lambda [W/m \cdot K]$ გვიჩვენებს, თუ რამდენად კარგად ატარებს სხვადასხვა ტიპის მასალა სითბოს და განკუთვნილია საიზოლაციო მასალის სითბოს დანაკარგების შეფასებისათვის, და არა არქიტექტურული კონსტრუქციისთვის. თუ თბოგამტარუნარიანობას გავყოფთ მასალის სისქეზე, მივიღებთ სითბოს გაცემის კოეფიციენტს, რომელშიც თბოგადაცემის კოეფიციენტისგან განსხვავებით, გათ-



ვალისწინებული მასალების შრეების მომიჯნავე ჰაერის შიდა და გარე ტემპერატურების სხვაობა. სითბოს გადინების წინააღობა, ანუ თერმული წინააღობა, უკუპროპორციულია, შექცეული სიდიდეა სითბოს გაცემის კოეფიციენტისა. კონსტრუქცია, რომლისთვისაც იანგარიშება თბოგადაცემის კოეფიციენტი, როგორც წესი, შედგება სხვადასხვა თბოგამტარობის მქონე რამოდენიმე შრისაგან. ამ შრეებში სითბოს გადინების წინააღობა R_{si} და R_{se} , ასახავენ სითბოს გადაცემას ჰაერიდან კონსტრუქციის კედელზე. ნორმატიული დადგენილებების თანახმად, რომელიც ითვალისწინებს გარემოს პირობებსა და სამონტაჟო სიტუაციას, შენობის შიგნით სითბოს გადინების წინააღობას მიიჩნევენ რომ ტოლია $0,13 \text{ [მ}^2 \text{ K/კვტ]}$, როდესაც გარე ზედაპირზე ზემოქმედებას ახდენს დაახლოებით 5 მ/წმ ქარის სიჩქარე.



ილუსტრაცია 31: ჩვეულებრივი თბოგადაცემის წინააღობის გეგმა შენობის გარე ელემენტების შიდა და გარე მხარეებზე და გრუნტის მიმართ.
(წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.37)

დამპროექტებელს დაგეგმვის ფაზაში შეუძლია, სითბოს გადინების წინააღობა ითვალისწინოს მასალების შერჩევითა და მისი შრის სისქის შეცვლით. კონსტრუქცია რომლისთვისაც ხდება თბოგადაცემის კოეფიციენტის გამოთვლა, როგორც წესი, შედგება სხვადასხვა თბოგამტარუნარიანობის შრეებისაგან. სითბოს გადინების წინააღობის გამოთვლა მთლიანი კონსტრუქციისათვის ხდება შემდეგი მარტივი ფორმულით:

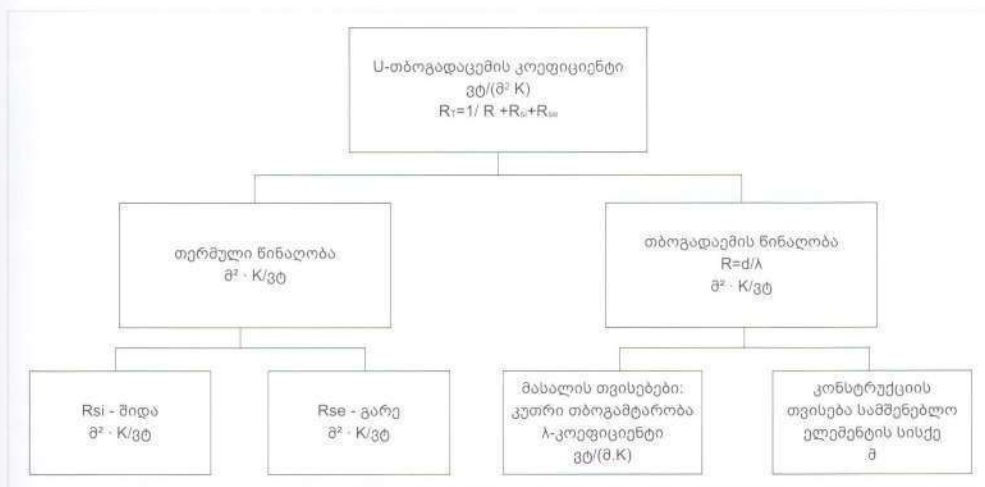
$$R = d / \lambda$$

ანუ შრის სისქის ფარდობით კონსტრუქციული ელემენტის ცალკეული შრის თბოგამტარუნარიანობაზე. სითბოს გადინების წინააღობების საერთო ჯამი ტოლია სხვადასხვა სამშენებლო შრეების სითბოს გადინების წინააღობების და R_{si} და R_{se} თბოგადაცემის წინააღობის (რომელიც განსაზღვრავს სითბოს გადაცემას ჰაერიდან კედელზე) ჯამის.

დანაგარიშების ნიმუში:

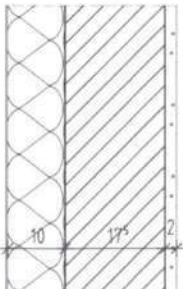
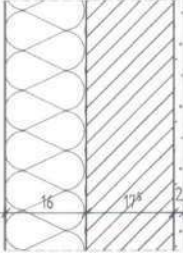
$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_{se}$$

მარტივად შეიძლება ითქვას, რომ შენობის გარე ელემენტის მაღალი თბოგადაცემის წინააღობა R_T მცირე თბოდანაკარგებისა და ენერგეტიკული ოპტიმიზაციის მაჩვენებელია. თუ ყველა წინააღობის R_T ჯამიდან გამოვიყვანთ შექცეულ სიდიდეს, მივიღებთ თბოგადაცემის კოეფიციენტს ანუ კონსტრუქციის U -კოეფიციენტს. U -კოეფიციენტი არა მხოლოდ მასალის თვისებებისა და სამშენებლო ელემენტების ძლიერ მხარეს აღნიშნავს, არამედ ითვალისწინებს მისი მონტაჟის თავისებურებებსაც.



ილუსტრაცია 32- P-თბოგადაცემის კოეფიციენტის შემადგენელი ელემენტების დიაგრამა

6.4.1. კალკულაციის ნიმუში

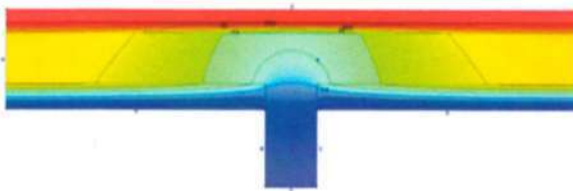
გარე კედლების კონსტრუქცია	d	კუთრი წონა	λ	R	
	მ	პა(კგ/მ3) კგ/მ3	ვტ/მ. K	$\text{მ}^2 \text{K}$ /ვტ	
შელესილი კედელი 100 მმ თბოიზოლაციით:					 შიდა
გარე თბოგადაცემის წინააღობა				0,04	
სინთეტიკური ფისის ბათქაში	0,003	1100	0,700	0,004	
EPS-თბოიზოლაციო მასალა	0,1	20	0,036	2,778	
კირქვიშის აგური	0,175	1800	0,990	0,177	
კირცემენტის ბათქაში	0,02	1800	1,000	0,02	
შიდა თბოგადაცემის წინააღობა				0,13	
R ჯამური				3,149	
U-კოეფიციენტი $1/R=0,32 \text{ ვტ/მ}^2\text{K}$					
შელესილი კედელი 160 მმ თბოიზოლაციით:					 შიდა
გარე თბოგადაცემის წინააღობა				0,04	
სინთეტიკური ფისის ბათქაში	0,003	1100	0,700	0,004	
EPS-საიზოლაციო მასალა	0,16	20	0,036	4,444	
კირქვიშის აგური	0,175	1800	0,990	0,177	
კირცემენტის ბათქაში	0,02	1800	1,000	0,02	
შიდა თბოგადაცემის წინააღობა				0,13	
R ჯამური				4,815	
U-კოეფიციენტი $1/R=0,21 \text{ ვტ/მ}^2\text{K}$					

ცხრილი 9: U-კოეფიციენტის მონაცემების შედარება ორ გარეიზოლაციის მქონე, კირქვიშის აგური ნაგებ კედელზე. (წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.37)

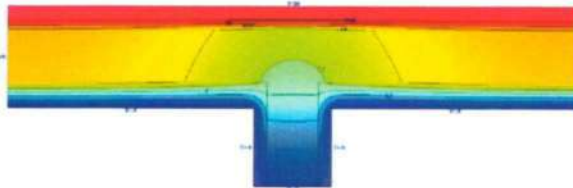


კონსტრუქციულად განპირობებული თბური ხიდები ჩნდება კონსტრუქციულ ელემენტებში განივი კვეთის შეცვლის დროს. მათ შორისაა ისეთი კონსტრუქციული ელემენტები, როგორიცაა გამათბობლის ნიში, სამონტაჟო ღრეჩო, ფანჯრის ღიობი, ფანჯრის ზღუდარი და შტორების კოლოფი.

ოთახის თავზე გადებული კოჭის მაგალითი გვიჩვენებს თბური ხიდების ზემოქმედებას. სარტყელი მოქმედებს როგორც „გამაგრილებელი წიბო“ გადახურვის ფილაში. აქ მოყვანილი მაგალითები ნათლად წარმოაჩენენ კოჭის გვერდითი თბოიზოლირების გავლენას და ზემოთა, შიდა ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილებას.

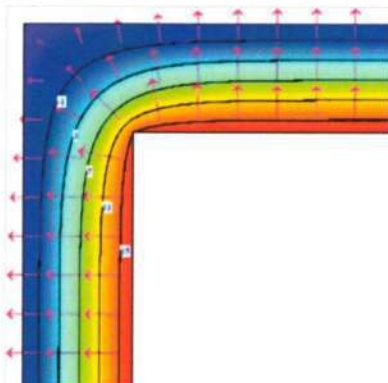


ილუსტრაცია 36: დათბუნებული სათავსოს ბეტონის გადახურვა ზედაპირის ქვედა მხრიდან იზოლაციით. კოჭა რჩება თბოიზოლაციის გარეშე.
(წყარო: თ. დუცია)



ილუსტრაცია 37: დათბუნებული სათავსოს ქვემოდან იზოლირებული ბეტონის ქვერი კოჭის გვერდითი თბოიზოლაციით. კოჭის გვერდის თბოიზოლაცია ხელს უწყობს სითბური ნაკადების შემცირებას და თერმულად გაწონასწორებულ პირობებს სამშენებლო კომპონენტში. (წყარო: თ. დუცია)

გეომეტრიული თბური ხიდის თვალსაჩინო სურათი განისაზღვრება სითბოს მიმწოდებელი შიდა და სითბოს გამცემი გარე ზედაპირების არაბალანსირებული თანაფარდობით. აქედან გამომდინარეობს „გამაგრილებელი წიბოს ეფექტი“, რომელიც შიდა ზედაპირის ტემპერატურის დაწევას იწვევს. გეომეტრიული თბური ხიდები ხშირად გვხვდება კონსტრუქციულ თბურ ხიდებთან კომბინაციაში.



ილუსტრაცია 38: სითბური ნაკადებისა და იზოთერმების გამოსახულება დაუთბუნებელი სათავსის კუთხეში. ზედაპირის ტემპერატურა კუთხეში დაახლ. 2-3 K-ით ნაკლებია ვიდრე მომიჯნავე კედლების ზედაპირზე (წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.69)

ტიპიურ გეომეტრიულ თბურ ხიდებს წარმოადგენენ სათავსების კუთხეები. შენობის შიდა მხრიდან კუთხეებში ენერგოდანაკარგების მატება იწვევს კედლის ზედაპირის ძლიერ გაცივებას. შიდა კუთხეების გაცივება და კონდენსატის წარმოქმნა შენობის ცივ ნაწილებში ხელს უწყობს ობის სოკოს გაჩენას.



ილუსტრაცია 39: საშგანზომილებიანი თბური ხიდი ოთახში. კუთხის არეში დაბალი ზედაპირული ტემპერატურის გამო ჩნდება კონდენსატი, რაც მისი დაობების საფუძველს წარმოადგენს. (ფოტო: თ. დუცია)

6.5.1. თბური ხიდების შედეგები და პროექტირება

ენერგობალანსში თბური ხიდების ეფექტის შესამცირებლად ყველაზე მეტად მიზანშეწონილია ერთიანი, უწყვეტი, გარე თბოსაიზოლაციო შრის მოწყობა. ამასთანავე სითბური დაცვა საჭიროებს შენობის ზედაპირიდან გამოშვებული ისეთ სამშენებლო ელემენტებს, როგორიცაა აივნის ფილები, სხვენებში არსებული ლავგარდანი ან მზიდი კონსოლები, რომლებიც ერთვის ფოლადის სტრუქტურებს. შენობის ამ ნაწილების მიერ შენობის თბოსაიზოლაციო შრის გაკვეთის შემთხვევაში, მათ არ უნდა მოახდინონ თბილი შიდა სივრცის პირდაპირი შეპირაპირება გარე ცივ ზონასთან.

თერმული გამიჯვნის განსახორციელებლად სამშენებლო ინდუსტრია გვთავაზობს სხვადასხვაგვარ ჩასაშენებელი დეტალებს, როგორიცაა მაგალითად დაწოლის მიმართ შედეგი, დონეების გამთანაბრებელი ე. წ. „პირველი ფენის ქვა“ კედლის ძირში დასაბლაგებლად



ან საიზოლაციო კალათები გამოშვებული ბეტონის ფილებისთვის, ხისა და აგრეთვე რკინის კონსტრუქციებისთვის.

ილუსტრაცია 40: თბური ხიდების ეფექტის თავიდან ასაცილებლად. ქვის კედლის ქვედა ფენა შეიძლება შესრულდეს თბოიზოლირებული „პირველი ფენის ქვით“. პროექტში გათვალისწინებული უნდა იყოს სტატიკური მოთხოვნები კუმშვამდეგობისადმი. (ფოტო: თ. დუცია)



6.6. სითბური ლინზები ანუ გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილების თბოიზოლაცია

შენობის გარსის ენერგეტიკული ანალიზისას განსაკუთრებულ შემთხვევას წარმოადგენენ გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილები. ვინაიდან ეს კონსტრუქციული ელემენტები: კედელი და საძირკვლის ფილა, ჰაერთან კი არა, არამედ გრუნტთან არიან შეხებაში, გამთბარი შენობიდან მოდინებული თბური ნაკადები განიცდიან დასუსტებას. ამასთანავე წლის განმავლობაში საგრძნობი ხდება მიმდებარე გრუნტის დაგვიანებული ზემოქმედება. ცივ გარე ჰაერთან პირდაპირი კონტაქტი ასევე ნაკლებად ახდენს ზეგავლენას ამ სამშენებლო ნაწილების ტემპერატურებზე. ამ ფაქტორებთან ერთად შენობიდან გარემოში გარდამავალ თბურ ნაკადებზე საგრძნობ ზეგავლენას ახდენს შენობის გრუნტში ჩასვლის სიღრმეც.

შენობის გარსის ყველა სხვა ზედაპირის კონტექსტში საცხოვრებელი სახლის გრუნტთან შეხებაში მყოფი ელემენტების თბური დანაკარგები შეადგენს საერთო დანაკარგების დაახლოებით 10%-ს. მნიშვნელოვან გავლენას ენერგოდანაკარგებზე ახდენენ აგრეთვე გრუნტში შენობის ჩასვლის სიღრმე და საძირკვლის ფილის ზომა. რადგანაც მიწის ღრმა შრეებზე გრუნტში წლიური ტემპერატურული ფაზების წანაცვლება არ ხდება, ამდენად მასზე ფაქტიურად არ აისახება გარე ტემპერატურის ცვალებადობა. აქედან გამომდინარე, გამართივებულად შეგვიძლია საძირკვლის ფილის კიდის თბოსაიზოლაციოდ 5,00 მეტრიანი მომვლები ზოლი საკმარისად მივიჩნიოთ.

სტანდარტული შემთხვევებისთვის, ნიადაგის კუთრი თბოგამტარობის კოეფიციენტად შეგვიძლია ავიღოთ $\lambda E=2,0$ ვტ/(მ·K). თუ არსებობს ზუსტი მონაცემები ნიადაგის ტიპის შესახებ, შეიძლება ფაქტიური თბოგამტარობის დადგენა. სითბურ ნაკადებზე გრუნტის ზეგავლენის გარდა, უნდა შეფასდეს გრუნტის წყლების დონეც - მითუმეტეს თუ გრუნტის წყლების დონე მაღალია და დინების სიჩქარეც შედარებით მაღალია, ასეთ შემთხვევაში იზრდება გრუნტის კუთრი თბოგამტარობა, რაც იწვევს მაღალ თბურ დანაკარგებს გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილებიდან.

გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილების კუთრი თბოგამტარობის გამოთვლისას გათვალისწინებულ უნდა იქნას თბოგადაცემის წინააღობაც. გრუნტთან შეხებაში მყოფი კედლების საძირკვლის ფილისათვის სათავსის შიდა მხარეს მიღებულია, რომ $R_{se}=0,17$ (მ²·K/ვტ) ან $R_{se}=0,13$ (მ²·K/ვტ). გრუნტიდან შემხებ შენობის ნაწილზე გარე თბოგადაცემის წინააღობად დადგენილია $R_{se}=0,00$ (მ²·K/ვტ).

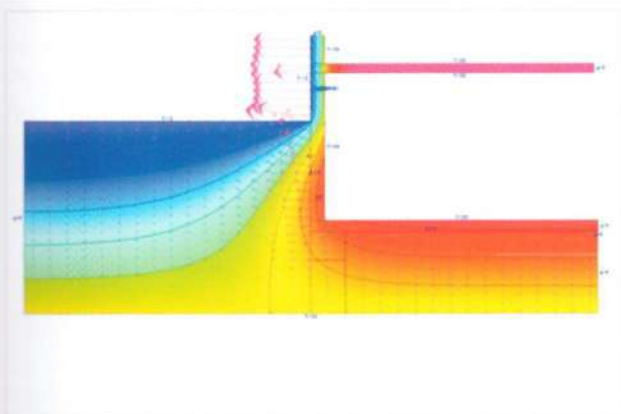
ნიადაგის თბოტექნიკური მახასიათებლები		
მასალა	კუთრი წონა პა [კგ/მ ³]	დადგენილი კუთრი თბოგამტარობა λ [ვტ/მ·K]
თიხა და ლამი	1200-1800	1,5
ქვიშა და ხრეში	1700-2200	2,0
კრისტალური ბუნებრივი ქვა	2800	3,5
დანალექი ბუნებრივი ქვა	2600	2,3

ცხრილი 10: ნიადაგის თბოტექნიკური მახასიათებლები

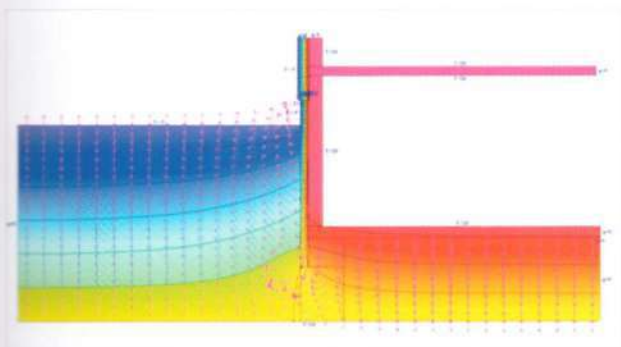


6.6.1. ტემპერატურა გრუნტში

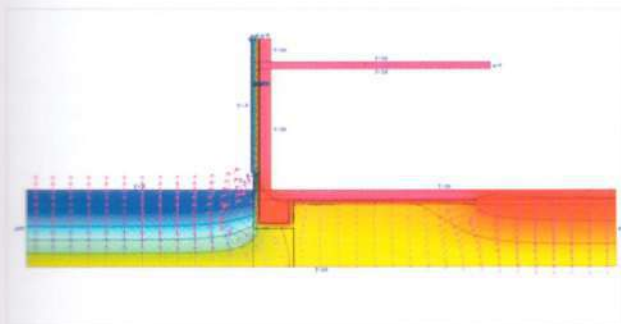
შენობის მიმდებარე არეზე სეზონურ ტემპერატურის ცვლას უშუალო გავლენა აქვს ნიადაგის ტემპერატურაზე. აქ ხდება სეზონურად განპირობებული ტემპერატურული ფაზების წანაცვლება, რაც შედეგია ნიადაგის თვისებისა, დააგროვოს სითბო, ასევე გარკვეული დროის შემდეგ გასცეს იგი. სითბოს აკუმულირების უნართან ერთად მნიშვნელოვანია ნიადაგის შრეების სიღრმეც. რაც უფრო დიდია დაშორება მიწის ზედაპირიდან, მით უფრო დაბალია ატმოსფერული ტემპერატურის ზეგავლენა გრუნტის გათბობაზე. ზედაპირთან ახლოს მყოფი შრეები ჰაერიდან მიღებულ სითბოსთან ერთად აგრეთვე განიცდის მზის გამოსხივებისა და მისი შთანთქმით გამოწვეული გათბობის ხანმოკლე ზემოქმედებასაც.



ილუსტრაცია 41: იზოთერმული პროცესების გამოსახულება. მიწის ზედაპირიდან დაახლ. 2 მეტრის სიღრმეზე გრუნტში ჩასვლი არაიზოლირებული ბეტონის კონსტრუქციისთვის -5°C გარე ჰაერისა და $+10^{\circ}\text{C}$ ნიადაგის ტემპერატურების შქონე სტაციონარული სასაზღვრო პირობებით. საძირკვლის ფილის ქვეშ წარმოიქმნება თბური ლინზა. ატმოსფერული ჰაერის დაბალი ტემპერატურა ზეგავლენას ახდენს ზედაპირთან ახლოს მყოფ გრუნტის შრეებზე. (წყარო: თ. დუცია).



ილუსტრაცია 42: იგივე კონსტრუქცია და ნიადაგში ჩასვლის იგივე სიღრმე, გრუნტთან შეხებაში მყოფი 140 მმ სისქის ბეტონის კედლის $\lambda=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ კუთრი თბოგამტარობის მქონე დამატებითი ვერტიკალური თბოიზოლაციით. შენობიდან მოდინებული თბური ნაკადის შემცირების შედეგად გრუნტი უფრო მეტად ცივდება. (წყარო: თ. დუცია).



ილუსტრაცია 43: შენობა გათბობითა და ბრტყელი საძირკვლით, რომელსაც გააჩნია იზოლირებული ლენტური ფუნდამენტი და 5 მ-მდე დამცავი საიზოლაციო არშია საძირკვლის ფილის ქვეშ. დაბალი გარე ტემპერატურა -5°C არ ახდენს არსებით ზემოქმედებას დაუთბუნებელ შუა ზონაზე. (წყარო: თ. დუცია).



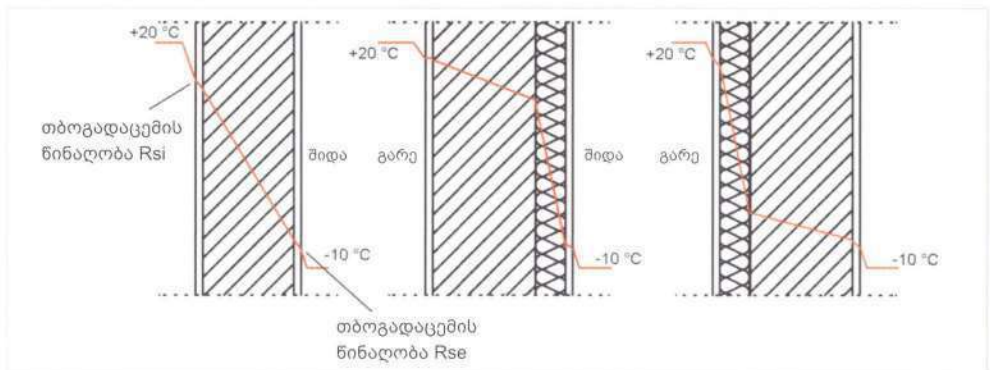
სეზონური ცვლილებების გაზღვრა ნიადაგის ტემპერატურაზე უმნიშვნელოა იმ შენობებისთვის, რომელთაც განსაკუთრებით დიდი ან ღრმად განლაგებული საძირკვლის ფილები გააჩნიათ. ამგვარი კონსტრუქციებისათვის საკმარისი და მიზანშეწონილია 2 მ სიღრმის ვერტიკალური ან 5 მ ჰორიზონტალური ყინვაშედეგი თბოიზოლაციის მოწყობა. ნორმალური სიღრმის მქონე საცხოვრებელ შენობებში შეიძლება ზემოაღნიშნული არ გავითვალისწინოთ.

6.7. იზოლაციის სისტემები და მათი მოქმედების სახეობები

შენობაში თბური ენერგიის მოხმარების შემცირების მიზნით, მთავარ ამოცანას წარმოადგენს ფასადის, სახურავისა და საძირკვლის ფილის იზოლაცია. დიდია კედლისა და სახურავის ზედაპირების წვლილი თბოგადაცემის გზით თბურ დანაკარგებში. ჩვეულებრივ საკუთარ საცხოვრებელ სახლში ცალკეული ზედაპირების თბური დანაკარგების წილები ასეთია :

- გრუნტში მყოფი საძირკველი: 5-დან 10 %-მდე
- სახურავი: 15-დან 20 %-მდე
- ფანჯარა: 20-დან 25 %-მდე
- კედელი: 20-დან 25 %-მდე
- ვენტილაცია: 10-დან 20 %-მდე
- გათბობა: 30-დან 35 %-მდე

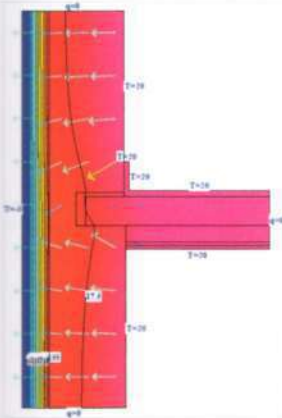
ამასთან ენერგეტიკული შედეგებისა და კონსტრუქციული ღონისძიებებისათვის გამომწვევით მნიშვნელოვან ენიჭება თბოიზოლაციო სისტემის მდებარეობას. დამპროექტებელს არჩევანი აქვს შიდა და გარე იზოლაციებს შორის, გარე კედლის შემთხვევაში კი დამატებით მონოლითურსა და თბოიზოლირებულ კონსტრუქციებს შორის.



ილუსტრაცია 44. სქემატური ტემპერატურის დინამიკა სხვადასხვა კედლის სტრუქტურებში, მარცხნივ - მონოლითური კედელი, შუაში - კედელი გარე იზოლაციით, მარჯვნივ - კედელი შიდა იზოლაციით. (წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ. 36)

6.7.1. გარე იზოლაცია

შენობის ნაწილების გარედან თბოიზოლირებას გააჩნია ის უპირატესობა, რომ მათი ყველა შეერთების დეტალური დაპროექტებისას შესაძლებელია თბური ხიდეებისგან დაცვა, რის შედეგადაც ყველაზე საგრძნობლად მცირდება შენობიდან სითბური ნაკადი. ძირითადად გარე იზოლაცია უზრუნველყოფს იმას, რომ შენობის მზიდი კონსტრუქცია აღარ დგას პერიოდული გაყინვა-გაღვობის რისკის ქვეშ და შესაბამისად თითქმის გამოირიცხება სითბური ძაბვების წარმოქმნა სამშენებლო ელემენტებში. როგორც ილუსტრაცია #43 სქემატურად უჩვენებს, ტემპერატურის ვარდნა და გაყინვის წერტილის ქვევით ჩაცდენა ხდება გარეთ მდებარე საიზოლაციო სიბრტყეში. ამდენად ზამთრის პირობებში წარმოიქმნება დაბალანსებული და კომფორტული მიკროკლიმატი შენობაში, ვინაიდან ზედაპირის ტემპერატურა კედლის შიდა მხრიდან შედარებით მაღალია და თითქმის შეესაბამება შიდა ჰაერის ტემპერატურას. ამგვარად შიდა სათავსებისთვის მასიური სამშენებლო დეტალები წარმოადგენენ თერმომარეგულირებელ აკუმულატორს, რომელიც ზაფხულის თვეებში შეღავათს გვაძლევს.



თუმცა გარე იზოლაცია განაპირობებს აგრეთვე სითბური ნაკადების მკვეთრად შემცირებას. რაც აფერხებს ფასადების გარე მხრიდან გაშრობას. ამდენად გარედან იზოლირებული ფასადები მიდრეკილია ხავსის მოკიდებისაკენ, რაც გამოწვეულია კონდენსატის წარმოქმნით ფასადის ზედაპირებზე.

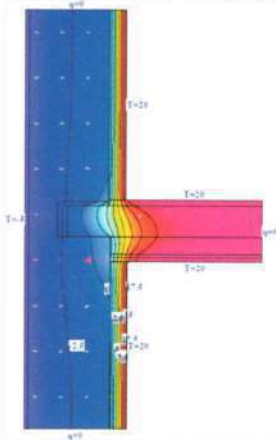
ილუსტრაცია 45: სითბური ნაკადი და იზოთერმები გარედან იზოლირებულ კედელში, მასში შესული ხის კოჭოვანი ჭერი. ხის კოჭები მთლიანად მოქცეულია სამშენებლო კომპონენტის თბილ ნაწილში. (წყარო: თ. დუცია; ნ. ბოგუშ; სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ. 182)

6.7.2. შიდა იზოლაცია

თუ შევადარებთ რაიმე ფასადის შიდა იზოლაციისა და გარე იზოლაციის მოქმედების პრინციპებს, შევამჩნევთ, რომ შიდა იზოლაციის შემთხვევაში მზიდი ელემენტი მთლიანად მოქცეულია გაყინვისადმი მიდრეკილ ნაწილში და ტემპერატურის დაცემა შიდა მხრიდან ხდება საიზოლაციო შრეში. აქედან წარმოიქმნება კონსტრუქციული პრობლემები, როგორცაა სამშენებლო ნაწილების გაფართოება და მისგან გამოწვეული ჭყლეტვები. შეუძლებელია, ყველა ერთმანეთთან შეკავშირებული შენობის ნაწილები, როგორცაა შიდა კედლები და ჭერი, შიდა თბოიზოლაციით გერმეტულად იყვნენ დაფარულნი. შედეგად საგრძნობი ხდება თბური ხიდების ეფექტი. რაც იწვევს გაძლიერებულ სითბურ ნაკადებს სამშენებლო ელემენტების შეერთების წერტილებში, რაც ერთი სამშენებლო ნაწილიდან მეორეში გადასვლის არეში ზედაპირების ტემპერატურას საჭიროზე დაბლა სწევს. ამდენად არსებობს რისკი იმისა, რომ ერთმანეთთან შეკავშირებული შენობის ნაწილების შეერთების ადგილებში ცივ ზედაპირზე წარმოიქმნას კონდენსატი, რაც სათავსოში დაობების საფუძველს ქმნის.



საკმაოდ დიდი სამშენებლო ზიანის მოყენება შეუძლია აგრეთვე შენობის ნაწილების არასწორად შესრულებულ შეპირაპირებას სათავსის შიდა მხრიდან. თუ მაგალითად არ მოხდება ორთქლამრიდების მთელ პერიმეტრზე სრულყოფილად შემოვლება, ან თუ თბოსაიზოლაციო პანელები ღრეჩობით დაიგება, ეს გამოიწვევს კონდენსატის წარმოქმნას თბოიზოლაციასა და ცივ სამშენებლო ელემენტს შორის. ილუსტრ.45-ზე გამოსახული ხის კოჭების კონსტრუქციის შემთხვევაში, სოკოს გაჩენის შედეგად არა მარტო ჰიგიენური საფრთხე იქმნება, არამედ იმავდროულად კონსტრუქციულიც, თუკი წარმოქმნილი კონდენსატი გახდება ხის დამშლელი სოკოს გაჩენის მიზეზი. ამიტომ სამუშაო პროექტშივე უნდა ხდებოდეს ყველა შემაერთებელი ელემენტის სამშენებლო-ფიზიკური შეფასება.



ილუსტრაცია 46: იზოთერმული პროცესი შიდა იზოლაციის მქონე აგურის კედელში, მასში შესული ხის კოჭოვანი ჭერით. (წყარო: თ. დუცია, ნ.ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.182)

შიდა საიზოლაციო სისტემების უმრავლესობა, თუ მათ გააჩნიათ დაბალი S_d (ორთქლის დიფუზიის ეკვივალენტური ჰაერის სისქე) მახასიათებელი, შესრულებული უნდა იყოს სათავსის მხრიდან მომავალი ორთქლსაწინააღმდეგო დაცვით, რათა თბოსაიზოლაციო შრესა და ცივ გარე კედელს შორის არ გაჩნდეს კონდენსატი და ფარული ობის სოკო. ეს არ ეხება თბოსაიზოლაციო მასალად გამოყენებულ კალციუმ-სილიკატის ფილებს და PUR-პერფორირებულ ფილებს, რომელთა შემუშავება სპეციალურად დაობებული ადგილების სანიტების მიზნით ხდება. ამ ფილების თბოსაიზოლაციო თვისებებიდან გამომდინარე, ზედაპირების ტემპერატურის მატებასთან ერთად ხდება სათავსის ჰაერიდან სინესტის შუალედური დაგროვება, რომელიც გარკვეული დროის შემდეგ ისევ გაიფრქვევა ჰაერში. ანალოგიურად, ორთქლის საწინააღმდეგო დაცვის გარეშე შიდა თბოსაიზოლაციოდ შეგვიძლია ქაფმინის პროდუქტების გამოყენება, ვინაიდან ქაფმინა ორთქლის დიფუზიისადმი მაღალი შედეგობით გამოირჩევა და თბოსაიზოლაციო შრეში ვერ მოხვდება ვერანაირი სინესტე.

ვინაიდან შიდა თბოიზოლაციების უმეტესობა ცვლის შენობის გარე ელემენტების გაშრობის უნარს და შრება მხოლოდ გარე მხარე, ყოველთვის უნდა შემოწმდეს შიდა შრე, გარე კედლებისათვის აუცილებელია:

- ქმედითუნარიანი წვიმისაგან დამცავი ფენა
- აგურისა თუ ქვის კედელში ზრდადი სინესტის არ არსებობა
- აგურის თუ ქვის კედელში დეფექტიანი წყალგაყვანილობების არ არსებობა

თუმცა შიდა იზოლაციები სწორედ არსებული შენობებისა და არქიტექტურული ძეგლების სანიტებისას იძლევა გარე ზედაპირების ენერგოოპტიმიზაციის განხორციელების შანსს. ქვემოთ მოყვანილ მიმოხილვაში წარმოდგენილია შიდა თბოიზოლაციების გასათვალისწინებელი დადებითი და უარყოფითი მხარეები:



უპირატესობები	ნაკლოვანებები
შესაძლებელია ოთახების სწრაფად გათბობა ზამთარში	ოთახების სწრაფად გათბობა ზაფხულობით
ენერგეტიკული მდგომარეობის გაუმჯობესება თბოდაზიანებების შემცირების გამო	აუცილებელია დამატებითი მზიდი კონსტრუქციის მოწყობა კედელზე ჩამოსაკიდი ავეჯისათვის
ზედაპირების ტემპერატურის და შესაბამისად კომფორტის ზრდა	ძლიერდება თბური ხიდეების ეფექტი
სოკოს გაჩენის რისკის შემცირება	კონდენსატის წარმოქმნა საიზოლაციო შრის მიღმა მდებარე შენობის ცივ ნაწილებზე ორთქლსაწინააღმდეგო დაცვის ხარვეზიანი შესრულებისას
შენობების ეტაპობრივი სივრცითი რეაბილიტაციის შესაძლებლობა	ხმაურისაგან დაცვის შესაძლო გაუარესება ძალზე მსუბუქი თბოსაიზოლაციო მასალის გამოყენებისას.
არანაირი ხარაჩოს ხარჯი	არჩეული თბოსაიზოლაციო მასალიდან გამომდინარე ხანძარსაწინააღმდეგო რისკები
არქიტექტურულ ძეგლებში საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია მათი მონტაჟი	მარგი ფართობის დანაკარგები
	ნესტიანი კედლების შემთხვევაში, სათავსის მხრიდან გაშრობის პოტენციალის შემცირება
	გაყინვის წერტილი ღრმად აღწევს შენობის ნაწილში, შესაბამისად ყინვისაგან დაზიანების საშიშროება
	კედლებში გაყინვის საშიშროება მასში წყალ-გაყვანილობის არსებობისას
	მონაცვლეობითი გაყინვა-გაღებობა კონსტრუქციის სიბრტყეზე

ცხრილი 11: შიდა თბოიზოლაციების დადებითი და უარყოფითი მხარეები

6.7.3. გრუნტის მიმართ იზოლაცია

გრუნტის მიმართ გამოსაყენებელი თბოსაიზოლაციო მასალები ზოგადი ტერმინით - პერიმეტრული თბოიზოლაცია - აღინიშნება. პერიმეტრული თბოიზოლაციის განთავსება მიწასთან შეხებაში მყოფ არეში უზრუნველყოფს შენობების თბური ხიდეებისგან თავისუფალი ნაგებობების შენებას და ენერგეტიკული დანაკარგების მინიმუმამდე დაყვანას.

შენობის გარეთ განლაგებული პერიმეტრული თბოიზოლაციის გრუნტთან შეხებაში მყოფ არეში მოქმედებს განსაკუთრებული პირობები სითბოს გატარების წინააღობისა და აქედან გამომდინარე თბოგადაცემის U კოეფიციენტის გამოსათვლელად. ვინაიდან შენობის ნაწილის მიწასთან შემხებ მხარეს ჰაერთან კონტაქტი არ გააჩნია, გამოირიცხე-



ბა თბოგაცემის წინაღობა R_{se} , რომელიც გამოსხივებისა და კონვექციის ზემოქმედებას ახასიათებს.

გასათვალისწინებელია, რომ თბოსაიზოლაციო ფილები ერთმანეთთან მჭიდროდ შეპირაპირებული, ღრუების გარეშე, გლუვ ქვენიადგზე უნდა დაიგოს. ქაფმინის ფილების შემთხვევაში, სამშენებლო დეტალების ზედაპირები მთლიანად უნდა შეწყებდეს ბიტუმის წებოთი და დაითაროს ყინვისაგან დამცავი ფენით, თუ ეს ფილები უკვე არ არის ამგვარად დამზადებული ქარხნულად. პერიმეტრული თბოიზოლაცია უნდა იყოს მედეგი გრუნტის წნევისადმი, ახლომდებარე ნაგებობების წნევისადმი, გაყინვა-გაღვლის მონაცვლეობისადმი და წყლის ზემოქმედებისადმი. ასევე ცნობილი უნდა იყოს მონაცემები გრუნტის წყლების სავარაუდო დატვირთვის შესახებ, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიონ იზოლაციის დაშლა. წყლის ფაქტიური ზემოქმედება იყოფა სამი სახეობის დატვირთვად:

- ნიადაგის ტენიანობა
- არასადაწნეო წყლები
- სადაწნეო წყლები

პერიმეტრული თბოიზოლაციის განხორციელება უნდა მოხდეს შენობის აუცილებელ ჰიდროიზოლაციასთან შეთანადებულად. მაგ., თუ კონსტრუქცია მდებარეობს ისეთ ადგილას, სადაც პერიოდულად ჩნდება ფენათშორისი წყლის ნატბორი, ეს გამოიწვევს ჰიდროსტატიკურ წნევას. გრუნტის კაპილარულ წყალგამტარობასთან ერთობლიობაში ე.წ. კაპილარული წყლის დონემ შეიძლება აიწიოს გრუნტის წყლის სარკის ზემოთაც.



ილუსტრაცია 47: XPS-ის პერიმეტრული თბოიზოლაციის ლენტური საძირკველის გვერდების ორივე მხრიდან თბური ხიდების ზემოქმედების შესამცირებლად. (ფოტო: თ. დუცია)

6.7.4. მონოლითური და თბოიზოლირებული გარე კედლების კონსტრუქციები

ტრადიციულ მონოლითურ კონსტრუქციასაც კი შეუძლია დააკმაყოფილოს თბოიზოლაციისა და ენერგოეფექტიურობის მოთხოვნები. ამის განხორციელება შეიძლება დამატებითი ჩანაყარის მქონე აგურის, ანუ მრავალფორიანი აგურის ან ფოროვანი ბეტონის ბლოკების გამოყენებით. მაგრამ ამ მასალის (ქვების) გამოსაყენებლად დაპროექტების პროცესშივე საჭირო ინჟინერ-კონსტრუქტორთან შეთანხმება, ვინაიდან მათი გამოყენება კონსტრუქციული თვალსაზრისით შეზღუდულია. ამ ქვის მასალას დაბალი თბო-



გამტარობისა და გაუმჯობესებული თბოიზოლაციის უნარის სანაცვლოდ დაქვეითებული აქვს როგორც დატვირთვის მიმართ მედეგობა, ისე ხმაურსაწინააღმდეგო დაცვა.

ილუსტრაცია-48: ჩანაყარიანი აგურის გამოსახელება, რომლითაც შეიძლება აშენდეს მონოლითური და თბოიზოლირებული შენობები. (ფოტო: თ. დუცია)

მონოლითურ შრეებიან კონსტრუქციაში ტემპერატურული დინამიკა თანდათანობით ვარდება მთლიანი სამშენებლო ელემენტის სისქის გასწვრივ. შელესილი აგური შიდა მხრიდან ესაზღვრება სათავსში მყოფ თბილ ჰაერს, გარედან კი ცივ ჰაერს და მას სითბური ძაბვების მიღების უნარი გააჩნია. მონოლითური კონსტრუქციის მშენებლობას უპირატესობა გააჩნია როგორც ზამთრის, ისე ზაფხულის თბოიზოლაციის მხრივ, რადგან შესაძლებელია შიდა მხრიდან თერმომარეგულირებელი აკუმულირებული თბური მასის გამოყენება. მინერალური მასალის გამო ეს აგურები არ იწვის. უტრედების ამოვსება საიზოლაციო მასალის ჩანაყარით კიდევ უფრო ზრდის ამ ქვების თბოიზოლაციის უნარს.

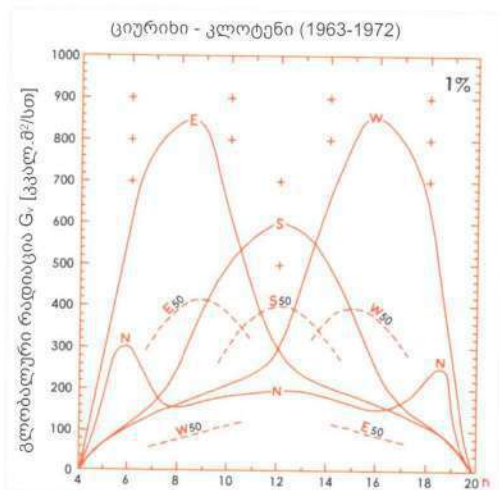
6.8. ზაფხულის თბოიზოლაცია

6.8.1. ზაფხულის თბოიზოლაციის მიზნები

საზაფხულო სითბოდაცვა შენობებში ემსახურება ძირითადად ორ მიზანს. სათავსების გაგრილების ენერგოხარჯის შემცირებისა და ძვირადღირებული ენერგოხარჯიანი ტექნიკური გადაწყვეტილებების თავიდან აცილების გარდა, მისი მიზანია აგრეთვე შენობაში სათანადო პირობების შექმნა. რის შედეგადაც შენარჩუნებულ უნდა იქნას მომხმარებლის ქმედითუნარიანობა და კომფორტი. იმისათვის, რათა უზრუნველყოთ ქმედითუნარიანობა და გამოვრიცხოთ ჯანმრთელობის რისკები, შენობაში შიდა ტემპერატურა დამოკიდებულია რეგიონის ზაფხულის კლიმატურ ზონაში დადგენილ ტემპერატურაზე და უნდა შეადგენდეს 21°C -დან 23°C -მდე. საზაფხულო სითბოდაცვის დასაბუთების მიზანია, რომ დაპროექტებისთანავე მოხდეს შენობის სათავსების გათბობის პროცესის შეფასება. დამპროექტებელს ამ შემთხვევაში უკვე ადრეულ ფაზაშივე შეიძლება სხვადასხვა სახის სამშენებლო ღონისძიებების მეშვეობით ზემოქმედება მოახდინოს საზაფხულო გათბობის პროცესზე. ესენია:

- სარკმელების ორიენტაცია
- სარკმელების სიბრტყეების განლაგება (კედელი და სახურავი)
- შემინვის სახეობა
- მზისაგან დაცვის სახეობა და განლაგება
- სარკმელების ფართობის ზომა ზედაპირის ფართობთან მიმართებაში
- ოთახების ვენტილაციის სახეობა
- პასიური გაგრილების გამოყენება
- შემომზღუდი კონსტრუქციების სახეობა





ილუსტრაცია 49: შენობის ნაწილების ორიენტაციის და სავარაუდოდ მიღებული გამოსხივების სიმძლავრის ზეგავლენა ივნისში ციურიხში/შვეიცარია. მრუდები გვიჩვენებს 1% გამოსხივების სიხშირეს და 50% გამოსხივების სიხშირეს (წყვეტილი ხაზები). (წყარო: პ. საბადი, სახლი და მზის ენერგია, გამომცემლობა ჰელიონი ციურიხი 1977; მე-3 განვრცობილი გამოცემა)

საბაფხულო სითბოდაცვის გამოთვლები წარმოებს მზის რადიაციის შედეგად შემოდინებული სითბოს მახასიათებლების მეშვეობით და ანგარიშდება შემდეგი ფორმულით:

$$S_{\text{vorth}} = \sum A_{w,j} \cdot g_{\text{tot},j} / A_G$$

სადაც:

$A_{w,j}$ სათავსის სარკმლის ფართობი მ²-ში, როგორც შემომზღუდი კონსტრუქციის ელემენტი;

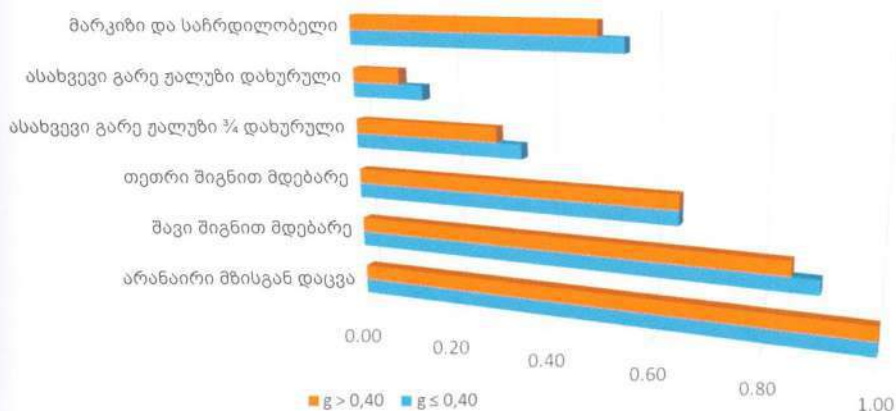
$g_{\text{tot},j}$ შენობის შემინული ანდა გამჭვირვალე კონსტრუქციული ელემენტების გავლით მიღებული ჯამური რადიაციული სითბოს გატარების კოეფიციენტი მზისგან დამცავი შერჩეული მოწყობილობის ჩათვლით

A_G სათავსის ელემენტების საერთო ფართობი მ²-ში

საერთო ენერგოგამტარობის კოეფიციენტი g_{tot} გამოითვლება g მინის ენერგოგამტარობის კოეფიციენტის გამრავლებით F_e . დაჩრდილვის მოძრავი მოწყობილობებით გამონვეული მზის რადიაციის შემცირების კოეფიციენტზე (მზისგან დამცავი მოწყობილობების შემცირების კოეფიციენტზე).

თუ მზისგან დაცვა არ არის პროექტით გათვალისწინებული, შემცირების კოეფიციენტი შეადგენს F_e 1-ს, რაც ნიშნავს, რომ შიდა სითბოდაცვა არ უმჯობესდება. ყველა სხვა შიდა და გარე მზისგან დამცავი სისტემა ხელს უწყობს ოთახებში გათბობის პროცესის გაუმჯობესებას, ანუ გათბობის მკვეთრ შემცირებას გამოთვლებში. ყველაზე ეფექტურ მზისგან დაცვას უზრუნველყოფენ ძირითადად გარეთ მდებარე სისტემები. მზის გამოსხივებისაგან დასაცავად აგრეთვე შეიძლება სახურავის შვერილების, საჩრდილობლების და მარკიზების დაყენება. მინისათვის მზისდამცავი ტექნიკური თვისებების მახასიათებლად გამოიყენებენ g საერთო ენერგიის გატარების კოეფიციენტს. ეს პარამეტრი წარმოადგენს შემინვის ენერგოგამტარობის საერთო კოეფიციენტს, რითიც ხდება სარკმლის მინაზე მზის პირდაპირი სხივების დაცემის შემცირების შეფასება. ნორმალურ ორმაგ შემინვას დაბალი თბოგამტარობით, როგორც წესი, გააჩნია 0,72-დან 0,65-მდე ენერგოგამტარობის კოეფიციენტი. მზისგან დამცავი შემინვისათვის ეს მაჩვენებელი 0,20-მდე ჩამოდის.

F_c - მზისგან დამცავი მოწყობილობების შემცირების კოეფიციენტი



ცხრილი 12: მზისგან დაცვის შემცირების კოეფიციენტის შედარება DIN-4108-2-ის თანახმად

არსებული მზის ენერგიის მახასიათებლების დადგენა ხდება g_{tot} -ით შემდეგნაირად:

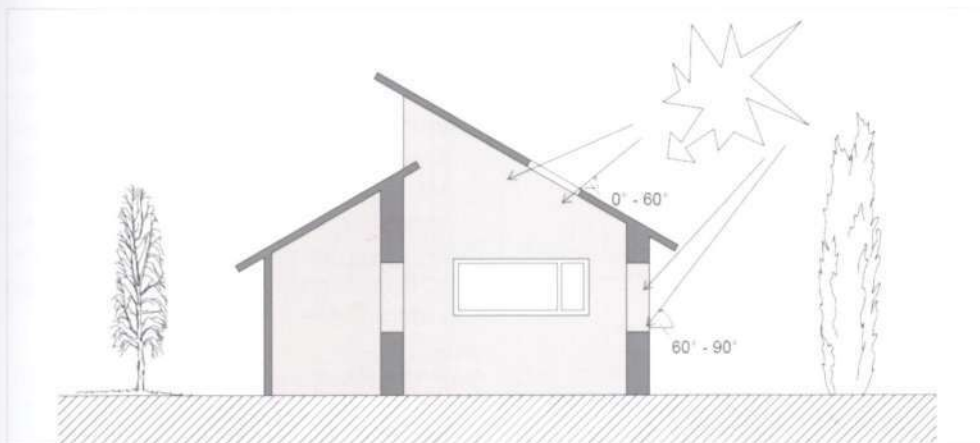
$$g_{tot} = g F_c$$

სადაც:

F_c - მზისგან დამცავი მოწყობილობების შემცირების კოეფიციენტი

g - მზის სხივების მართობულად დაცემისას მინის საერთო ენერგიის გატარების კოეფიციენტი

პრინციპში, მზისგან დამცავი შემინვის გამოყენება უნდა განვიხილოთ ცალკეული შემთხვევების მიხედვით. ვინაიდან მზისგან დამცავები ძლიერ შეფერილებია, გაგრილების ენერგიის ეკონომიის სანაცვლოდ იზრდება ხარჯები სათავსების განათებაზე მთელი წლის განმავლობაში.



ილუსტრაცია 50: სარკმლის სიბრტყეების კლასიფიცირება ჰორიზონტალთან მიმართებაში. (წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ. 168)



ბალანსის შედგენისას ასევე ცალ-ცალკე უნდა იქნას განხილული სახურავისა და ფასადის სარკმელები. სწორედ მანსარდის სარკმელებიდან, მათი დახრის გამო, ხდება გაცილებით ძლიერი დასხივება, ვიდრე გარე კედლებზე მდებარე დაუხრელი სარკმელებიდან.

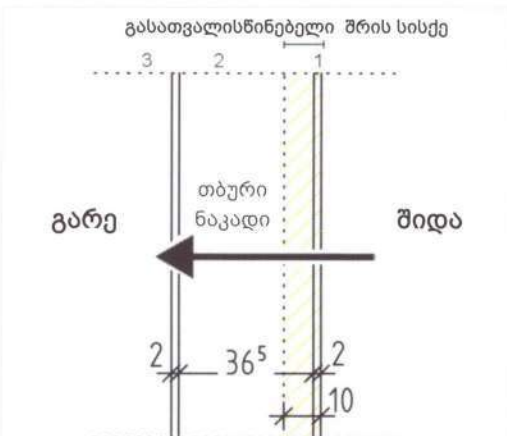
6.8.2. სხვადასხვაგვარი კონსტრუქციების სითბოს აკუმულირების უნარი

ზაფხულის პირობებში სათავსების შესაფასებლად არსებით ფაქტორს წარმოადგენს კედლების, იატაკის, ქერისა და სახურავების კონსტრუქციის ტიპები, ვინაიდან შენობის ყველა შემომზღუდი ნაწილი სითბოს იღებს სათავსში არსებული ჰაერიდან ან მზის პირდაპირი გამოსხივებიდან, რა დროსაც ჯერ ხდება ამ სითბოს აკუმულირება, გარკვეული დროის შემდეგ კი მისი კვლავ გაცემა. ამ პროცესში, თბოგამტარობასა და კუთრი წონასთან ერთად, მნიშვნელოვან პარამეტრებს წარმოადგენენ მასალის თვისებები, სითბოს შელწევის კოეფიციენტი, მასალის სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობა - c და ქმედითი სითბოტევადობა C_{wirk} .

სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობა c არის მასალის თვისება, რომელიც ისევე როგორც λ მასის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი, ანუ სამშენებლო მასალის კუთრი წონისგათვალისწინებით განიხილება. სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობის c კოეფიციენტი აჩვენებს სითბოს ხარჯს Q , რომელიც საჭიროა, რათა სამშენებლო მასალაში ტემპერატურის დონემ მოიმატოს 1 K-ით. აქედან გამომდინარე, დაბალი c სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობის მქონე სამშენებლო მასალებს ტემპერატურის ასაწევად უნდა მიეწოდოს ნაკლები ენერგია. სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობის საფუძველზე ხდება ზაფხულის სითბოდაცვის დასაბუთების დადგენა და სათავსში ამა თუ იმ მასალის ფართობის წილის გათვალისწინებით ქმედითი სითბოტევადობის C_{wirk} გამოთვლა.

კონსტრუქციების სითბოს დაგროვების უნარის შესაფასებლად უნდა განვიხილოთ მხოლოდ მათი ის ფენები, რომლებიც სათავსში არსებულ ჰაერს ესაზღვრებიან. ამასთან კონსტრუქციული ელემენტის ზემოქმედება თავისი მთელი განივკვეთით შეზღუდულია. სითბური ფაზების წანაცვლებისა და დროში დაყოვნების გამო, გათბობა-გაცივების პროცესში ჩართულია მხოლოდ სათავსის ზედა შრეები. ამიტომ აქ მოქმედებს 10 სმ-ის წესი. ქვედა ფენები შეგვიძლია ბალანსის დადგენისას არ გავითვალისწინოთ, ვინაიდან აქ სადღელამისო მონაცვლეობის ზემოქმედება უმნიშვნელოა.

მაგრამ თუ კონსტრუქციის შიდა მხარეს განთავსებულია ისეთი თბოიზოლირებული ელემენტები, როგორიცაა იატაკის უნაკერო მოჭიმვა, ან კედლების შიდა თბოიზოლაცია, სითბოს აკუმულირების უნარი მხოლოდ საიზოლაციო შრემდეა ქმედითი, ვინაიდან იზოლაციის მდებარეობა ამცირებს თბურ ნაკადს სამშენებლო ელემენტში.



ილუსტრაცია 51: მასიური კედლის გასათვალისწინებელი ქმედითი ფენების სისქეების სქემატური გამოსახულება. (წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ. 174)

კონსტრუქციის სახეობები გამარტივებულად იყოფა შემდეგნაირად:

მსუბუქი $C_{wirk}/A_G < 50 \text{ Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$

საშუალო C_{wirk}/A_G 50 $\text{Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ -სა და 130 $\text{Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ -ს შორის

მძიმე $C_{wirk}/A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$

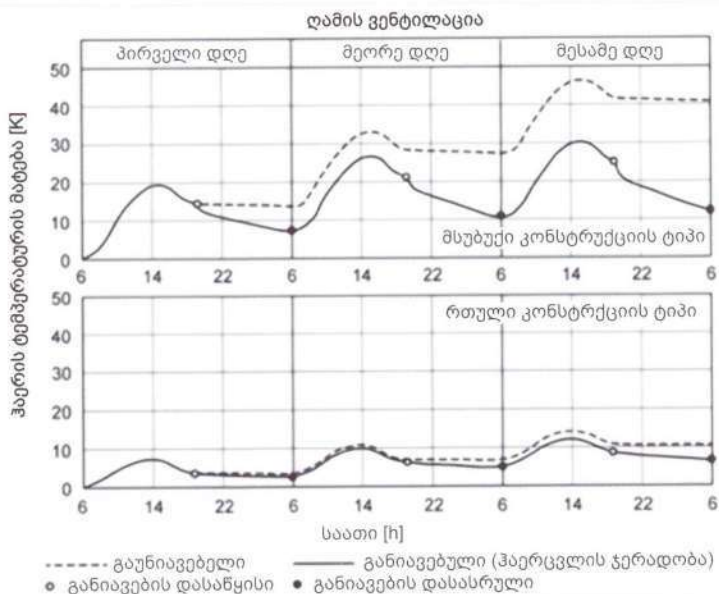
მძიმე კონსტრუქციისათვის დამახასიათებელია, როდესაც ჭერი რკინაბეტონისა და მასიური შიდა და გარე კონსტრუქციულ ელემენტებს გააჩნიათ გასაშუალოებული და ფართობზე დამოკიდებული კუთრი წონა $> 1600 \text{ კგ/მ}^3$.

საშუალო კონსტრუქციის თვისებებს განეკუთვნება რკინაბეტონის ჭერი და მასიური შიდა და გარე ელემენტები, რომლებსაც გააჩნიათ გასაშუალოებული და ფართობზე დამოკიდებული კუთრი წონა $> 600 \text{ კგ/მ}^3$.

ისე როგორც მძიმე, ასევე არც საშუალო ვარიანტებში არ არსებობს შიდა საიზოლაციო შრეები, შეკიდული ან თერმულად გადახურული ჭერი. გამარტივებული შეფასება აგრეთვე გამოიყენება $> 4,50 \text{ მ}$ სიმაღლის მქონე სათავსებს.

მსუბუქი კონსტრუქციის ტიპს განეკუთვნება ყველანაირი კონსტრუქცია, რომელთაც არ გააჩნიათ ზემოაღნიშნული თვისებები. მათ შორისაა თაბაშირ-მუყაოს კედლები და შეკიდული ჭერი. შემსუბუქებული კონსტრუქციისათვის დამახასიათებელია მოპირკეთების უკან შიდა თბოიზოლაციის განთავსება.

კონსტრუქციის სახეობას გავლენა აქვს თბური ენერგიის შთანთქმისა და კვლავ გაცემის უნარზე. მძიმე კონსტრუქცია გაცილებით ნელა რეაგირებს ტემპერატურულ რყევებზე. ამგვარ კონსტრუქციაში დადებით ფაქტორს წარმოადგენს სამშენებლო ელემენტების დიდი მასა, რის გამოც იგი ინერტულად და, ამდენად, გამთანაბრებლად რეაგირებს დღე-ღამურ ტემპერატურულ დინამიკაზე.



ილუსტრაცია 52: მზის დასხივების შედეგად ჰაერის ტემპერატურის მატება მსუბუქი და რთული კონსტრუქციების თანაბარ ოთახებში გაუნიავებულ და გაუნიავებელ მდგომარეობაში. (წყარო: კ. გერტი, სათავსების გათბობა ფანჯრებიდან ინსოლაციის შედეგად)



შენობები, რომლებიც შემსუბუქებული კედლებითა და ქვრითაა აშენებული, გამოირჩევიან სრულიად განსხვავებული ქცევით გათბობისა და გაგრილების პროცესში. დაბალი სითბოს აკუმულირების უნარის მქონე მსუბუქ სამშენებლო მასალებს, როგორიცაა ხე, თაბაშირ-მუყაოს პანელები და შიდა თბოსაიზოლაციო შრეები, უპირატესობა ენიჭება იმ შემთხვევაში, როდესაც სათავსის გამოყენება იშვიათად ხდება. მსგავსი კონსტრუქციები ან სათავსები სწრაფად თბება, რადგან ენერგია არ იხარჯება კონსტრუქციული ელემენტის თავდაპირველ გათბობაზე. თუმცა ზაფხულში და ხანგრძლივი სიცხის პერიოდში ამგვარი კონსტრუქციები იწვევს შიდა ტემპერატურის ზრდას, რის შედეგადაც იზრდება გაგრილების დატვირთვა. ამდენად ხანგრძლივი ზაფხულის შემთხვევაში, მათი სამშენებლო-ფიზიკური ინერტულობიდან გამომდინარე, უპირატესობა გააჩნიათ მძიმე კონსტრუქციებს.

ცივი ზამთრის პირობებში კი პირიქით, უკეთესია შემსუბუქებული კონსტრუქცია, რადგან ასეთი სათავსები უფრო სწრაფად თბება.

6.8.3. თერმოიზოლაცია ზაფხულში - კონსტრუქციული მეთოდები და ლამის ვენტილაცია

ზაფხულის პერიოდში დღე-ღამის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული შენობებისა და სათავსების კონსტრუქციულ გადაწყვეტაზე. სარკმლის ფართობის სათავსის იატაკის ფართობთან თანაფარდობის გარდა მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს კედლების, იატაკისა და ქვრის კონსტრუქციაც, რომელიც გავლენას ახდენს სათავსის კლიმატურ პირობებზე. თუ მზის სხივები ფანჯრიდან ოთახში ხვდება, განათებული კონსტრუქციული ელემენტები თბება პირდაპირი დასხივების შედეგად. ამგვარი გათბობის პროცესში მოკლელტალღოვანი გამოსხივება, რომელსაც ატარებს ფანჯრის მინა, გარდაიქმნება გრძელტალღოვან თბურ გამოსხივებად. გრძელტალღოვან გამოსხივებას თავის მხრივ არ შეუძლია სათავსიდან გამოსვლა, რად-

გან მხოლოდ მოკლელტალღოვან გამოსხივებას შეუძლია სარკმლის მინაში გასვლა. შესაბამისად, გრძელტალღოვანი გამოსხივების წილი რჩება სათავსში და ქმნის ე.წ. სათბურის ეფექტს, რის შედეგადაც მატულობს ტემპერატურის დონე სათავსში. ამ დროს თბება არა მარტო სათავსის ჰაერი, არამედ შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციებიც, რომლებიც ინახავენ სითბოს. მხოლოდ მას შემდეგ, როდესაც ღამის განმავლობაში გარე ტემპერატურა ქვევით იწვეს და აგრილდება, კონსტრუქციის ელემენტები აბრუნებენ სითბოს უკან სათავსის ჰაერში, რომელიც შემდეგ გაიწოვება.



ილუსტრაცია 53: ადამიანს უჭირავს ორმაგი მზისგან დამცავი მინის ფირფიტის ნიმუში. მინის ფირფიტა არ ატარებს ადამიანის გრძელტალღოვან თბურ გამოსხივებას. (ფოტო: თ. დუცია)



ილუსტრაცია 54: სათბურის ეფექტის წარმოქმნა ინფრარითელი სხივების წილით, რომელიც მინას გაივლის და სათავსში მასაზე დაცემის შედეგად გარდაიქმნება გრძელტალღოვან თბურ გამოსხივებად, რომელიც რჩება სათავსში. (წყარო: თ. დუცია, რ. მუხა, ენერგოეფექტური მშენებლობა, გვ.116)

სითბოს შთანთქმის, მისი აკუმულირებისა და კვლავ გამოყოფის დროს ასევე მნიშვნელოვანია სამშენებლო მასალების თბოტექნიკური თვისებები. იგი აღიწერება სითბოს შეღწევის კოეფიციენტით b , რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია მასალის კუთრ α -ზე, სითბოტევადობაზე c და კუთრ სითბოგამტარობაზე λ .

სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობა			
	P_{min} [კვ/მ³]	P_{max} [კვ/მ³]	c [ჯ/(კვ*K)]
	-დან	-მდე	
ბიტუმი (რულონი)	1100	1100	1000
ბეტონი	900	2400	1000
ლინოლეუმი	1200	1200	1500
ფარდაგი	200	200	1300
თაბაშირ-მუყაოს ფილები	700	900	1000
მერქანი	450	700	1600
ფირფიცარი	300	900	1700
OSB-პანელი	650	650	1700
კირქვიშის აგური	900	2200	1000
მერქნის ბოჭკოვანი საიზოლაციო ფილა	40	250	2000
ფოლადი	7800	7800	450
მინერალური ბამბა	10	200	1030
მასიური აგური	1000	2400	1000

ცხრილი 13: შერჩეული სამშენებლო მასალის სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობა c და კუთრი წონა ρ DIN EN ISO 10456:2010-05-ის თანახმად.



მშენებლობის მეთოდებს გავლენა აქვს თბური ენერგიის შთანთქმისა და კვლავ გაცემის უნარზე. მარტივად რომ ვთქვათ, რაც უფრო მძიმეა კონსტრუქცია, მით უფრო შენელებულია რეაქცია მომიჯნავე სათავსის ჰაერში მომხდარ ტემპერატურულ ცვლილებებზე, რაც მასით განპირობებული ინერტულობით არის გამოწვეული. ხანგრძლივი ცხელი ზაფხულის დასაწყისში ის დადებითად აისახება სათავსის შიდა ტემპერატურის დარეგულირებაზე. მაგრამ რამდენიმე ცხელი დღის შემდეგ ხანგრძლივი სითბოს გადაცემა სათავსის ჰაერიდან კონსტრუქციაზე გამოიწვევს სითბოს აკუმულირებას, რომელიც ღამის საათებშიც კი თითქმის აღარ გადადის გარემოში. მიუხედავად ამისა, მძიმე კონსტრუქციებს, როგორცაა მაგალითად გრიუნდერის ეპოქის ძველი სახლები, გააჩნია დადებითი მხარეები. მათში ზაფხულის პირობებში დადებითად აისახება ორი ძირითადი პირობის ურთიერთქმედება: აგურის კონსტრუქციის მაღალი სიმკვრივე და ფანჯრის ფართობის ხელსაყრელი შეფარდება სათავსის ჰაერის მოცულობასთან მიმართებაში, რაც ამცირების ოთახების ძლიერ გადახურებას.

ამის საპირისპიროდ სრულიად განსხვავებულ ხასიათს ამჟღავნებენ ზაფხულობით მსუბუქი კონსტრუქციები, როგორცაა მაგალითად, თაბაშირ-მუყაოს კედლები და ხმის ჩამხშობი თვისებების მქონე შეკიდული ქერი, რომლებიც ნაწილობრივ შეიცავენ თბოსაიზოლაციო მასალას ან თავად არიან დამზადებული თბოსაიზოლაციო მასალისაგან. ამ მასალებისა კონსტრუქციის თავისებურებიდან გამომდინარე, მის მომიჯნავედ მყოფი სათავსის ჰაერიდან სითბო მხოლოდ მცირე ოდენობით ხვდება კონსტრუქციაში. ამდენად, სითბო რჩება სათავსის ჰაერში, რის შედეგადაც ამგვარად მოწყობილი ოთახები გაცილებით სწრაფად თბება. თუმცა ღამის განიავების შედეგად ტემპერატურის დონე ამ ოთახებში ასევე სწრაფად ეცემა. ზაფხულობით მსუბუქი კონსტრუქციის სათავსებში პირობები კრიტიკულია, განსაკუთრებით, თუ ოთახის სარკმელების ფართობის წილი მაღალია. მსგავსი სათავსები, როგორც წესი, საჭიროებენ შენობის გარედან მზისგან დაცვის მოწყობას დაბალი გ საერთო საერთო ენერგიის გატარების კოეფიციენტის მქონე შემინვას და პასიური გაგრილებისა ან განიავების კონცეპტუალურ გეგმას.

სამაგიეროდ მსუბუქი კონსტრუქციების სითბოს აკუმულირების დაბალ უნარს უპირატესობა აქვს ზამთრის პერიოდში. ეს იმ შემთხვევაში, თუ სათავსებს იშვიათად იყენებენ ან თუ გათბობა წყვეტილ რეჟიმში მუშაობს. ასეთ შემთხვევაში ეს ოთახები სწრაფად თბება სასურველ შიდა ტემპერატურის დონემდე, ვინაიდან არ საჭიროებს მძიმე კონსტრუქციის მთელი მასის თავდაპირველ გათბობას.

სითბოს აკუმულირების უნარის შეფასება ხდება ქმედითი სითბოტევადობის C_{wirk} გამოთვლით. ამისათვის უნდა დაზუსტდეს m^2 -ზე გათვლილი ყველა შემომზღუდი კონსტრუქციის მასა. დღე-ღამეში ფაზური წანაცვლებისა და მასის სამშენებლო ფიზიკური ინერტულობის გამო გამოთვლებში უნდა მოხდეს შემომზღუდი კონსტრუქციების მხოლოდ პირველი შიდა 10 სმ-ის ფენის ენერგოშეფასება. ქმედითი სითბოტევადობის C_{wirk} დადგენა ხდება შემდეგი ფორმულის საფუძველზე:

$$C_{\text{wirk}} = \sum c_j \cdot P_j \cdot d_j \cdot A_j$$

j - სამშენებლო ელემენტის შრე

c_j - ერთი ფენის სამშენებლო მასალის სპეციფიკური კუთრი სითბოტევადობა

P_j - განსახილველი შრის სამშენებლო მასალის კუთრი წონა

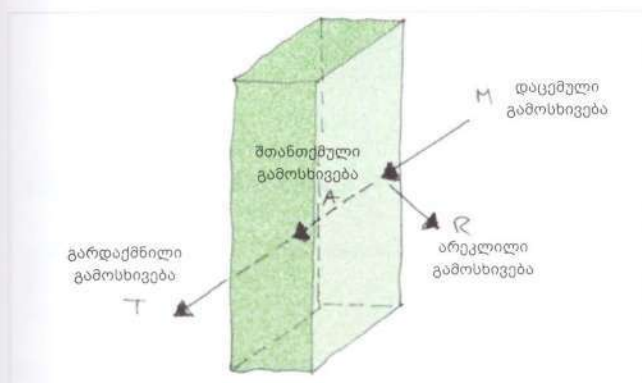
d_j - შრის ქმედითი სისქე

A_j - კონსტრუქციის ელემენტის ქმედითი ფართობი



6.8.4. ფანჯრები და შემინვის საერთო ენერგიის გატარების კოეფიციენტი -g

საზაფხულო სითბოდაცვის მოთხოვნების შესაბამისად, სათავსის შეფასებისას მთავარი კრიტერიუმი არის ფანჯრების ფართობის ზომა სათავსის იატაკის ფართობთან მიმართებაში. საზაფხულო სითბოდაცვის ანალიზის დროს წინა პლანზე დგას გაგრილების დატვირთვის და გაგრილების ხარჯის შემცირება. დიდი ფართობის ფანჯრები გამოთვლილ დასაბუთებებში უმეტესწილად ითხოვს დაბალი g საერთო ენერგიის გატარების კოეფიციენტის მქონე მინებისა და გარეთ მოწყობილი მზის დამცავების გამოყენებას. g კოეფიციენტი მინის მზისგან დამცავი თვისების ხარისხის მახასიათებელია, რომელიც განსაზღვრავს საერთო ენერგოგამტარობას. მზისგან დამცავი მინები გამოირჩევა დაბალი g კოეფიციენტით. ეს პარამეტრი გვაჩვენებს შემინვის საერთო ენერგოგამტარობის ხარისხს. იგი ყოველთვის <1 , ანუ უფრო დაბალია, ვიდრე 100%, ვინაიდან მინის ფირფიტაში გასვლისას მზის გამოსხივება მინის ზურგის მხარეს კლებულობს, ამას იწვევს არეკვლის, შთანთქმისა და ტრანსმისიის კომპლექსური პროცესი.



ილუსტრაცია 55: ფანჯრის მინების გამოსხივებისადმი დამოკიდებულებას განაპირობებს გამოფრქვევა, ტრანსმისია და არეკვლა. (წყარო: თ. დუცია, რ. მუხა, ენერგოეფექტური მშენებლობა, გვ. 115, ნ. ფოაუდის, თ. რიხტერის მიხედვით)

მინის განსხვავებულ თვისებები შემდეგი პარამეტრებით ხასიათდებიან:

- g - საერთო ენერგოგამტარობა
- T_v - გამჭვირვალობა
- P_v - სინათლის არეკვლა
- T_e - ენერგოგადაცემა
- P_e - ენერგიის არეკვლა
- α_e - ენერგიის შთანთქმა
- T_{uv} - UV-ულტრაიისფერი სხივების გამტარობა

მინის შეფასება ხდება სინათლის ტალღების დიაპაზონის მიმართ სხვადასხვა მოთხოვნების თანახმად. მინის T_v გამჭვირვალობის პარამეტრები მოიცავს სინათლის ტალღების დიაპაზონს 380-დან 780-ნანომეტრამდე. ანუ ამ მაჩვენებლით ფასდება სინათლის სპექტრის ის ნაწილი, რომლის მიმართაც ადამიანის თვალი მგძნობიარეა. ამისგან განსხვავებულია ტალღების ის დიაპაზონები, რომლებშიც ხდება ულტრაიისფერი სხივების გამტარობის და საერთო ენერგიის გატარების შეფასება. ულტრაიისფერი სხივების გამტარობის შეფასება ხდება შედარებით მცირე 280 – 380 ნანომეტრის სიგრძის ტალღებს შორის, ანუ სინათლის გამჭვირვალობის შეფასების ქვემოთ მდებარე დიაპაზონში. ხოლო საერთო ენერგიის გამტარობის შეფასება ხდება უფრო ფართო დიაპა-



ზონში, რომელიც მოიცავს სინათლის ტალღებს 780-დან 2500 ნანომეტრამდე. ჩვეულებრივი ორმაგი მინის თბოსაბზორაციო პაკეტს გააჩნია ε (ან ε_n) გამოსხივების კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა შესაძლებელია 0,72-დან 0,65-მდე ფარგლებში იყოს. რაც უფრო დაბალია გამოსხივების კოეფიციენტი მით უფრო მცირეა მინიდან თბოგადაცემა. მზისგან დამცავი შეშინვის დროს გამოსხივების კოეფიციენტი შეიძლება 0,48-დან 0,19-მდე დიაპაზონში მერყეობდეს, რაც დამოკიდებულია მინა-პაკეტის აგებულებასა და გამოყენებული მინის სახეობაზე. მზისგან დამცავი შეშინვის გამოყენებისას, რომელსაც



ძალზე დაბალი საერთო გამოსხივების კოეფიციენტი აქვს, შეიძლება წინააღმდეგობები წარმოიშვას შენობის ექსპლუატაციის დროს, ვინაიდან, გაგრილების დატვირთვის შესამცირებლად ოთახში გამოსხივების შემოშვება იზღუდება, ამან კი შესაძლოა გაზარდოს ხელოვნური გათბობის ხარჯი. ამდენად ერთმანეთთან სრულ წინააღმდეგობაში მოდის ორი ენერგეტიკული მიზანი, რომლებიც დამპროექტებელმა ერთმანეთთან უნდა შეაჯეროს.

ილუსტრაცია 56. დაბალი ენერგოგამტარობის კოეფიციენტის მქონე შეშინვა გამოირჩევა მინის ძლიერი შეფერილობით. (ფოტო: თ. დუცია)

6.9. დღის სინათლის გამოყენება

ბუნებრივი დღის სინათლე დიდ გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე და კომფორტზე. კვლევებმა აჩვენა, რომ დღის სინათლე დადებითად მოქმედებს სისხლის შემადგენლობაზე და ამაღვდნობს თრგუნავს ძილის ჰორმონის, მელატონინის გამოყოფას. სამაგიეროდ აქტიურდებიან „კარგი განწყობის ჰორმონები“, როგორიცაა სერატონინი და ნორადრენალინი. ზამთრის თვეებში შუა და ჩრდილოეთ ევროპის მოსახლეობის დაახლოებით ერთი მეოთხედი განიცდის ზამთრის დეპრესიას სინათლის ნაკლებობის გამო, რაც წარმატებით და მარტივად შეიძლება ბუნებრივი სინათლის მეშვეობით განიკურნოს.

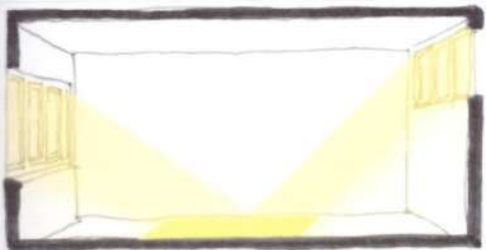
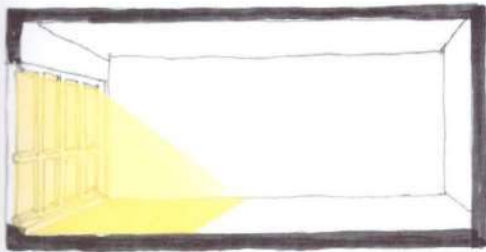
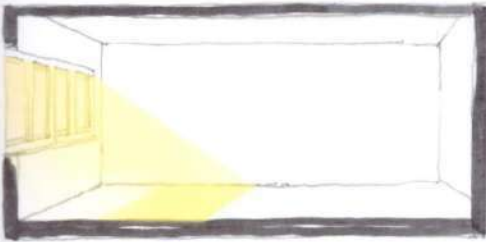
დღის სინათლე ასევე დადებითად მოქმედებს ადამიანზე ავადმყოფობისას და ზოგადად აძლიერებს იმუნურ სისტემას. აგრეთვე პირდაპირი მზის სხივების დაცემისას მატულობს შრომისუნარიანობა და სწავლის უნარი.

პროექტირებისას ყოველივე ამის გათვალისწინება უნდა მოხდეს შესაბამისი მინების შერჩევითა და ფანჯრების სიბრტყეთა განთავსებისა და ზომების კონფიგურაციით. სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნების გარდა მნიშვნელოვანია აგრეთვე ენერგეტიკული მოთხოვნებიც, რომლებიც კომპლექსურად უნდა განვიხილოთ საბაზულო სითბოდაცვასთან მიმართებაში. მზის სინათლის გამოყენებისას გასათვალისწინებელია შემდეგი ფაქტორები:

- ფანჯრების გეორგაფიული ორიენტაცია
- ფანჯრების ზომა
- ფანჯრების სამონტაჟო სიტუაცია



- სათავსის სიღრმე
- შეშენვის ტიპი
- მარგი სიბრტყის სიმაღლე, სადაც უნდა მოხდეს სინათლე



თუმცა შენობაში კომფორტის უზრუნველსაყოფად არა მხოლოდ ეს ფაქტორებია მნიშვნელოვანი. ფანჯრების განთავსებისას მოფიქრებული უნდა იყოს მათი ისეთი განლაგება, რომ მომხმარებელზელი ვიზუალურ ურთიერთობაში იყოს თავის გარემოსთან. მაგ., გაუმჭვირვალე მინის მეშვეობით ზემოდან ჩამოსული სინათლე არ არის ოპტიმალური გადაწყვეტა ადგილსამყოფელის ხარისხის გასაუმჯობესებლად.

მხოლოდ ერთ მხარეს მოწყობილი ფანჯრა სათავსის დიდი სიღრმისას განაპირობებს სინათლის რაოდენობის საგრძნობ სიმცირეს, თუ დაშორება ფანჯარასა და მარგ ფართობს შორის საკმაოდ დიდია.

სასურველია ზემოდან განათების მოწყობა და ფანჯრების განლაგება ოთახის ორივე მხარეს, რათა უზრუნველყოფილ იქნას თანაბარი და ენერგოდამზოგი განათება.

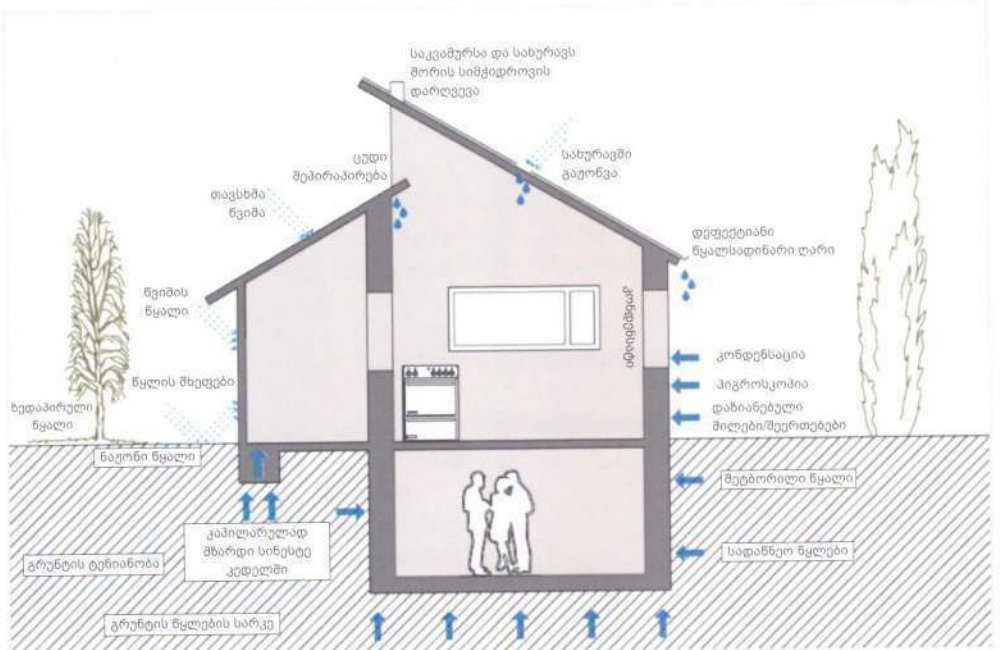
ილუსტრაცია 57: ფანჯრების განლაგების ზეგავლენა ოთახში დღის სინათლით განათებაზე. (წყარო: თ. დუცია)

ოფისში სამუშაო ადგილას უსარგებლოა იატაკის დონიდან ფანჯრების მოწყობა. ვინაიდან სამუშაო ადგილის ეფექტური სიმაღლე მდებარეობს იატაკიდან 80 სმ სიმაღლეზე, სწორედ აქ უნდა ხვდებოდეს ყველაზე მეტი სინათლის რაოდენობა. იატაკის დონიდან მოწყობილი ფანჯრების შემთხვევაში, უსარგებლო სინათლის მოწოდებას ემატება ისიც, რომ ზაფხულში სითბოს მოდინება მატულობს, ხოლო ზამთარში - თბური დანაკარგები. ოთახის მეორე მხარეს დამატებითი მაღლამდებარე ფანჯრები მკვეთრად გაზრდის განათებას სათავსის სიღრმეში.

6.10. ნესტისაგან დაცვის საფუძვლები

მშენებლობის პროექტირების მთავარი ამოცანა ყოველთვის იყო ნაგებობის დაცვა წყლისაგან. შენობებში გაჩენილი ნესტი შეიძლება სხვადასხვა წარმომავლობის იყოს და მისი დაზიანების მთავარ მიზეზს წარმოადგენდეს.





ილუსტრაცია 58. სინესტის შესაძლო ზემოქმედება შენობაზე.

(წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.141)

იმ ნესტის წინააღმდეგ, რომელიც გარედან ახდენს ზემოქმედებას შენობაზე, ნაგებობის დაცვის მიზნით პროექტის კონსტრუქციულ ნაწილში გათვალისწინებულ უნდა იქნას დრენაჟის მოწყობა. მთავარი ფაქტორი მშრალი კონსტრუქციის უზრუნველსაყოფად არის ჰიდროიზოლაციის დაგეგმვა და გათვლა. ეს ეხება, როგორც მიწასთან შეხებულ სექტორს საძირკვლის ფილითა და კედლებით, ასევე სახურავებს, რომლებიც უნდა შესრულდეს ჰიდროიზოლაციის პრინციპების დაცვით. პროექტში დამატებით უნდა შემუშავდეს ნესტისაგან დაცვის ერთიანი კონცეფცია, რომელიც უფრო მეტს მოიცავს, ვიდრე ზემოაღნიშნული ასპექტები. ესენია:

- კონსტრუქციების დაცვა თავსხმა წვიმისაგან
- შენობის ნაწილებზე კონდენსატის წარმოქმნისაგან დაცვა
- კონსტრუქციებში კონდენსატის წარმოქმნისაგან დაცვა
- დიფუზიის გამოთვლა კონდენსატისა და აორთქლების რაოდენობის დასადგენად
- მითითებები კედლებისა და სახურავების ჰერმეტიზაციის თაობაზე
- კონდენსატისაგან დაცვის დასაბუთების თავისუფლების საფუძვლები
- ორთქლის წნევის განაწილების გამოთვლები

კომპლექსური ნესტისაგან დაცვა ქმნის მნიშვნელოვან საფუძველს შენობის ენერგეტიკული და სანიტარულ-ჰიგიენური ხარისხის უზრუნველსაყოფად.

საძირკველიდან წამოსული სინესტისა თუ წვიმის მიერ შენობაზე გარედან განხორციელებული ზემოქმედების გარდა წყალი შეიძლება ექსპლუატაციიდან გამომდინარეც მოხვდეს კონსტრუქციაში. ამ შემთხვევაში ყურადღებას იქცევს ნესტის წარმოქმნის სხვადასხვა წყარო, რომლებიც მომხმარებელზე დამოკიდებული. მომხმარებელზე დამოკიდებული ნესტის წარმოქმნელებია:

- მაცხოვრებლის მიერ ნესტის გამოყოფა, აქტივობის ხარისხიდან გამომდინარე
- რეცხვა და სარეცხის გაშრობა
- მცენარეები საცხოვრებელ ოთახებში
- ბანაობა და შხაპის მიღება
- ხარშვა და ქურჭლის რეცხვა

ჰაერში ტენის შემცველობაზე გავლენას ახდენს მომხმარებლის მიერ შენობის განიავების ღონისძიებები. დრეზდენის (გერმანია) ტექნიკური უნივერსიტეტის 2001 წელს გამოქვეყნებულმა კვლევის ანგარიშმა აჩვენა, რომ მომხმარებლის ქმედებიდან გამომდინარე, მაგ., ოთხსულიან ოჯახში ყოველდღიურად გამოიყოფა დაახლ. 10,4 კგ წყალი. მომხმარებლის შედეგად წარმოშობილი წყლის ეს რაოდენობა დღის განმავლობაში უნდა განიავდეს, რათა ნესტმა საცხოვრებელ ოთახებს ჰიგიენური ან კონსტრუქციული ზიანი არ მიაყენოს.

6.11. კონდენსატი და სამშენებლო მასალები

ვინაიდან, სამშენებლო ფიზიკის თვალსაზრისით, რთულია ერთმანეთისაგან გავმიჯნოთ სითბო და ტენიანობა, განხილვისას ყოველთვის ეს ორივე ასპექტი უნდა იქნას გათვალისწინებული. თუ შეიცვლება ტემპერატურის დონე, ეს ავტომატურად აისახება ჰაერის ფარდობით ტენიანობაზე. სამშენებლო თვალსაზრისით ამ დროს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შენობის შემოზღუდვი კონსტრუქციების ზედაპირების ტემპერატურები, რომლებსაც თავის მხრივ ზეგავლენას ახდენენ შენობის ნაწილის მომიჯნავე ჰაერის შრის ტემპერატურაზე. რაც უფრო დიდია ტემპერატურული სხვაობა თბილ სათავსის ჰაერსა და შენობის ნაწილის ცივ ზედაპირს შორის, მით უფრო დიდია ზედაპირებზე კონდენსატის წარმოქმნის საშიშროება. ეს ფენომენი განსაკუთრებით აშკარა ხდება ზამთარში, როდესაც ის დაობების სახით ვლინდება თბური ხიდების სიახლოვეში ან ცუდად თბოიზოლირებულ შენობის ნაწილებში.

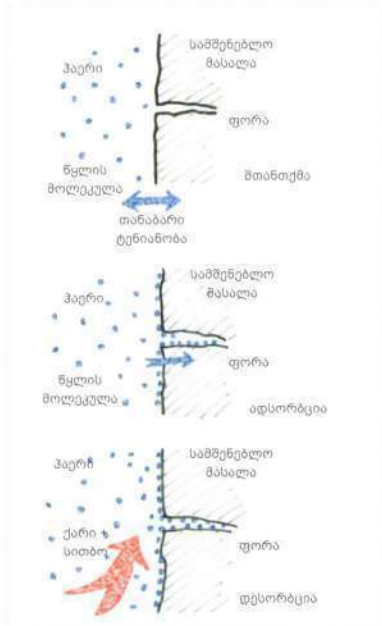
ამგვარი მოვლენებისას მნიშვნელოვანია როგორც ზედაპირის ტემპერატურა, ასევე სამშენებლო მასალის თვისებები. თუ გამოყენებულია მინერალური ანუ ბუნებრივი მასალები, უნდა გათვალისწინებულ იქნას მათი სორბციული თვისებები. ეს თვისება არსებითად განას-

ხვავებს ბათქაშს, ბეტონს, ხესა და აგურის წყობას ისეთი მასალებისაგან, როგორიცაა მინა, მეტალი და პოლიმერები. მინის, მეტალისა და პოლიმერების შემთხვევაში კონდენსატი ილექება ზედაპირზე. მინერალური და ბუნებრივი მასალის შემთხვევაში კი საქმე სხვაგვარადაა. აქ მასალას გააჩნია მუდმივი ტენეტევადობა, ე.წ. წონასწორული ტენიანობა, რომელიც ჰაერის ფარდობით ტენიანობასთან მიმართებაში უნდა განვიხილოთ. ამასთანავე, ამგვარ მასალებში კაპილარული სტრუქტურის მეშვეობით ხდება ნესტის გადასვლა სამშენებლო ელემენტზე. სორბციულ სამშენებლო მასალებში უწყვეტად მიმდინარეობს ადსორბციისა და დესორბციის პროცესი.



ილუსტრაცია 59: ხილული კონდენსატის წარმოქმნა სარკეზე და უხილავი ნესტის განლაგება მობათქაშებულ ზედაპირებზე. (ფოტო: თ. დუცია)





თუ სათავსში ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 60%-ს გადააჭარბებს, სამშენებლო მასალის კაპილარებში ჩნდება სორბციული აფსკი, რის შედეგადაც შენობის ნაწილში წყლის ორთქლის დიფუზიასთან ერთად დამატებითი კაპილარული კონდენსაციის სახით ხდება ნესტის გავრცელება, რომელიც კაპილარების ზომებზეა დამოკიდებული. ამ პროცესის მამოძრავებელი ძალა ჰაერის ფარდობითი ტენიანობაა და არა ორთქლის წნევა. წყლის გადაადგილება ფორებსა და კაპილარებში ხდება თხევადი სახით. თავისუფალი წყალი კაპილარებში ხელს უწყობს ობის სოკოს გაჩენას ზედაპირებზე.

ილუსტრაცია 60: სამშენებლო მასალის აბსორბციის, ადსორბციისა და დესორბციის პროცესების სქემატური გამოსახულება ჰაერის ტენტევადობასთან მიმართებაში. (წყარო: თ. დუცია)

ბგურის ან ქვის კედლების აღმართვისას კაპილარული კონდენსაცია იწყება 25-დან 50%-მდე ჰაერის ფარდობითი ტენიანობისას. ამ ტენიანობას მინერალურ სამშენებლო მასალებში კავშირი არ აქვს კონდენსაციის ტემპერატურასთან კონსტრუქციაში. ეს პარამეტრი აღნიშნავს მხოლოდ მასალის წონასწორულ ტენიანობას, რომელიც აბსორბციით არის განაპირობებული.

ვინაიდან ამ შემთხვევაში ჰაერის ფარდობითი ტენიანობაა განმსაზღვრელი, ზაფხულში მინერალური სამშენებლო მასალა ან ხის მასალა უფრო ტენიანი, ვიდრე ზამთარში. ეს იმიტომ ხდება, რომ მაღალი ტემპერატურის გამო, ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა უფრო მაღალია, ვიდრე ზამთარში.

6.12. კონდენსატის წარმოქმნა სამშენებლო ელემენტზე

სამშენებლო ელემენტის ზედაპირზე წარმოქმნილი კონდენსატის შესათვალისწინებლად მნიშვნელოვანია ზედაპირის ტემპერატურა ან f_{Rsi} სიდიდე, რომლის დადგენაც შესაძლებელია ქვემოთ მოყვანილი გამოთვლებით. გამთბარი შიდა სათავსების სამშენებლო ელემენტების სამშენებლო ფიზიკური ხარისხის შეფასებისას მნიშვნელოვანია სითბოს გატარების წინაღობა R , რომლის მეშვეობითაც ნორმატიულ პირობებში სამშენებლო ელემენტის ზედაპირის მოსალოდნელი ტემპერატურა განისაზღვრება, ანდა გამოითვლება უგანზომილებო კოეფიციენტი f_{Rsi} :

$$f_{Rsi} = \theta_{si} - \theta_e / \theta_i - \theta_e$$

ამასთან გასათვალისწინებელია უცვლელი ზღვრული პირობები:

θ_{si} სამშენებლო ელემენტის შიდა ზედაპირის ტემპერატურა

θ_e -5°C გარე ჰაერის ტემპერატურა

θ_i 20°C სათავსის შიდა ჰაერის ტემპერატურა

შიდა ზედაპირის ტემპერატურის დასადგენად გამთბარ ოთახებში R_{si} -ს სითბოს გატარების წინაღობა $0,25 \text{ მ}^2\text{K/ვტ}$ -ის ტოლად უნდა ვივარაუდოთ. შესანარჩუნებელი ზღვარული სიდიდე შეადგენს $f_{Rsi} \geq 0,7$ ანუ $12,6^\circ\text{C}$ ზედაპირის ტემპერატურას. თუ ამ პარამეტრის მონაცემები აღემატება $0,7$ -ს და ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა არ აღემატება 50% -ს, კონდენსატის გაჩენის საფრთხე არ არსებობს. ამგვარ პირობებში ზედაპირი კონდენსატისგან და შესაბამისად ობის სოკოსგან თავისუფალი რჩება.

სამშენებლო ელემენტის ზედაპირის ტემპერატურა განისაზღვრება ამ გადაკეთებული ფორმულით:

$$\theta_{si} = \theta_i - (\theta_i - \theta_{e}/R_T) \cdot R_{si}$$

გამოთვლის ნიმუში:

თბოიზოლირებული აგურის მონოლითური კედლის კონსტრუქციის ყველა შრისა და სითბოს გადასასვლელი ადგილების მთლიანი სითბოს გატარების წინააღობიდან ყალიბდება ზედაპირის ტემპერატურა:

ფენის სტრუქტურა	ფენის სისქე d [მ]	თბოგამტარობის კოეფიციენტი λ [ვტ/მ.К]	სითბოს გატარების წინააღობა d/λ [მ ² . К/ვტ]
ბათქაში: კირის ბათქაში	0,02	0,700	0,028
სამშენებლო ბლოკი: პორიტი	0,30	0,070	4,285
ბათქაში: კირცემენტი	0,02	1,000	0,020
სითბოს გატარების წინააღობა R			4,333
თბოგადაცემის წინააღობა შიგნით R_{se} [მ ² . К/ვტ]			0,250
თბოგადაცემის წინააღობა გარეთ R_{se} [მ ² . К/ვტ]			0,040
მთლიანი სითბოს გატარების წინააღობა R_T			4,623

ცხრილი 14: თბოგამტარობის მანკვებულები

$$\theta_{si} = 20 - (20 - (-5) / 4,623) \cdot 0,25 = 18,65^\circ\text{C}$$

ამგვარად მიღებულია კედლის კონსტრუქციის დასაბუთება ზედაპირის კრიტიკულ ტემპერატურის მიმართ. კედლის ზედაპირის ტემპერატურა მაღალია შესანარჩუნებელ ზღვრულ სიდიდეზე, რომელიც $12,6^\circ\text{C}$ -ს ტოლია, რაც დამახასიათებელია თანამედროვე და თბოიზოლირებული კედლის კონსტრუქციებისთვის. ასეთ პირობებში კედლებზე კონდენსატის წარმოქმნა მოსალოდნელი არ არის.

6.13. კონდენსატი ფანჯრების კონსტრუქციებზე

ზამთრის განსაკუთრებულ პირობებში ხშირად ჩნდება კონდენსატი ფანჯრის კონსტრუქციებზე. ეს, როგორც წესი, იმის მანკვებელია, რომ მაცხოვრებელი არ უზრუნველყოფს გათბობისა და ვენტილაციის სათანადო რეჟიმს. უუანგავი ფოლადის, ალუმინის ან პლასტმასის ჩარჩოიანი ფანჯრის მინის მომკვლების შემაერთებელი არშია თბოტექნიკუ-



რი თვალსაზრისით სუსტ წერტილს წარმოადგენს მაღალიზოლირებულ მინაპაკეტში „თბილი არშიის“ გამოყენებით შესაძლებელია თბური დანაკარგების შემცირება და იმავედროულად ზედაპირების ტემპერატურის ზრდა. თუ მინაპაკეტის მომვლეს შემაერთებელ არშიაში მინის ფირფიტების ერთმანეთისგან დასაშორებლად ტრადიციული ფოლადის ან ალუმინის შუასადები გამოიყენება, უფრო მოსალოდნელია კონდენსატის წარმოქმნა.



ილუსტრაცია 61: ახალი ფანჯარა „თბილი არშია“ კლასტმასის ფანჯრის წარიმანდში. ამგვარ კონსტრუქციაში ძალზე მცირეა თბური ხიდეების ეფექტი შეპირაპირების ადგილებში. (ფოტო: თ. დუცია)



ილუსტრაცია 62: ფანჯარა კონდენსატით მინის კიდიდან და ალუმინის წარიმანდის მოსაბღვრე არეში. ალუმინის მაღალი გამტარობა იწვევს დაბალ ზედაპირულ ტემპერატურას ნაპირებში. (ფოტო: თ. დუცია)

6.14. კონდენსატით მიყენებული ზიანი

კონდენსატის წარმოქმნას ხშირად იწვევს სამშენებლო ფიზიკური და კონსტრუქციული დეფექტები, რომლებიც თავის მხრივ გამოწვეულია თბური ხიდებით, არასაკმარისი თბოიზოლაციით ან უხარისხოდ შესრულებული და ცუდად გათვლილი ორთქლგაუმტარი იზოლაციით. თუმცა მომხმარებლის ქმედებაც შეიძლება გახდეს კონდენსატის წარმოქმნის მიზეზი: მაგ., არასაკმარისი ვენტილაცია, რის გამოც არ ხდება ნესტის განდევნა ბინიდან, ან გარე კედელთან მჭიდროდ მიდგმული ავეჯი, რომლის უკანაც არ ხდება ჰაერის ცირკულაცია. ასეთ შემთხვევებში კონდენსატის წარმოქმნა თვალსაჩინო მხოლოდ ობის გაჩენის შემდეგ ხდება.





ილუსტრაცია 63: ობის სოკო კარადის უკანა მხარეს, რომელიც ძალიან ახლოს იყო მიდგმული ცივ გარე კედელთან, რომელზეც გაჩნდა კონდენსატი. (ფოტო: თ. დუცია)



ილუსტრაცია 64: ობის სოკო მასიურ და არაიზოლირებულ გარე კედელზე, რაც მაცხოვრებლის არასწორი ჩვევებით, განპირობებული ჰაერის მაღალი ფარდობითი ტენიანობით არის. გამონეკელი (ფოტო: თ. დუცია).

6.15. კონდენსატის წარმოქმნა სამშენებლო ელემენტზე

სამშენებლო ელემენტების შიგნით კონდენსატის გაჩენის დასაბუთება გამოითვლება დადგენილ ზღვრულ პირობებზე დაყრდნობით, რომლებიც გაბატონებულ კლიმატურ პირობებს ითვალისწინებენ.

ამ დასაბუთების თანახმად, შიდა კონდენსატის წარმოქმნა გამორიცხული არაა. აქ მნიშვნელოვანია ის, რომ ზაფხულში აორთქლების პერიოდში შესაძლებელი იყოს ზამთრის პერიოდში მოსული წყლის ამოშრობა. თუმცა ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ წყალმა არ დააზიანოს სამშენებლო მასალები, შენარჩუნდეს მდგრადობა და არ შემცირდეს თბოიზოლაციის ხარისხი.

ეს მოთხოვნა შესრულებულად ჩაითვლება, თუ მოხდება შემდეგი ძირითადი პირობების დაცვა:

- თუ დალექვის პერიოდში (ზამთარი) გაჩნდება კონდენსატი, ის კვლავ უნდა დაბრუნდეს ატმოსფეროში აორთქლების პერიოდში (ზაფხულში).
- სამშენებლო მასალა, რომელიც შეეხება შიდა კონდენსატთან არ უნდა დაზიანდეს (სოკო, კოროზია).
- წარმოქმნილი კონდენსატის მასის ზღვრული სიდიდე სახურავისა და კედლის კონსტრუქციებში უნდა შეადგენდეს მაქსიმუმ $1,0 \text{ კგ/მ}^2$.



კონსტრუქციისა და საიზოლაციო ფენის დასაცავად უნდა მოხდეს ფენების სტრუქტურების შეთანადება. ეს ხდება ე.წ. წყლის ორთქლის დიფუზიის ეკვივალენტური ჰაერის შრის სისქის - S_e კოეფიციენტის - მეშვეობით, რომლის გამოთვლაც სამშენებლო ელემენტის სისქისა წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობის კოეფიციენტზე - μ გამრავლებით მიიღება.

6.16. კონსტრუქციული ხარვეზები და ჰიგიენური რისკები

როგორც წინა თავებში აღვწერეთ, კონსტრუქციული ხარვეზები გაძლიერებულ სითბურ ნაკადებს იწვევს, რაც თავის მხრივ სათავსის შიდა ზედაპირების გაცივებას და შედეგად ობის სოკოს გაჩენას განაპირობებს. უნდა ვაღიაროთ, რომ სოკოს სპორები ჩვენი საცხოვრებელი გარემოს მუდმივ ნაწილს წარმოადგენს და თავად ობისგან თითქოსდა თავისუფალ გარემოშიც კი შესაძლებელია სპეციალური ფილტრებით სოკოს სპორების ჰაერიდან შეწოვა. ეს ჩვეულებრივი ამბავია და ჯანმრთელი ადამიანი ევოლუციის შედეგად იმუნურია ამ სპორების მიმართ.

სათავსში „მავნებელი“ სოკოს სპორების არსებობა ხშირად შეიმჩნევა შმორის სუნით. გარდა ამისა, ზოგიერთი გაურკვეველი და განმეორებადი ავადმყოფობის სინდრომები, როგორიცაა ბრონქიალური ასთმა, ნეიროდერმატიტი, ალერგიული კონიუნქტივიტი ან ალერგიული სურდო, ასევე ობის სოკოს არსებობას მიაწინებს.

ამიტომ დაზიანებული ზედაპირების შეფასების დროს უნდა განვასხვაოთ ობის სოკოს თუ რა სახეობასთან გვაქვს საქმე და რა ზომისაა ობმოდებული ზედაპირი. სანირების სამუშაოების დაგეგმვის დროს აუცილებელია სოკოს გამომწვევი მიზეზების შესწავლა და მათი ანალიზი, რათა აღმოიფხვრას მისი შემდგომში წარმოქმნა.

6.17. ნესტისაგან დაცვა და მასალების თვისებები

კონსტრუქციის თერმული და ნესტისაგან დაცვა, მიუხედავად თავიანთი განსხვავებული მიზნებისა, ქმნიან ერთობლიობას, რამდენადაც მხოლოდ ნესტისგან სრულყოფილად დაცვა უზრუნველყოფს სათანადო თერმულ დაცვას.

6.17.1. წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობის კოეფიციენტი μ

წყლის ორთქლის წინააღობის კოეფიციენტი - μ არის მასალის თვისება და აღნიშნავს წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობას. ეს სიდიდე წარმოადგენს სამშენებლო ელემენტში მასალის წყლის ორთქლის დიფუზიისადმი წინააღობის შეფასების პარამეტრს. წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობის კოეფიციენტი სამშენებლო მასალისათვის - μ მოცემულია როგორც უგანზომილებო კოეფიციენტი ჰაერის თვისებებთან მიმართებაში.

როგორც წესი, საერთაშორისო ნორმების თანახმად, მოცემულია ორი μ -კოეფიციენტი მასალებისათვის. ეს ორივე მაჩვენებელი მიუთითებს სამშენებლო მასალის წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობას ნესტისა და მშრალ მდგომარეობაში. მაღალი μ -კოეფიციენტი აღნიშნავს მშრალ მდგომარეობას და შესაბამისად, ნიშნავს მაღალ წი-



ნაღობას. დაბალი μ -კოეფიციენტი აღნიშნავს ნესტიან მდგომარეობას და ნიშნავს დაბალ წინაღობას.

ნესტისაგან დამცავი ტექნიკური საანგარიშო პარამეტრები	
მასალა	წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობის საორიენტაციო სიდიდე μ
ბათქაში	
კირის ან კირცემენტის ბათქაშის დუღაბი	15/35
ფისით მობათქაშება	15/200
კედლის ქვის წყობა	
გაზბეტონის (ფოროვანი ბეტონი) სამშენებლო ფილა	5/10
კირქვიშის აგური	15/20
კლინკერი (მაღალ ტემპერატურაზე გამომწვარი აგური), მაღალნახვრეტიანი კლინკერი	50/100
საპერმეტიზაცი მასალები	
ბიტუმის ტოლი, თანახმად DIN EN13707	20 000
სინთეტიკური ტოლი DIN16729	50 000/75 000
მერქნის მასალა	
ფირფიცარი 300 კგ/მ ²	50/150
OSB-ფილები	30/50
თბოსაიზოლაციო მასალა	
მინერალური ბამბა	1
გაფუებული ქაფპლასტი (EPS)	60/60
ექსტრუდირებული ქაფპლასტი (XPS)	150/150
ქაფმინა	∞ (ორთქლგაუმტარი)
ბუნებრივი ქვა	
ფიქალი	800/1000
გრანიტი	10000/10000

ცხრილი 15: სამშენებლო მასალებისა და მათი წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობის კოეფიციენტი μ .

კონსტრუქციის დანესტიანების ტექნიკური უსაფრთხოების ანალიზისათვის, ანუ შესაძლო კონდენსატის წარმოქმნის პროგნოზისათვის, მასალის თბოსაიზოლაციო თვისებებთან ერთად მნიშვნელოვანია μ -კოეფიციენტის ცოდნაც.

ისეთ მასალებს, როგორიცაა მაგალითად მინერალური ბამბა, გააჩნიათ დაბალი, 1-ის ტოლი μ -კოეფიციენტი, ამდენად ის ადვილად ითვისებს წყლის ორთქლს, ანუ გააჩნია წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობა, რომელიც მხოლოდ ჰაერისას შეესაბამება. ეს გამომდინარეობს მინერალური ბამბის სტრუქტურიდან, რომელიც არ არის დახურულუჯრედოვანი და რომლის ღრეოების მეტი წილიც ჰაერისაგან შედგება; ანუ მინერალური ბამბა არის დიფუზიის მიმართ აბსოლუტურად ღია მასალა და როგორც წესი, თუ



ის სათავსის შიდა მხრიდანაა დამონტაჟებული, საჭიროებს ორთქლის მიღების შემანელებელი ან ორთქლის შემაკავებელი შრით დაცვას. თუ მინერალურ ბამბას შევადარებთ საიზოლაციო მასალას - ქაფმინას, ვნახავთ, რომ დახურულუჯრედოვანი სტრუქტურის მქონე ქაფმინას გააჩნია უსასრულო μ -კოეფიციენტი. ანუ ქაფმინა არის ორთქლგამტარი თბოსაიზოლაციო მასალა. ეს თვისება შედეგია ქაფმინის დახურულუჯრედოვან სტრუქტურისა, რამდენადაც მინერალური ბამბისაგან განსხვავებით ქაფმინის უჯრედები ერთმანეთთან არ არიან დაკავშირებულნი.

მრავალი სამშენებლო მასალის ნორმებში და პროდუქტის დოკუმენტაციებში მოცემულია ორი μ -კოეფიციენტი. ეს განპირობებულია ტენშთანქმის შესაბამისი უნარით. დაბალი კოეფიციენტი ასახავს ნესტიან მდგომარეობას, რომელიც ამავდროულად წყლის ორთქლის დიფუზიის დაბალ წინააღობაზე მიუთითებს. მშრალი მასალები კი ქმნიან ორთქლის დიფუზიის მაღალ წინააღობას. აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილია, რომ კონსტრუქციის ფენების სტრუქტურა ორთქლის დიფუზიის პროცესების გათვალისწინებით ჩამოყალიბდეს.

6.17.2. S_d - სიდიდე ანუ წყლის ორთქლის დიფუზიის ექვივალენტური ჰაერის ფენის სისქე

სამშენებლო პრაქტიკული მიზნებისათვის კონსტრუქციის შესაფასებლად S_d სიდიდე მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს, რამდენადაც S_d სიდიდე μ -კოეფიციენტს სამშენებლო ელემენტის ფაქტიურ სისქესთან მიმართებაში ახასიათებს. S_d აღნიშნავს წყლის ორთქლის დიფუზიის ექვივალენტური ჰაერის შრის სისქეს და წარმოადგენს სამშენებლო ელემენტის ფენის სისქისა $[m]$ და მასალის თვისების μ ნამრავლს.

$$S_d = m \cdot \mu$$

ეს პარამეტრი გამოხატავს სამშენებლო მასალის წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობას ჰაერთან მიმართებაში. წყლის ორთქლის დიფუზიის სისქის ერთეული არის m . მრავალშრიანი სამშენებლო ელემენტის შემთხვევაში S_d -სიდიდე ცალკეული შრისათვის განისაზღვრება და მოხდება მათი შეჯამება.

კირქვიშის აგურის გარე კედლისა და ტრაპეციისებრი თუნუქის ფილებიანი მზიდი გარსის სახით შესრულებული ბრტყელი სახურავის მაგალითზე S_d სიდიდე შემდეგნაირად დაითვლება:

მაგალითი 1: S_d სიდიდის გამოთვლა კლინკერის ფასადიანი გარედან იზოლირებული კედლისათვის				
სამშენებლო მასალა	ფენის სისქე $[m]$	μ		$S_d[m]$
		მშრალი	ნესტიანი	
თაბაშირის ბათქაში	0,01	8	8	0,08
კირქვიშის აგური	0,175	15	25	2,63
მინერალური ბამბის იზოლაცია	0,14	1	1	0,14
კლინკერის ფასადი	0,014	50	100	1,4
S_d - სიდიდე (ჯამური)				4,25

ცხრილი 16: კლინკერის ფასადიანი, გარედან იზოლირებული კედლის S_d სიდიდის გამოთვლა.

გამოყენებული სამშენებლო მასალები და ფენების სისქეები ადასტურებენ, თუ როგორ შეიძლება S_{α} - სიდიდის ვარირება, ანუ როგორ უნდა მოხდეს მათი შეთანადება. ამის გათვალისწინება განსაკუთრებით სავალდებულოა ხის ბრტყელი სახურავის კონსტრუქციებში. აქ უნდა ჩაშენდეს გასაშრობი რეზერვები, ხოლო აფსკებისა და ტოლების შრეების თანმიმდევრობა ისეთი უნდა იყოს, რომ S_{α} სიდიდე შიგნიდან გარეთ კლებულობდეს.

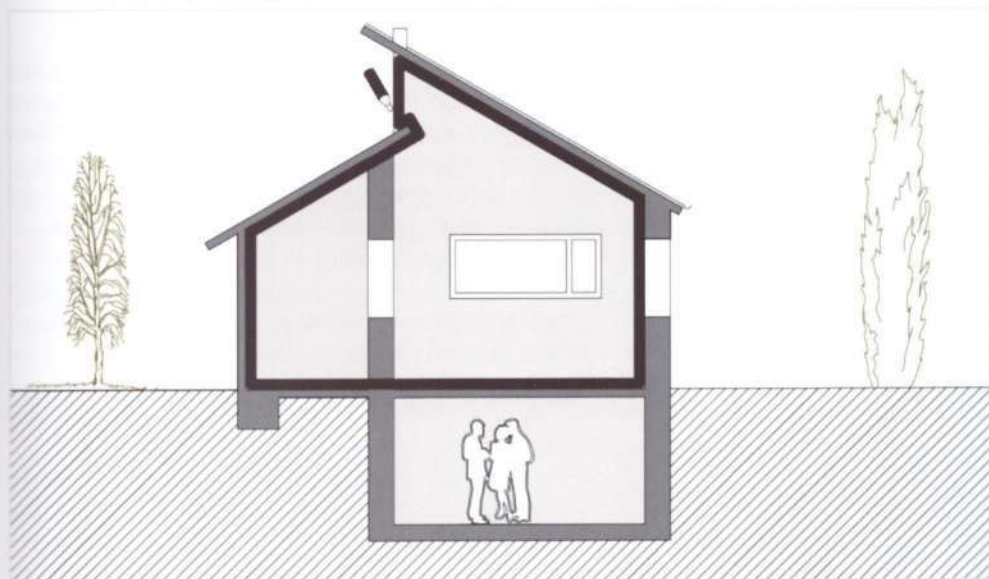
დაპროექტების გამარტივებულ წესად შეიძლება იქცეს ის, რომ მასალათა შრეებში წყლის ორთქლის დიფუზიის სიდიდე უნდა კლებულობდეს შიგნიდან გარეთ, რათა არ დაბრკოლდეს გამოშრობა და სამშენებლო ელემენტში ნესტი არ დაგროვდეს.

6.18. ენერგოდაზოგვა ჰერმეტიკული კონსტრუქციის მეთოდით

ენერგეტიკული მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად და შენობის გარსიდან თბური დანაკარგების შესამცირებლად მხოლოდ სამშენებლო ელემენტის ფენების სტრუქტურის განხილვა არ არის საკმარისი. ენერგოხარისხის ანალიზის დროს არცთუ უმნიშვნელო როლს ასრულებენ სამშენებლო ელემენტების შეერთების ადგილები, ვინაიდან არა-ჰერმეტიკულობის გამო აქ ხშირად გვხვდება კონვექციური თბური დანაკარგები.

შესაბამისად, ჩნდება მოთხოვნები დამპროექტებლებისა და შემსრულებლების მიმართ, რათა გამოირიცხოს გაუონვით გამოწვეული თბური ენერგიის არასასურველი დანაკარგები და შემუშავდეს ჰაერშეუღწევადობის კონცეფცია.

ამიტომაც ჰაერშეუღწევადობის კონცეფციის შედგენისას პროექტირების განსაკუთრებული ყურადღების ცენტრში ექცევიან სხვადასხვა სამშენებლო ელემენტის შეერთებისა და გადასვლის ადგილები.



ილუსტრაცია 65: სქემატური გამოსახულება შიდა ჰაერშეუღწევადი ფენის დასადგენად, გეგმიური გადაკვეთის ნერტილების შესათანადებლად. (წყარო: თ. დუცია, ნ. ბოგუშ, სამშენებლო ფიზიკის საფუძვლები, გვ.82)



იმისათვის, რათა ჰაერშეუღწევადმა შრემ ეფექტურად დაიცვას თბოსაიზოლაციო სიბრტყე, ჰერმეტიკის ფენა ზოგადად უნდა დამონტაჟდეს სათავის შიდა მხრიდან, საიზოლაციო სიბრტყის წინ. სამშენებლო სამუშაოების დაგეგმვის ფარგლებში ერთმანეთთან შეთანადებული უნდა იქნას შეერთების ყველა დეტალი და სამშენებლო მასალები. სამშენებლო ზედამხედველობის პროცესში განსაკუთრებით უნდა გაკონტროლდეს სწორედ ეს პუნქტები. პროექტირების ძირითად მიზანს უნდა წარმოადგენდეს სუსტი წერტილების ანუ რისკების შემცირება. აქედან გამომდინარე, უნდა შემცირდეს შენობის ნაწილში გარედან შესული ელემენტების რიცხვი. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ელექტროსამუშაოების ჩატარება, რამდენადაც გადახურვის არეში ყოველთვის არსებობს კაბელების არხები ან კაბელის ტრასების სამაგრები და განათება.

ელექტრიკოსებმა ჰერმეტიკულად უნდა დაამონტაჟონ ყველა ელექტროხელსაწყო და გამანაწილებელი კოლოფი. ასევე ჰერმეტიკულად უნდა მოხდეს იმ მილების შეერთება, რომლებიც მაგ., გარემდებარე ელემენტების: სატელიტური ანტენის, ასახვევი დარბაზებისა და ჟალუზების დაყენებისას გვხვდება.

სითბოს დანაკარგების შემცირების რეალური მიზნის გარდა, ასევე აუცილებელია სამშენებლო ელემენტების ჰერმეტიკულად შეერთება, რათა თავიდან იქნას აცილებული ტენიანობის შეტანა სამშენებლო კონსტრუქციაში ან თბოსაიზოლაციო შრეში. ის ფაქტი, რომ სამშენებლო ელემენტების ჰერმეტიკულად შეერთება გამორიცხავს თბილი შიდა ჰაერის შემოღინებას, მცირდება სამშენებლო ან საიზოლაციო შრეში კონდენსაციის წარმოქმნის საშიშროებაც. ამგვარად, ჰაერშეუღწევადობის კონცეფციის გათვალისწინებით ხდება იზოლაციისა და შესაბამისად კონსტრუქციის ნესტისაგან დაცვა, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია ჯანსაღი კონსტრუქციისათვის, რადგანაც ნესტის შეღწევამ კონსტრუქციაში შეიძლება გამოიწვიოს მეტალის სამშენებლო მასალების კოროზია ან ხის მასალას გაუჩინოს სოკო.

6.18.1 ჰერმეტიკულობის შრის შემწმნა

შიდა სათავისთვის ჰაერშეუღწევადი ფენა სამშენებლო ელემენტებს შორის გადაბმებით მაგ., საიზოლაციო აფსკის, ნებოფირის ან წინასწარ შეკუმშული შემამჭიდროებელი ლენტის მეშვეობით უნდა მოეწყოს. ყველა გადაბმა სამშენებლო ელემენტებს შორის



დაცაბულობისგან თავისუფლად, ანუ მარყუქების სახით სრულდება, რამაც კონსტრუქციებში შესაძლო ცვლილებების კომპენსირება უნდა მოახდინოს და თავიდან აიცილოს შემამჭიდროებელი აფსკის გახვევა. ამასთან, აფსკების განლაგება უნდა მოხდეს ერთიმეორეზე საკმარისი პირგადადებით, მწარმოებლის ინსტრუქციის თანახმად.

ილუსტრაცია 6.18.1: პერიმეტრზე შემოვლებული ლენტი ჰაერშეუღწევადი ფენის შესაქმნელად აგურის კედელსა და ფანჯრის ჩარჩოს შორის. (ფოტო: თ. დუცია)

6.18.2. ჩვეულებრივი სამშენებლო ელემენტების ჰერმეტიკობა

ჰერმეტიზაციის კონცეფციის შემუშავებისას ჩვეულებრივ ხდება სხვადასხვა მასალე-ბით დამზადებული გადასვლებისა და გადაბმების კვლევა და ერთმანეთთან დაკავში-რება. დასამონტაჟებელ აფსკებს გააჩნიათ მაღალი Sd-კოეფიციენტი და ჰერმეტიკები არიან.

მათი მომიჯნავე სამშენებლო ელემენტებისათვის კი ყოველ კონკრეტულ შემთხვე-ვას უნდა გაუკეთდეს შესაბამისი ანალიზი. ბეტონის კონსტრუქციები, როგორც წესი, ჰერ-მეტულია. აგურის კედლები კი მხოლოდ მობათქაშების შემდეგ ხდება ჰაერშეუღწევადი. სამშენებლო მასალები, როგორცაა თუნუქი, მერქანბურბუშელოვანი ფილა, ბოჭკოვა-ნი ცემენტის ფილა ან თაბაშირობოჭკოვანი ფილა ასევე ითვლება ჰერმეტულად. არაჰერ-მეტულ მასალად ითვლება: მინერალური ბამბის თბოიზოლაცია, ფიბროლითის ფილა, მაგრამ ასევე გოფირებული თუნუქის ფილა, თუ ის შეპირაპირებით დაეწყობა. ამ შემ-თხვევაში გოფირებული თუნუქის ჰერმეტიკობის უზრუნველსაყოფად უნდა მოხდეს მათი შეპირაპირების ადგილების დამატებითი დამუშავება.

6.19. წვიმისაგან და სინესტისაგან დაცვა

ნაგებობის ენერგეტიკული და კონსტრუქციული მოთხოვნების უზრუნველყოფას ემ-სახურება ნესტისაგან ეფექტური დაცვა. კონსტრუქციული ნესტისაგან დაცვა რეგიონე-ბის შესაბამისად შეიძლება ძალზედ განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისგან. ისტორიულ ნა-გებობებზე დაკვირვება გვაჩვენებს, თუ რამდენად განსხვავებულად აშენებდნენ წინა სა-უკუნეებში ადამიანები, რათა მარტივად გამკლავებოდნენ ქარისა და ატმოსფერული ნა-ლექების პრობლემებს.

ნაგებობის ენერგეტიკული და კონსტრუქციული მოთხოვნების უზრუნველყოფის მიზ-ნით შენობის გარე ნაწილები ისე უნდა აიგოს, რომ წყალმა ნაკერებიდან და ბზარები-დან ვერ შეაღწიოს მასში. მასალებიც ისე უნდა შეირჩეს, რომ წყალი ზედაპირებიდან კა-პილარული შეწოვის გზით არ მოხვდეს კონსტრუქციაში. ვინაიდან ასეთ შემთხვევაში კონსტრუქცია დადგება ყინვებით მიყენებული ზიანის რისკის ქვეშ, დაქვეითდება საი-ზოლაციო თვისებები და გაიზრდება თბური დანაკარგები.

ბათქაშის წვიმისაგან დამცავი და წყლის შემწოვი თვისება აღინერება წყლის მიღე-ბის კოეფიციენტი. თუ ბათქაში წყალმდეგია, მისი კოეფიციენტი უნდა შეადგენდეს $\leq 0,2$ კგ/(მ.სთ 0,5)-ს.

თუ ფასადებზე და სახურავებში ფილა-მასალების, მაგ., ფიქლის ან ფასადის ფი-ლების, აგრეთვე კრამიტის, დაგება შიგნიდან ვენტილირებად კონსტრუქციასთან ერთად შიდა წყალსარინი მემბრანების გარეშე ხდება, მაშინ ეს ფილა-მასალები საკმარისი პირ-გადადებით უნდა დაეგოს.

ძლიერი წვიმისაგან დაცვის მოთხოვნების უზრუნველსაყოფად საჭიროა ყველა ნა-კერისა და შენობის ნაწილების შეერთების ადგილების წინასწარი დაგეგმვა. სიბრტყე-ბის ჰერმეტიზაცია უნდა მოხდეს ვერტიკალურ კონსტრუქციებზე უახლესი ტექნიკური მე-თოდების თანახმად, რათა დავიცვათ შენობა დაგუბებული წყლისა და წყლის შხეფები-საგან. შენობის ნაწილების შეერთების ადგილების ძლიერი წვიმისაგან დასაცავად აუცი-ლებელია აგრეთვე მამჭიდროვებელი ლენტები, აფსკები და ნაკერების ჰერმეტიკები.

სახურავის ჰიდროიზოლაციის დაგება უნდა მოხდეს იმ ადგილის მოსალოდნელი ნა-



ლექების რაოდენობის შესაბამისად, სადაც შენდება ნაგებობა. შესარჩევი ჰერმეტიზაციის სისტემის გარდა ასევე საჭიროა განისაზღვროს წყალსარინების რაოდენობა და პარამეტრები.

6.19.1. მოთხოვნები ფასადების მიმართ

წვიმის ზემოქმედებისგან ფასადების დაცვის ხასიათი დამოკიდებულია პირველ რიგში ადგილობრივი ნალექების რაოდენობაზე. ამის გარდა საჭიროა კონსტრუქციის ტიპის გათვალისწინებაც. წვიმისაგან დაცვას გაშლილ ადგილას მდებარე მაღალი ან ცალკეული შენობები უფრო მოითხოვს, ვიდრე ის შენობები, რომლებსაც შედარებით დაცული მდებარეობა აქვთ.

ამასთან, ფასადის ზედა შრე ასრულებს ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან დამცავ ფუნქციას, რომელიც წვიმისაგან დაცვასაც გულისხმობს. პირველი რიგის ამოცანაა კონსტრუქციის მშრალად შენარჩუნება, სტრუქტურული დაზიანების თავიდან აცილება და ნესტით განპირობებული ყინვისაგან დაზიანების გამორიცხვა. სითბური დაცვის ენერგეტიკული მოთხოვნები ასევე გულისხმობს თბოიზოლაციის წყლისაგან დაცვას.

ფასადის არქიტექტურული გადაწყვეტისათვის და მის დასაცავად შეიძლება შეირჩეს სხვადასხვა სისტემა:

- შიგნიდან ვენტილირებადი ფასადები ჰიდროფობული ფილებით (მაგ: ბუნებრივი ქვა / ბოჭკოვანი ცემენტი / HPL (მაღალი წნევის ლამინატი) / აგური / ხე)
- მობათქაშებული ფასადები
- შუშის ფასადები

შიგნიდან ვენტილირებადი ფასადების შემთხვევაში ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ მოხდეს წვიმის წყლის არინება, რათა მან არ შეაღწიოს თბოსაიზოლაციო შრეში. ამიტომ ფასადის ფილის უკან ჰაერის შრე უნდა აღწევდეს 40 მმ-ს. სამშენებლო ფიზიკის თვალსაზრისით, კვალიფიციური შესრულების შემთხვევაში ამგვარი კონსტრუქცია გვთავაზობს საიმედო დაცვას, რამდენადაც ჰაერის შუაშრეში კონვექცია უზრუნველყოფს თბოსაიზოლაციო შრის გაშრობას.

მობათქაშებული ფასადის შემთხვევაში, წინასწარ უნდა იქნას გარკვეული, რამდენად დიდია ადგილობრივი ნალექების რაოდენობა. ვინაიდან ბათქაში, როგორც წესი, მინერალური მასალისგან შედგება, ეს მასალა არის ჰიგროსკოპული და ზედაპირულად (კაპილარულად) აქტიური, რაც იმას ნიშნავს, რომ მოხდება წყლის შთანთქმა და კვლავ გაცემა. ფასადისათვის გამოსაყენებელი ბათქაშის ტიპისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს წყლის შთანთქმის კოეფიციენტი WW. ბათქაშები და ზედაპირის სხვა საფარები, რომელთა წყლის შთანთქმის კოეფიციენტი შეადგენს $WW \leq 0,5$ კგ/მ²·h (0,5) ითვლება წყალგაუმტარად.

დგარ-კოჭების-კონსტრუქციის სახის მინის ფასადები, ან სტრუქტურულ-შემინული-ფასადი, ამ მასალათა თვისებებიდან გამომდინარე არ შთანთქავენ ნესტს. ამგვარ ფასადებში გასათვალისწინებელია, რომ კონსტრუქციაში სავარაუდოდ შეღწეული წყლის არინება მოხდეს წყალსარინი ღიობების მეშვეობით.

ზედაპირების გარდა, ასევე შეპირაპირების ადგილები და ნაკერებიც უნდა იყოს ძლიერი წვიმის მიმართ მედეგი.





ილუსტრაცია 67: ფანჯრის პლასტიკური ჩარჩო ქვედა წყალსარინი ღიობით, წვიმისაგან უკეთესი დაცვისათვის, ფანჯრის რაფა აკეცილი უკანა მხარეს და წინა მხარე 20 მმ-ით გადმოშვერილია მობათქაშებულ ზედაპირზე. (ფოტო: თ. დუცია)

6.19.2. მოთხოვნები გრუნტთან შეხებაში მყოფი შენობის ნაწილების მიმართ

მიწასთან შეხებაში მყოფი კონსტრუქციული ელემენტების ნესტისაგან დაცვა ხორციელდება ნაგებობის ჰერმეტიზაციის მეშვეობით. ეს, როგორც წესი, ხდება გარედან, ჰიდროსაიზოლაციო საფარის დატანით ან ბიტუმის ბაზაზე შეფითხნის მეშვეობით, თუმცა შესაძლებელია წყალგაუმტარი ბეტონის ჩაშენებითაც.

დამატებით შეიძლება აგრეთვე ჰიდროიზოლაციაზე წყლის ზემოქმედების შემცირება დრენაჟის მოწყობის მეშვეობით. დრენაჟისა და შერჩეული შრეების სტრუქტურის დამონტაჟება და პარამეტრების განსაზღვრა ხდება არსებული გეოლოგიური პირობების გათვალისწინებით: ნიადაგის წყლის არინების უნარი აქ ძალზე მნიშვნელოვანია.

დრენაჟის მოწყობასთან ერთად ასევე მნიშვნელოვანია დაგროვებული შემოსული წყლის საკითხის გადაწყვეტაც. იმისათვის, რათა შევამციროთ ადგილობრივი ეკოლოგიური სისტემაზე ზემოქმედება, დრენაჟისა და შემოსული წყალი კანალიზაციის სისტემაში კი არ უნდა ჩავუშვათ, არამედ უნდა დავტოვოთ ჩვენს ნაკვეთზე სარწყავად. ეს შეიძლება უზრუნველვყოთ ჩასაჟონი ქის ან თხრილების მეშვეობით.

ნაგებობასთან მიმართებაში გვხვდება სხვადასხვა ტიპის წყლები, მათ შორისაა:

- გამდინარი ჩაჟონილი წყალი
- შეტბორილი ჩაჟონილი წყალი
- გარე სადანეო წყლები
- ფენათშორისი წყლები

განსაკუთრებით, თუ შიდა სათავსები სრულფასოვანი ექსპლუატაციისთვისაა გათვალისწინებული, აუცილებელია გარედან ჰიდროჰერმეტიზაცია.



აგრეთვე განსაკუთრებულ დაცვას მოითხოვს გადასვლის ადგილი მიწასთან შეხებაში მყოფ პერიმეტრისა და ფასადის თბოიზოლაციებს შორის. თბოიზოლაციო შრეზე დამატებითი ჰიდროჰერმეტიკული შრის დამონტაჟება ალკვეთავს ბათქაშის კაპილარებიდან გამტარობას.

ილუსტრაცია 68: ჰერმეტიზაცია პერიმეტრის თბოიზოლაციაზე და ბათქაშზე, მობათქაშებული ფასადის დასაცავად. (ფოტო: თ. დუცია)



6.19.3. მოთხოვნა სახურავების მიმართ

სახურავებს ერთმანეთისგან ასხვავებენ სახურავის კონსტრუქციის ტიპის მიხედვით, რაც ასევე გავლენას ახდენს დასამონტაჟებელი ჰიდროიზოლაციის სახეობაზე. ძირითადად სახურავებს ყოფენ სამ კატეგორიად:

- თბილი სახურავი
- ცივი სახურავი
- ინვერსიული სახურავი

ცივ სახურავში კრამიტი წარმოადგენს წყლის წარმმართველ ფენას. თუმცა ეს შრე არ არის წყალგაუმტარი და ყოველთვის საჭიროებს თოვლისაგან დამატებით დაცვას. ამისათვის სახურავის კარკასსა და თბოიზოლაციის თავზე გადაჭიმვენ მემბრანას, რომელიც შეღწეულ წყალს მიმართავს ღარისკენ.

თბილი სახურავის კონსტრუქცია კი ტიპურია ბრტყელი გადახურვებისათვის. აქ, მზიდი გარსის თავზე, რომელიც შეიძლება იყოს ბეტონის ან ტრაპეციისებრი თუნუქის ფილის, ხდება ორთქლის შემაკავებლის, თბოიზოლაციის და ჰიდროჰერმეტიზაციის დაფენა. ამ კონსტრუქციაში უნდა მოხდეს ამ აფსკების წყლის ორთქლის დიფუზიის წინააღობის აღმნიშვნელი S_d - სიდიდეების ერთმანეთთან შეთანადება. აქ მნიშვნელოვანია, რომ S_d - სიდიდეები იკლებდნენ შიგნიდან გარეთ, რათა ზაფხულის თვეებში არ შეაფერხდეს გაშრობის პროცესი და სავარაუდოდ გაჩენილმა კონდენსატმა გაშრობა შეძლოს.

ინვერსიული სახურავის კონსტრუქციაში ხდება ჰერმეტიზაციის შრის დაგება საიზოლაციო შრის ქვეშ. აქ იზოლაცია მუდმივად წყალში იმყოფება, რის გამოც ინვერსიულ სახურავებში მხოლოდ XPS-ის წნევაგამძლე იზოლაციები გამოიყენება. ამასთან ერთად საიზოლაციო შრე დაცული უნდა იყოს ქარის შეწოვისა და ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან.

ნებისმიერი სახის სახურავის კონსტრუქციებში დაცული უნდა იყოს მოთხოვნები ვერტიკალურ ან შემაერთებელ სამშენებლო ელემენტებზე ნაკერების და შეპირაპირების შესრულების მიმართ. სახურავის ჰიდროიზოლაცია წყლის წარმმართველი სიბრტყის



თავზე მინიმუმ 15 სმ სიმაღლეზე უნდა გადიოდეს. თუმცა ეს მოთხოვნები შეიძლება დავარდვიოთ იმ შემთხვევაში, თუ შესაბამის რეგიონში მაღალია თოვლისმიერი ან ატმოსფერული ნალექების დატვირთვა. ასეთ შემთხვევაში, შეპირაპირების სიმაღლე უნდა მოიმატოს. შეპირაპირების სიმაღლე ასევე შესაბამისად უნდა იყოს მორგებული ისეთ შემთხვევაზე, როდესაც სახურავის ჰიდროჰერმეტიზაციაზე ისეთი ფენების დატანა ხდება, როგორიცაა მაგ.: ხრეშის საფარი. ასეთ შემთხვევაში, ზედა ნიშნულს წარმოადგენს ხრეშის საფარი, რომელიც წყლის წარმმართველ შრეზე დევს.

ილუსტრაცია 69: სახურავის ჰიდროჰერმეტიზაციის არასაკმარისი შეპირაპირების სიმაღლეზე ხრეშის ფენის თავზე შეიძლება გამოიწვიოს ფარული სტრუქტურული დაზიანება. (ფოტო: თ. დუცია)

6.20. ხანძარსაწინააღმდეგო და თერმოსაიზოლაციო დაცვა

ბოლო წლებში ხანძრის გაჩენის შემთხვევებმა განაპირობა კედლებსა და სახურავებში ფართოდ გამოყენებული საიზოლაციო მასალების მიმართ დამოკიდებულების შეცვლა. თბოსაიზოლაციო და ენერგოდამზოგი თვისებების გარდა, ყურადღების ცენტრში დგას აგრეთვე სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნები. ეს განსაკუთრებით ეხება პოლისტიროლის საიზოლაციო მასალებს.

ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებები		
პრევენციული ხანძარდაცვა	ტექნიკური ხანძარდაცვა	ხანძარსაწინააღმდეგო ზომები
სამშენებლო მასალები	ცეცხლსაქრობები	სიგნალიზაცია (კვამლის დეტექტორი)
სამშენებლო ელემენტები (კედლები/სახურავი და ა.შ.)	კედლის ჰიდრანტები	სამაშველოს გამოძახება
ხანძარშემაკავებელი მონაკვეთები	ხანძრის მაუწყებელი მოწყობილობები	ხანძრის ჩაქრობა (სპრინკლერი)
საევაკუაციო გზები	ხანძრის ავტომატური ჩაქრობის მოწყობილობები (სპრინკლერი)	ხანძრის ჩაქრობა და ევაკუაცია
კვამლისა და ცხელი ჰაერის გამწოვები	განგაშის გეგმები	სახანძრო-სამაშველო სამსახური

ცხრილი 17: სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნების მიმოხილვა

სამშენებლო მასალები, რომლებიც ადვილად აალებადია, არ უნდა იყოს დამონტაჟებული. ამდენად, არსებობს მოთხოვნა მინიმუმი ჩვეულებრივ აალებად სამშენებლო მასალებზე.

სამშენებლო მასალების კლასიფიკაცია ხდება ევროპული სტანდარტების შესაბამისად მათი ცეცხლგამძლეობის კლასების მიხედვით და გააჩნიათ განსხვავებული მიზანმიმართულებები:

- R - სტატიკური ფუნქცია და მზიდუნარიანობა
- I - თბოიზოლაცია ხანძრის შემთხვევაში
- E - ცეცხლისა და გაზების გავრცელების შემაკავებლობა

ეს მოთხოვნები მიბმულია კონსტრუქციის სპეციფიკურ მოთხოვნებთან და დროის მაჩვენებელთან. პოლისტიროლის თბოიზოლაციის გამოყენებისათვის არსებობს რეკომენდაციები შენობათა გარე კედლების თბოსაიზოლაციო სისტემების (WDVS) დამცავი ეფექტის უზრუნველსაყოფად. ამასთანავე, დაგეგმვისა და მოვლისას ყურადღება უნდა მიექცეს სამ არსებით ასპექტს. ესენია:

- თბოიზოლირებული ფასადის გამართულ მდგომარეობაში შენარჩუნება
- მაღალი წვის ენერგიის მქონე საგნების ფასადებზე განთავსების თავიდან აცილება



- გარე კედლების თბოსაიზოლაციო სისტემების (WDVS) არსებულ კედელზე შემდგომი განთავსება

ამ რეკომენდაციების თანახმად გარე კედლების თბოსაიზოლაციო სისტემების (WDVS) მქონე შენობის მფლობელი ვალდებულია რეგულარულად შეაკეთოს და გამართულ მდგომარეობაში შეინარჩუნოს ფასადი. მობათქაშებული ზედაპირის დაზიანების შემთხვევაში, დროულად და კვალიფიციურად უნდა მოხდეს მისი შეკეთება, რათა შენარჩუნებულ იქნას მთლიანი სისტემის დაცვა ხანძრის გამომწვევი მიზეზებისა და ნესტის მიმართ.

ამასთანავე, მაღალი წვის ენერგიის მქონე საგნები სულ ცოტა სამი მეტრის დაშორებით უნდა იყოს განთავსებული თბოიზოლირებული ფასადებისგან. ასეთ საშიშროებად შეიძლება ჩაითვალოს ნაგვის კონტეინერების განლაგების ადგილიც. ეს კონტეინერები შეძლებისდაგვარად უნდა მოთავსდეს დახურულ არანვად შემოღობილ ტერიტორიაზე.

როდესაც შენობა ადამიანებით არის დასახლებული, მაშინ მისი ფასადების ააღებადი თბოიზოლაციით შემდგომი აღჭურვისას საჭიროა დაგეგმვასთან ერთად განხორციელდეს ორგანიზატორული ღონისძიებებიც. ასე მაგ., მშენებლობის ფაზისა და სამშენებლო ობიექტის პირობებიდან გამომდინარე, უნდა ჩატარდეს სახანძრო უსაფრთხოების ღონისძიებები მაცხოვრებლებისა და შენობის დაცვის მიზნით, რაზეც პასუხს აგებს არა მხოლოდ დამკვეთი, არამედ სამუშაოების შემსრულებელი კომპანია და მშენებლობის ხელმძღვანელი.

ფასადების პოლისტიროლის ბაზაზე დამზადებული თბოიზოლაციით დაფარვისას ხანძარდაცვის მიზანს წარმოადგენს ამ თბოიზოლაციის დაწვის თავიდან აცილება. თბოიზოლაციით ფასადის აღჭურვის კონკრეტული შემთხვევის, თბოიზოლაციის სისქის და მისი მიმაგრების მეთოდის მიხედვით, ყალიბდება მოთხოვნები ჰორიზონტალური და ვერტიკალური წვამედები სახანძრო ლარტყების რაოდენობისა და განლაგების მიმართ. აგრეთვე დაცული უნდა იყოს ზღუდარი ფანჯრის თავზე. რისთვისაც EPS-საიზოლაციო შრეში ჩატანებულ უნდა იქნას არანვადი მინერალური ბამბის ელემენტები. სახანძრო ლარტყის სისქე უნდა შეადგენდეს მინიმუმ 200 მმ. ამას გარდა, დამატებით არსებობს მოთხოვნები EPS-თბოსაიზოლაციო მასალის სიმკვრივის, ბათქაშის ფენის გამამაგრებელი ბადის კუთრი წონის, თავად ბათქაშის ფენისა და სამაგრი სისტემების სახეობის მიმართ, რომლებიც უნდა იქნას დაცული. სამუშაოს შესრულების დაგეგმვის დროს, დამპროექტებელმა ობიექტის თავისებურებათა გათვალისწინებით უნდა შეამოწმოს და გაანალიზებლოს აღნიშნული პუნქტების შესრულება.



ილუსტრაცია 70: ფასადი პოლისტიროლის საიზოლაციო პანელებითა და მინერალური ბამბის ჰორიზონტალური სახანძრო ლარტყებით. (ფოტო: თ. დუცია)



6.21. მწვანე სახურავებისა და ფასადების თვისებები

მწვანე სახურავებს და ფასადებს უპირატესობა გააჩნიათ ქალაქის ეკოლოგიის თვალსაზრისით და ამავდროულად წარმოადგენენ კარგ საცხოვრებელ გარემოს ფრინველებისთვის, მწერებისა და პეპლებისთვის. ამასთან ერთად ისინი იკრებს მტვრს და ამგვარად ხელს უწყობს ქალაქის ჰაერის გაწმენდას. თუ მწვანე სახურავის კონსტრუქცია წვიმის წყლის შეკავების საშუალებას იძლევა, მაშინ ის დამატებით სითბოსა და ნესტის მარეგულირებელიცაა. მწვანე კონსტრუქციები ამცირებენ არინების სისტემის მოწყობის აუცილებლობას, რადგანაც მათ წვიმის წყლის შეკავების უნარი გააჩნიათ. თუმცა ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდებისათვის თბოიზოლაციის ენერგეტიკული თვისებების თვალსაზრისით ეს კონსტრუქციები ჯერ სრულად არ არის შესწავლილი. კონსტრუქციის თვითდარდილვის მეშვეობით, მწვანე კონსტრუქციული ელემენტები ხელს უწყობენ აგრეთვე თერმული რყევებისა და ზედაპირული დაჭიმულობის შემცირებას.

თუ სახურავის სიბრტყის გასამწვანებლად ვიყენებთ მცენარეებს, მაშინ გამწვანების ტიპი უნდა მოვარგოთ შენობის მდებარეობასა და მის ორიენტაციას. გამწვანებული სახურავი იცავს მწვანე საფარის ქვეშ არსებულ ჰიდროიზოლაციის შრეს ულტრაიისფერი გამოსხივებისა და სითბური ძაბვებისაგან, რომლებიც წარმოიქმნება დღის განმავლობაში ტემპერატურის ცვალებადობითა და მზის პირდაპირი გამოსხივებით.



ილუსტრაცია 71: ლიბანში Hills Visitor Center-ის გამწვანებული სახურავი. (წყარო: iStock)

ავსტრიის შენობების გამწვანების ასოციაციის კვლევებმა აჩვენა, რომ როგორც კედლის, ასევე გრუნტის გამწვანების სისტემების შემთხვევაში, გამწვანებული შენობის ნაწილები ხელს უწყობს ტემპერატურული სხვაობის გაუმჯობესებას 3 კელვინით ($-27^{\circ}.15^{\circ}\text{C}$) ზამთრის პირობებში. თუმცა კონსტრუქციის თბოიზოლაციის უნარი აშკარად დამოკიდებულია მისი წყლით გაჟღენთის ხარისხზე, რამდენადაც წყალი ფუძეშრის ფორებსა და ღრუებში ზრდის კონსტრუქციის სითბოგამტარობის კოეფიციენტს. ნიკოლ პფოზერის³ კვლევებმა ექსპერიმენტით დაამტკიცა, რომ ექსტენსიურად გამწვანებული სახურავის 10 სმ სისქის ფუძეშრე აუმჯობესებს თბოგადაცემის წინააღობას 0,14-დან 0,40 ვტ/მ²K-მდე. ვენის აგროკულტურის უნივერსიტეტის საინჟინრო ბიოლოგიისა და ლანდშაფტის დიზაინის ინსტიტუტის შემდგომმა კვლევებმა დაადასტურა არა მარტო შემცი-

3 - ნ. პფოზერი, და სხვ., შენობის გამწვანების ენერგია - მოკლე ანგარიში, დარმშტატის ტექნიკური უნივერსიტეტი 2013.



რებული სითბოს გადინება მწვანე სახურავებიდან, არამედ არგენა მწვანე ფასადების დადებითი ეფექტიც ადგილობრივი ჰაერის ტენიანობაზე. ამას იწვევს აორთქლების პროცესი, რომელიც ხელს უწყობს ზაფხულში გაგრილებას, რის შედეგადაც ეცემა გარემო ტემპერატურა და უმჯობესდება ქუჩაში გამგლეულთა კეთილდღეობა.

მწვანე სახურავების დადებითი ასპექტების მიმოხილვა:

- დამატებითი თავისუფალი სივრცის გამოყენება საცხოვრებელი ან სამუშაო ტერიტორიის უშუალო სიახლოვეს
- მიკროკლიმატის გაუმჯობესება
- სახურავის გამწვანების შრის დადებითი თბოსაიზოლაციო ეფექტი
- წყლის შეკავების უნარი (მწვანე სახურავების მეშვეობით ხდება წლიური ნალექის 50%-ის აორთქლება, წყლის არინების სისტემების აუცილებლობის შემცირება და გამწმენდი ნაგებობების გამოთავისუფლება)
- ხმაურის იზოლაციის გაუმჯობესება, რხევების მიმართ მთლიანი ფართობის მომატებული ინერციულობა და მცენარეული საფარის მიერ კარგი ბგერათშთანთქმა
- გამოსხივებული სითბოსაგან დაცვა
- გადახურებისაგან დაცვა
- სახურავის კონსტრუქციის მექანიკური და ფიზიკური დატვირთვის შეზღუდვა
- სახურავის ზედაპირის დაცვა ულტრაიისფერი გამოსხივებისა და სეტყვისაგან



ილუსტრაცია 72: პარიზში, Musee du Quai Branly-ის მწვანე ფასადის ფრაგმენტი, არქიტექტორი ჟან ნუველი, ლანდშაფტის დიზაინერი პატრიკ ბლანკი (ფოტო: თ. დუცია)



ილუსტრაცია 73: საცურო აუზი ნაწილობრივ გამწვანებული, ტრაპეციისებრი თუნუქის ფილების ფასადით, ჰამბურგი ვილჰელმსბურგი. (ფოტო: თ. დუცია)

უნდა აღინიშნოს, რომ უკვე არსებობს ისეთი ტექნიკური საშუალებები, რომლებიც ფასადზე ვერტიკალური ბალების მოწყობის საშუალებას იძლევა. ფრანგი ლანდშაფტის არქიტექტორი პატრიკ ბლანკი აწყობს ამგვარ ფასადებს შიდა საქალაქო განაშენიანებაში, როგორცაა მაგ.: Musee du Quai Branly პარიზში. ასეთი ტიპის ფასადები თავიანთი კონსტრუქციული აგებულების მეშვეობით აუმჯობესებენ ქალაქის კლიმატს. როგორც ზე-



მოთ აღვნიშნეთ, ფასადის კონსტრუქცია იწოვს წვიმის წყალს, ახდენს მის შუალედურ დაგროვებას და გარკვეული დროის შემდეგ, აორთქლების გზით, აბრუნებს ატმოსფეროში. ამგვარ ფასადებს დამატებითი სარწყავი სისტემა ესაჭიროება, ამის გამო მცენარეებს ყოველდღიურად მიეწოდება წყალი ფასადის სისტემაში, რის შედეგადაც ადიაბატური აორთქლებითი გაგრილების გამო მომიჯნავე არეები თანმიმდევრულად გრილდება. ჭფოზერის თანახმად, ამგვარ გამწვანებულ ფართებს გააჩნიათ დაბალანსების მაღალი პოტენციალი ქალაქის ცენტრში ე.წ. „გაგარვარებული კუნძულის“ ეფექტის შესამცირებლად.

მწვანე ფასადის მზიდი კონსტრუქცია, ნაგებობის მზიდი გარეკედლის წინ მისგან დამოუკიდებლად დგას. მწვანე ფასადის მზიდი კონსტრუქციიდან რომ არ მოხდეს ნაგებობის გარე კედელში ფესვების გადგმა და მისი დანგრევა, აუცილებელია დამატებითი კონსტრუქციული ღონისძიებების გატარება. ამიტომ, მწვანე ფასადის კონსტრუქცია შედგება ალუმინის პროფილის მზიდი კარკასისაგან. ამ მზიდ კარკასსა და გარე კედელს შორის არის ჰაერის შუაშრე, თავად ნაგებობის მზიდ კარკასზე დამონტაჟებულია მზის პანელების PVC-ფილები და თექის ქსოვილის ფენა. მწვანე ფასადი უზრუნველყოფს დამატებით ბგერათშთანთქმის ეფექტს, რომელიც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ცხოვრების კომფორტის პირობებს შუა ქალაქის ტერიტორიაზე.

მწვანე ფასადის უპირატესობის მიმოხილვა:

- თბოიზოლაცია ჰაერის ბალიშის მეშვეობით, ფოთლების საფარსა და კედელს შორის
- ქარისაგან დაცვა კონვექციის მეშვეობით და ნაკლები სითბური დანაკარგები, რადგან ქარი არ ხვდება პირდაპირ კედელს
- ხმის იზოლაცია
- გაგრილება
- ჰაერის გაწმენდა

ყველა ამ თვისების ოპტიმალურად გამოსაყენებლად, სასურველია სამხრეთის ფასადზე განთავსდეს ფოთოლმცვენი მცენარეები, ხოლო ფასადებზე ყველა დანარჩენ მხარეს - მარადმწვანე მცენარეები.



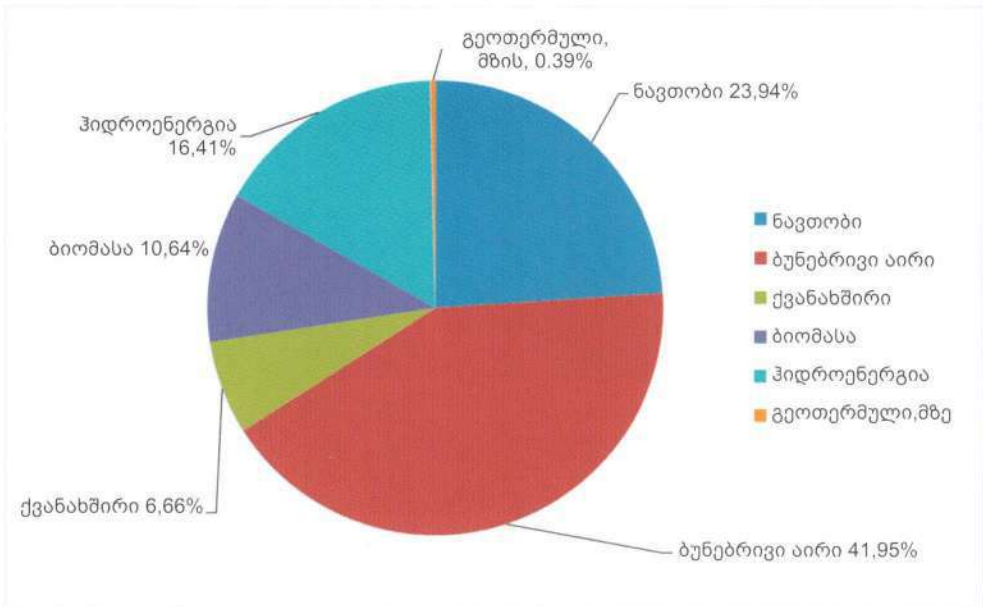
7 ტექნიკური მოწყობილობა

7.1. საქართველოს ენერგომატარებლები და ენერგორესურსები

7.1.1. ენერგომატარებლების კლასიფიკაცია

საქართველოში არსებული ენერგომატარებლები შემდეგნაირად ნაწილდება: 41,95% ბუნებრივი აირი, ნავთობი 23,94%, განახლებადი ენერგიის წყაროები კი სულ, ჯამურად, 27,44% წარმოადგენს. მასში შედის: ჰიდროენერგორესურსები 16,41%, ბიომასა 10,64% და განახლებადი ენერგიის წყაროები (მზე, ქარი) 0,39%, ქვანახშირს ყველაზე დაბალი წილი აქვს და შეადგენს 6,66%-ს.

მსოფლიო ტენდენციას, გაზარდონ განახლებადი ენერგიით გამომუშავებული ენერგიის წილი ქვეყნების მთლიანი ელექტროენერგიის გამომუშავებაში. საქართველოში 2017 წელს ძალაში შევიდა რეგულაცია, რომლის თანახმადაც გამართივდა მიკროსიმძლავრის ელექტროსადგურების მფლობელთათვის ქსელზე მიერთების პროცედურა. საქართველოს მოსახლეობას აქვს შესაძლებლობა „ნეტო აღრიცხვის“ ძირითად პრინციპით დაამონტაჟოს განახლებად ენერგიებზე მომუშავე მიკროსიმძლავრის ელექტროსადგური და გამოიმუშაოს ელექტროენერგია საკუთარი მოხმარებისათვის, ხოლო ჭარბად გამომუშავების შემთხვევაში, ელექტროენერგია მიაწოდოს ელექტროენერგიის გამანაწილებელ ქსელს, რომლის დადგმული სიმძლავრე არ უნდა აღემატებოდეს 100 კილოვატს.



ილუსტრაცია 74: საქართველოს ენერგომატარებლების კლასიფიკაცია %-ში

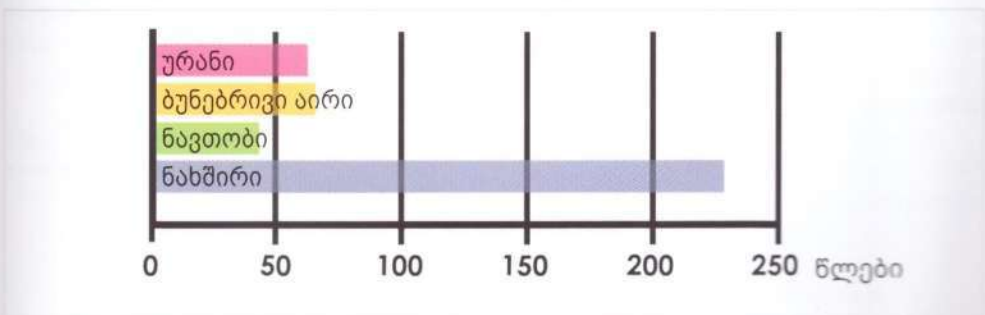
ენერგომატარებელი	პროცენ- ტი	რაოდენ- ობა	ერთეუ- ლი	ეკვივალენტის ტიპი
ნავთობი	23,94%	1.046.000	ტონა	ნავთობის ეკვივალენტი
ბუნებრივი აირი	41,95%	1.833.000	ტონა	ნავთობის ეკვივალენტი
ქვანახშირი	6,66%	291.000	ტონა	ნავთობის ეკვივალენტი
ბიომასა	10,64%	465.000	ტონა	ნავთობის ეკვივალენტი
ჰიდროენერგია	16,41%	717.000	ტონა	ნავთობის ეკვივალენტი
გეოთერმული, მზის	0,39%	17.000	ტონა	ნავთობის ეკვივალენტი
მთლიანი ენერგომომხმარება	100,00%	4.369.000	ტონა	ნავთობის ეკვივალენტი

ცხრილი 18: საქართველოს ენერგომატარებლები მოცემული ტონებში ნავთობის ეკვივალენტი 2014. (წყარო: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=GEORGIA&product=balances&year=2014>)

არაგანახლებად ენერგომატარებლებს მიეკუთვნებიან: ქვანახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი აირი, საწვავი ფიქალი, სათბობი ტორფი და ბირთვული საწვავი, ურანი და თორიუმი. განახლებადი ენერგომატარებლებია: მზე, ქარი, ჰიდროენერგია, ბიომასა, ცხელი თერმული წყლები და ა.შ. ამოწურვადი ენერგორესურსების უპირატესობას მათი მაღალი ენერგეტიკული პოტენციალი, ენერგოსიმკვრივე და მოქნილი გამოყენებადობა წარმოადგენს. წიაღისეული ენერგომატარებლების უდიდეს წილს შეადგენს ქვანახშირი. ნავთობის რესურსი მთელ მსოფლიოში ქვანახშირის რესურსზე დაახლ. 5-6-ჯერ ნაკლებია.

ამოწურვადი ენერგომატარებლების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს წვის შედეგად გამოყოფილი ემისიები, რაც ზიანს აყენებს გარემოს და კლიმატს. ჩინეთში ნახშირზე მომუშავე ელექტროსადგურები ისეთი რაოდენობით აფრქვევენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომ ელექტროსადგურის ტერიტორიაზე რესპირატორული აირწინალების ტარებაა სავალდებულო.

ბუნებრივი აირისა და ნავთობის გამოყენება ზრდის დამოკიდებულებას მომწოდებელ ქვეყანაზე ენერგოხარჯების და სამომავლოდ ენერგიის მიწოდების თვალსაზრისით.



ილუსტრაცია 75: ამოწურვადი ენერგომატარებლების მოხმარების დარჩენილი დრო (გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი)



7.1.2. პირველადი ენერგიის ფაქტორები f_P

ენერგომატარებლები გერმანიის მაგალითზე	Q_E საბოლოო ენერგია kWh-ში	f_P ფაქტორები გერმანიის- სათვის, EnEV-2016	Q_P პირველადი ენერგიის მოხმარება kWh-ში
ჰიდროენერგია	1,00	0,00	0,00
ახალი განახლებადი ენერგია	1,00	0,00	0,00
ცენტრალური თბომომარაგება, განახლებადი	1,00	0,00	0,00
მზის ენერგია	1,00	0,00	0,00
თბოელექტროსადგური, განახლებადი	1,00	0,10	0,10
ბიომასა	1,00	0,20	0,20
ცენტრალური თბომომარაგება, წიაღისეული	1,00	0,70	0,70
ნავთობი	1,00	1,10	1,10
ბუნებრივი აირი	1,00	1,10	1,10
ნახშირი	1,00	1,10	1,10
ელექტროენერგია	1,00	1,80	1,80

ცხრილი 19: პირველადი ენერგიის ფაქტორები⁴, პირველადი მოხმარება.

საბოლოო ენერგია Q_E

საბოლოო ენერგია არის ენერგია, რომელიც სახლში გაზის მრიცხველიდან მიეწოდება, ან თხევადი სათბობი საწვავი, რომელიც შემავსებელი მილიდან ისხმება ავზში და გარდაიქმნება გასათბობ სითბოდ. ასევე ელექტროენერგია, რომელიც დენის მრიცხველით მიეწოდება, რათა გამოყენებულ იქნას ელექტროდანადგარების ექსპლუატაციისათვის; ან ავტონომიური და თბური ცენტრალური ენერგია, რომელიც ცენტრალური გათბობის ქვების მეშვეობით სახლში უზრუნველყოფს თერმულ ენერგიას. ეს ენერგიის ფორმები მიიღება გამოსაყენებელი ენერგიიდან, რომელსაც უშუალო სარგებელი - როგორცაა გათბობა, ცხელი წყალი და ა.შ. - მოაქვს მაცხოვრებლისათვის,

პირველადი ენერგიის ფაქტორი f_P

პირველადი ენერგიის ფაქტორი ასახავს ყველა იმ დამატებით ხარჯს, რომელიც წინ უსწრებს ენერგომომხმარებას. ასეთია: ენერგიის წყაროს აღმოჩენა, ენერგიის მოპოვება, გაწმენდა, გაშრობა, ტრანსპორტირება, დასაწყობება, განაწილება და მომხმარებლისთვის მიწოდება. ეს წინმსწრები ენერგოხარჯები შეჯამებულია f_P -თი. რაც უფრო მაღალია პირველადი ენერგიის ფაქტორი, მით უფრო მაღალია პირველადი ენერგიის ხარჯი.

პირველადი ენერგია Q_P

პირველადი ენერგია მოიცავს ყველა იმ წინმსწრებ ენერგოხარჯს, რომელიც საჭიროა იმისათვის, რომ მომხმარებელს მიეწოდოს საბოლოო Q_E ენერგია. ამ დამატებითი ენერგოხარჯების ოდენობას განსაზღვრავს f_P -ფაქტორი.

$$Q_E \times f_P = Q_P$$

4 - სამწუხაროდ, მონაცემები საქართველოს პირველადი ენერგიის ფაქტორების შესახებ არ არის ხელმისაწვდომი. ამ ცნების წარმოსაჩენად გამოვიყენეთ გერმანიის პირველადი ენერგიის ფაქტორები, EnEV 2016.



საბოლოო ენერგიისა Q_E და η -ფაქტორის ნამრავლი შეესაბამება პირველად ენერგიის Q_P . მაგ., იმისათვის, რომ მომხმარებელს მიეწოდოს 1,00 kWh საბოლოო ენერგია ბუნებრივი აირის ფორმით, დამატებით უნდა დაიხარჯოს 0,10 kWh ენერგიის წყაროს აღმოსაჩენად და მოსაპოვებლად, გასაწმენდად, გასაშრობად, ტრანსპორტირებაზე, დასაწყობებაზე, განაწილებაზე და კლიენტისთვის მიწოდებაზე.

პირველადი ენერგომომხმარება Q_P წარმოადგენს შეფასების პარამეტრს ყველა საცხოვრებელი და არასაცხოვრებელი შენობისათვის გერმანიაში და ენერგოპასპორტში ერთეულით - kWh(m²·a) არის მოცემული.

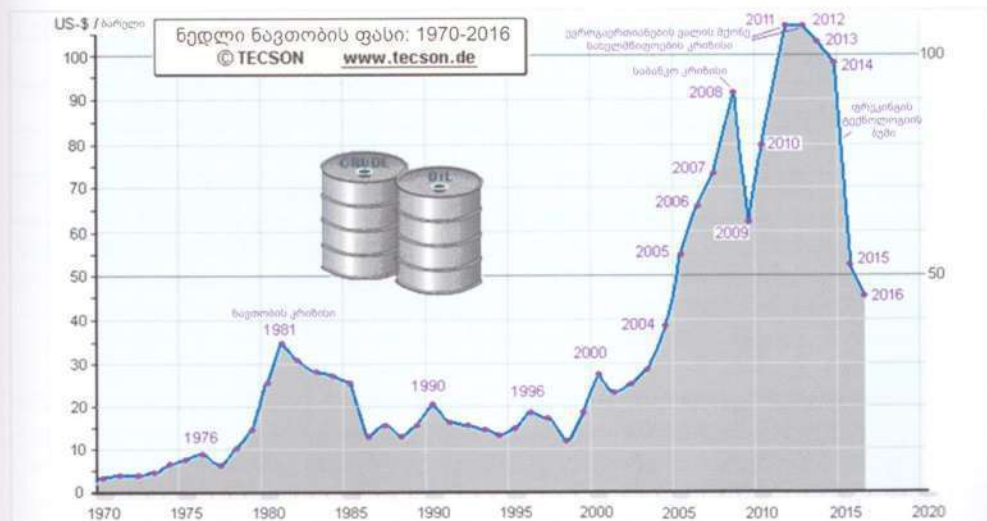
7.1.3. ამონერვადი ენერგომატარებლები

ნავთობი

ენერგომატარებელი ნავთობი ფართოდაა გავრცელებული სატრანსპორტო სფეროში, გამოიყენება ელექტროსადგურებში, სადაც გარდაიქმნება ელექტროენერგიად და სითბოს გამოსამუშავებლად შენობებში. მსოფლიოში ყველაზე დიდი მოთხოვნა სწორედ ამ ენერგომატარებელზეა. სავარაუდოდ, კიდევ დაახლ. 40-50 წლის სამყოფი ნავთობის რეზერვებია დარჩენილი.

თუმცა დედამიწაზე არსებობს აგრეთვე არატრადიციული ენერგომატარებლების მარაგი, რომელთა მოპოვებაც, იმისათვის, რომ მათგან აწარმოონ ნავთობპროდუქტები, დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. არატრადიციულ ენერგომატარებლებს შორისაა ნავთობის ქვიშა და საწვავი ფიქალი, რომლებიც დიდი ოდენობით არის კანადაში. მოპოვება რენტაბელურია იმ შემთხვევაში, თუ ნავთობის ფასი იქნება დაახლ. 80 აშშ დოლარი ბარელზე. ამ არატრადიციული ნავთობის მარაგის გამოყენებით ვარაუდობენ ნავთობის მოხმარების გახანგრძლივებას კიდევ 15 წლით.

აგრეთვე შესაძლებელია მინერალური საწვავის ქვანახშირიდან მოპოვება ფიშერ-ტროფშის მეთოდით, რაც მხოლოდ იმ შემთხვევაში იქნება რენტაბელური, თუ ნავთობის ფასი აიწევს დაახლ. 150 აშშ დოლარამდე ბარელზე.



ილუსტრაცია 76: ნედლი ნავთობის ფასების განვითარება. (წყარო: <http://www.tecson.de/historische-oelpreise.html>; 01.2017-ის მდგომარეობით)



2017 წლის იანვარში ნედლი ნავთობის ფასი იყო 55 აშშ დოლარი ბარელზე. სავარაუდოდ, მოსალოდნელია ნავთობზე ფასების მკვეთრად ზრდა, ვინაიდან ეს ენერგომატარებელი ამოწურვადია, ახალი ნავთობსაბადოების აღმოჩენა კი ყოველთვის დიდ კაპიტალურ დაბანდებებთან არის დაკავშირებული.

ბუნებრივი აირი

ბუნებრივი აირი ნავთობთან შედარებით უფრო ეკოლოგიურად სუფთა ენერგომატარებელია, ვინაიდან მისი წვის შედეგად გაცილებით ნაკლები CO₂ გამოიფრქვევა. სანვავ აირში წყლის შემცველობის მაღალი წილის გამო, ამ ენერგომატარებლის წვის სითბოს ეფექტი უფრო ძლიერია, ვიდრე მანუთისა. ბუნებრივი აირის მარაგი სავარაუდოდ, კიდევ დაახლ. 50-80 წელს გვეყოფა. ბუნებრივი აირის ყველაზე დიდი საბადოები არის რუსეთსა და ირანში.

7.1.4. პოტენციური განახლებადი ენერგიები საქართველოში

ჰიდროენერგია

ჰიდროენერგია არის სუფთა და განახლებადი ენერგიის ფორმა. 2013 წელს საქართველოში წარმოებული 10 059 მლნ. კვ.სთ ელექტროენერგიიდან, დაახლ. 8271 მლნ. კვ.სთ. წარმოებულ იქნა ჰიდროელექტროსადგურებში, რაც შეესაბამება დაახლ. 82,2%-ს. დანარჩენი 17,8% ელექტროენერგია კი წარმოებულ იქნა ნახშირზე მომუშავე ელექტროსადგურებში.

წელი	2011	2012	2013
ელ.ენერგიის წარმოება	10.104	9.696	10.059
თბოელექტროსადგურები 1)	2.212	1.277	1.788
ჰიდროელექტროსადგურები 2)	7.892	7.219	8.271
ჰიდროენერგიის წილი პროცენტებში	78,1	74,5	82,2
იმპორტი	471	615	484
ექსპორტი	931	528	450
მთლიანი მოხმარება	9.453	9.559	9.894

ცხრილი 20: საქართველოს ელ.ენერგიის ბაზრის შერჩეული საკვანძო მონაცემები 2011-2013 წწ-ში (მოცემული მლნ. კვ.სთ-ში). (წყარო: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=GEORGIA&product=balances&year=2014>, 02.2017-ის მდგომარეობით)

მზის ენერგია

მზე წარმოადგენს უფასო ენერგიის განახლებად წყაროს. საქართველოს თავისი 250-280 მზიანი დღის ანუ 1900-2200 მზიანი საათის მეშვეობით გააჩნია მზის ენერგიის უდიდესი პოტენციალი. გლობალური გამოსხივება რეგიონიდან გამომდინარე, მერყეობს 1250-1800 კვ.სთ/მ² ფარგლებში.

მზის ენერგიიდან თერმული ან ელექტროენერგიის მისაღებად მრავალგვარი შესაძლებლობები არსებობს. მზის გამოსხივებით შეგვიძლია ვანარმოოთ ელ.ენერგია და



სითბო. ინოვაციური გამოყენების სხვა სფეროებს წარმოადგენს მზის ენერგიით გაგრილება და მზის ენერგიის საწარმოო პროცესებისთვის გამოყენება.

ფოტოვოლტაიკა

ფოტოელექტრული ეფექტის მეშვეობით შეიძლება ელექტროენერგიის წარმოება მზის ელემენტებით. ვინაიდან ცალკეული ელემენტები მცირე რაოდენობით აწარმოებენ ელექტროენერგიას, ამიტომ ფოტოვოლტაიკური პანელების სახით მათ ერთობლივად ამონტაჟებენ. ამ პანელებით მოპოვებული მუდმივი დენი გარდაქმნელის მეშვეობით გარდაიქმნება ცვლად დენად, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია სახლებში. მისი გაშვება შეიძლება საერთო მოხმარების ქსელშიც. ფოტოვოლტაიკური დანადგარის დასამონტაჟებლად უნდა გავითვალისწინოთ სახურავის დახრა და ორიენტაცია, ასევე ზედაპირის ფართობი. მაღალი ეფექტის მისაღწევად, მზის პანელები არ უნდა იყოს დაჩრდილული ხეებით, ბუხრებითა და სხვა მომიჯნავე სახლებით.

ა) ფოტოვოლტაიკა - კუნძულების სისტემა

ჭერ ხდება მოპოვებული ენერგიის შუალედური დაგროვება აკუმულატორებში, ხოლო შემდეგ, საჭიროების შემთხვევაში, მისი გამოიყენება მაგ., იმ დროს, როდესაც მზე არ ასხივებს. ეს სისტემა სრულიად ავტონომიურად მუშაობს. ის გათვლილია დენის მიწოდებაზე შორეულ რეგიონებში. ფოტოვოლტაიკის პანელებს ამონტაჟებენ სამხრეთისაკენ მიმართულ სახურავებზე.

ბ) ქსელთან მიერთებული ფოტოვოლტაიკის დანადგარები

ფოტოვოლტაიკის პანელები უმეტესწილად სამხრეთისაკენ მიმართულ სახურავებზე მონტაჟდება. მზის ელ.ენერგიის გამოყენება შეიძლება უშუალოდ ადგილზევე მოხდეს, ასევე შეიძლება მიეწოდოს აკუმულატორებს ან საერთო მოხმარების ელექტროქსელს.

გ) ფოტოვოლტაიკა - ელექტროსადგურები

თუ არსებობს დიდი დაუჩრდილავი ფართობების გამოყენების შესაძლებლობა, ფოტოვოლტაიკის ელ.სადგურებს შეუძლია 50-100 მგვტ ელ.ენერგიის წარმოება.

მზის სითბური ენერგია

როდესაც მზის პირდაპირი სხივები ეცემა შავ შთანთქმელზე (აბსორბერზე), წარმოიქმნება თერმული ენერგია, რომელიც შეიძლება აკუმულირდეს თბილი წყლის სახით და კომბინირებულ იქნას გათბობასთანაც. ჰელიოთერმული თბილი წყლის საწარმოებლად იყენებენ მზის კოლექტორებს შავზედაპირიანი შთანთქმელებით (აბსორბერებით), რომელთა მეშვეობითაც პირდაპირი მზის გამოსხივება გარდაიქმნება თერმულ ენერგიად. ეს თერმული ენერგია ანტიფრიზგარეული წყლის მეშვეობით მიეწოდება თბილი წყლის ავზს. როდესაც სითხე კოლექტორში სასურველ ტემპერატურას მიაღწევს, ტუმბოს მეშვეობით მოხდება მისი ტრანსპორტირება ჰელიოთერმულ ავზში, იქიდან კი თბოგადამცემი აპარატით გადავა თბილი წყლის ავზში. ამ სრულად განახლებადი თერმული ენერგიის გამოყენება შეიძლება სასმელი წყლის გასთბობად ან კომბინაციაში გათბობის სისტემის მხარდასაჭერად.

გეოთერმული ენერგია

გეოთერმულ ენერგიას ანუ გეოთერმიას საქართველოში უკვე 1951 წლიდან იყენებდნენ ენერგიის გამოსამუშავებლად. ქვეყანას გააჩნია გეოთერმული რესურსების მარა-



გი 250-400 მლნ.მ³/წელიწადში. 2008 წლის კვლევამ აჩვენა, რომ საქართველოს გააჩნია 30-108°C ტემპერატურის მქონე 250 ბუნებრივი და ხელოვნური თერმული წყლების წყარო. მათგან 80% ქვეყნის დასავლეთშია და ხარჭებისა და რესურსების გამოყენების ხეივანობის თვალსაზრისით, უფრო ცხელი წყლით მომარაგებისა და გათბობისთვის გამოდგება (როგორც ბუნებრივი აირის შემცველი). ქალაქების - ზუგდიდისა და თბილისის მიმდებარე ტერიტორიები საკმაოდ იმედის მომცემია გეოთერმული ენერგიის აღმოჩენისა და გამოყენების თვალსაზრისით. პოტენციური სიმძლავრე შეფასებულია 420 მგვტ.-ით, ხოლო მისგან შესაძლო გამომუშავებული წლიური ენერგია დაახლ. 2,7 მლრდ.კვ.სთ.-ით. სამწუხაროდ, აქამდე აღმოჩენილი თერმული წყაროები დღემდე არ გამოიყენება ენერგიის მიღების მიზნით.

ქარის ენერგია

უკანასკნელ წლებში 165 მეტეოროლოგიური სადგურის ქარმზომელობის მონაცემებზე დაყრდნობით, საქართველოში ქარის ენერგიის წარმოების პოტენციალი შეფასებულია 5 მლნ.კვ.სთ-ით წელიწადში, ანუ 2000 მგვტ. სიმძლავრით. „ქარენერგოს“ კვლევითმა ინსტიტუტმა, „ქარის ენერგეტიკის კვლევითმა ცენტრმა“, გამოაქვეყნა საქართველოს ქარის ენერგეტიკული ატლასი, რომლის მიხედვითაც ქვემოთ მოცემული (ტექნიკურად განხორციელებადი) ქარის ელ.სადგურები დიდ პოტენციალს გვთავაზობენ.

ქარის ელ.სადგური	დადგმული სიმძლავრე	ელექტროენერგიის საშუალო წარმადობა / წელიწადში
ჭოროხი	90 მგვტ.	240 მლნ.კვტ.სთ
ჭვარი	30 მგვტ.	75 მლნ.კვტ.სთ
გოდერძი	60 მგვტ.	170 მლნ.კვტ.სთ
გორი	200 მგვტ.	480 მლნ.კვტ.სთ
ქუთაისი	150 მგვტ.	340 მლნ.კვტ.სთ
ლიხი	630 მგვტ.	2.000 მლნ.კვტ.სთ
მუხრანი	90 მგვტ.	200 მლნ.კვტ.სთ
ფარავანი	120 მგვტ.	290 მლნ.კვტ.სთ
ფოთი	90 მგვტ.	210 მლნ.კვტ.სთ
რუსთავი	60 მგვტ.	150 მლნ.კვტ.სთ
თბილისი	150 მგვტ.	350 მლნ.კვტ.სთ
ცხრანყარო	100 მგვტ.	260 მლნ.კვტ.სთ

ცხრილი 21: საქართველოში ქარის გენერატორების პოტენციალი 02.2017-ის მდგომარეობით (წყარო: http://georgien.ahk.de/fileadmin/ahk_georgien/Publikation/DWV_-Georgien_Kompakt_Erneuerbare_Energien_2014.pdf.)



ბიომასა

ხის პელეტები (გრანულები)

ხის პელეტები მზადდება ხის ნახერხითა და ბურბუშელათით. ხის ბურბუშელას აშრობენ, ამკვრივებენ და მატრიცაში წნეხავენ, რის შედეგადაც წარმოიქმნება 4-5 მმ დიამეტრისა და დაახლ. 20-25 მმ სიგრძის მცირე ზომის ძელები (პელეტები). პელეტების ერთგვაროვანი ფორმა საშუალებას იძლევა, რომ ეს საწვავი ავტომატურად ხრახნული კონვეიერის მეშვეობით მიეწოდოს წვის პროცესს. გათბობის საჭიროების შესაბამისად, ხრახნული კონვეიერი ბრუნავს სწრაფად ან ნელა. პელეტები უნდა ინახებოდეს მშრალად, რათა შეინარჩუნონ ფორმა. გათბობა პელეტების დანადგარით არის ეკოლოგიურად სუფთა და CO₂-ნეიტრალური, ვინაიდან ეს გადამუშავებული საწვავი მხოლოდ იმდენ CO₂-ს გამოაფრქვევს, რამდენსაც ერთი ხე შთანთქმავს ზრდის პროცესში. პელეტის გათბობის სისტემებს, როგორც წესი, გათბობის რეჟიმის ხშირი მონაცვლეობის თავიდან ასაცილებლად, გააჩნიათ ბუფერული საცავი. დღესდღეობით გამოიყენება პელეტების გათბობის ორი სხვადასხვა სისტემა: პელეტის ქვაბი ცენტრალური გათბობისათვის და ცალკეული პელეტის ღუმელი. პელეტის ქვაბს აქვს მაღალი სიმძლავრე და შეუძლია ერთი ან მრავალ ოთახიანი სახლების გათბობა.

ხის ნაფოტები

ხის ნაფოტებიც მერქნის წარმოების ნარჩენისგან მიღებული ენერგომატარებელია. ხის პელეტებისაგან განსხვავებით, ხის ნაფოტები მზადდება ხეების ან მერქნის დაუმუშავებელი ნარჩენებისაგან და ხეცეულებისაგან, რომლებიც კონსტრუქციული გადამუშავებისათვის აღარ გამოდგება. ამ ხის მასალას ჩარხებით ანაფოტებენ. დაწვის პროცესამდე ნაფოტებს აშრობენ და ხრახნიანი კონვეიერით ან ვიბრაციული ცხურით ავტომატიზებულად მიაწოდებენ საწვავ მოწყობილობას. ხის ნაფოტების გათბობის სისტემები განკუთვნილია უმეტესად დიდი ობიექტების, სკოლებისა და ადმინისტრაციული შენობების თბომომარაგებისათვის. გასათბობად CO₂-ნეიტრალური ხის ნაფოტების გამოყენება კლიმატზე ზრუნვის მაგალითია. ხის ნაფოტების გათბობის სისტემები მუშაობს ბივალენტურ რეჟიმში ტრადიციულ გათბობის სისტემებთან ერთად.

ბიოგაზი

ბიოგაზი მიიღება სხვადასხვა სპეციალურ ბიოგაზის დანადგარებში ისეთი ბიოლოგიური ნარჩენებისგან, როგორიცაა:

- ბიონაგავი
- გამწმენდი ნაგებობებიდან მორჩენილი ლამი
- საკვების ნარჩენები
- წუნწუხი (თხევადი ნაკელი)
- ნაკელი
- შუალედური კულტურები
- ძველი ცხიმები
- ცხოველთა ლეში
- ბიოგაზი მიიღება ასევე ენერგო-მცენარეების მეშვეობითაც. ასეთია მაგალითად:
 - სიმინდი
 - მარცვლეული
 - ბალახი



გაზი წარმოიქმნება ანაერობული მიკროორგანიზმების გამოყენებით გაზგაუმტარ კონტეინერში. ხრწნის პროცესი დამოკიდებულია გამოყენებულ ძირითად ნედლეულზე (ბიონარჩენები ან ენერგომცენარეები), ტემპერატურაზე და PH-მაჩვენებელზე. სუბსტრატის წყლის შემცველობა უნდა იყოს მინიმუმ 50%. ბიოგაზის წარმოების გვერდითი პროდუქტი არის სასუქი, რომელიც გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში. ბიოგაზი შეიცავს 50-70% მეთანს და 25-50% ნახშირორჟანგს. ბიოგაზის ენერგოშემცველობა შეადგენს ბუნებრივი აირის 60%-ს და გააჩნია ტენის მაღალი შენეცველობა. გაზის გამოყენებამდე უნდა მოხდეს ბიოგაზის გაუწყლოება და გაუგოგირდოება.



ილუსტრაცია 77:
ბიოგაზის რეაქტორი.
(წყარო: Shutterstock)

წარმოებული ბიოგაზით შეიძლება გათბობის სისტემებისა და სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურების (BHKW) ექსპლუატაცია. ბიოგაზისგან მიღებული სიკეთე იმაში მდგომარეობს, რომ დიდი ოდენობით ბიოლოგიურ ნარჩენებს შეუძლია ტრადიციული და ძვირადღირებული საწვავის ჩანაცვლება და სოფლის მეურნეობისათვის სასუქის წარმოება. მეთანის გაზი, რომელიც უკონტროლო ხრწნის პროცესის შემთხვევაში ატმოსფეროში მოხვდებოდა, დაწვის შედეგად ნაკლებად მავნე გამონაბოლქვში გარდაიქმნება და თან, ამავდროულად, თერმული ენერგია გამომუშავდება.

გამწმენდი ნაგებობებისა და სასოფლო-სამეურნეო საწარმოების ბიოგაზის მომპოვებელი დანადგარები მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ამ საწარმოების ენერგოხარჯების დაზოგვას.



ილუსტრაცია 78: სამწმენდ ნაგებობაში ხრწნის შედეგად მიღებული აირის მომპოვებელი დანადგარი
(წყარო: Shutterstock)



7.2. საქართველოსთვის დამახასიათებელი გათბობის ტექნიკის აღწერა

საქართველოში უმეტესად დეცენტრალიზებული გათბობის სისტემებია, ვინაიდან 1990 წ-ის ენერგოკრიზისის შემდეგ ცენტრალური გათბობის საქვებები მოიშალა. საქართველოს მოსახლეობას კვლავაც აქვს ზამთარში გათბობასთან დაკავშირებული პრობლემები. თითოეული ოჯახი საკუთარი ფინანსებით, თავად წყვეტს გათბობის პრობლემას. მოსახლეობა ქალაქებში უმთავრესად ცენტრალური გათბობის მოწყობილობებს იყენებს, სოფლის მოსახლეობა კი ინდივიდუალურ, მარტივად დამზადებულ შეშისა და გაზის გათბობის ქვებებს.

საქართველოში გამოყენებული გათბობის მოწყობილობებია:

- შეშის ღუმელი, გასათბობად და საჭმლის მოსამზადებლად
- გაზის გათბობის ქვაბი (ბოილერი), სითბოთი და ცხელი წყლით მომარაგებისათვის
- ოთახის გაზის გამათბობელი ცალკეული ხელსაწყოები
- ოთახის ელექტროგათბობა ან ელექტროგამათბობელი
- თბილი ჰაერის შემზერვი ცენტრალური გათბობა ადმინისტრაციული შენობებისა და სასტუმროებისათვის
- იატაკქვეშა გათბობა
- გაზის ან დენის ინფრწინითელი გამომსხივებელი დანადგარები ბარებსა და რესტორნებში გარე გათბობისათვის ზოგადად არ არის ფართოდ გავრცელებული



ილუსტრ. 79: შეშის ღუმელი საჭმლის მოსამზადებლად



ილუსტრ. 80: გაზის გათბობის ქვაბი



ილუსტრ. 81: ოთახის ცალკეული გაზის გამათბობელი



ილუსტრ. 82: კედლის რადიატორი



ილუსტრ. 83: ელექტრო რადიატორი



ილუსტრაცია 84: ცხელი ჰაერის შემზერვით გათბობა (წყარო: მ. ტყეშელაშვილი)





ილუსტრაცია 85:
გაზზე მომუშავე
ინფრაწითელი
გამომსხივებელი
ხელსაწყო
გათბობისთვის



ილუსტრაცია 86:
დენის გათბობის
რადიატორი.



ილუსტრაცია 87:
დენზე მომუშავე
ინფრაწითელი
გამომსხივებელი
გათბობელი
ხელსაწყო



ილუსტრაცია 88:
დენზე მომუშავე
ინფრაწითელი
გამომსხივებელი
გათბობელი
ხელსაწყო

(წყარო: მ.ტყემელაშვილი)

7.2.2 სასმელი თბილი წყლის მოწოდების სისტემები

საქართველოს მოსახლეობის მხოლოდ 30%-ს გააჩნია გაზის კომბინირებული გათბობის ქვაბი, რომელიც უზრუნველყოფს სითბოსა და ცხელი წყლის მიღებას. გათბობისა და ცხელი წყლისათვის ფართოდ გამოიყენება გაზის გათბობის სისტემა დახურული წვის კამერითა და აირსარიანით, ან გათბობის სისტემა ღია წვის კამერით აირსარიანის გარეშე. არის შემთხვევები, როდესაც სისტემის არასწორი დამონტაჟების გამო გაზის გამათბობლის აირსარიანი მიერთებულია შენობის ვენტილაციის სისტემასთან. ამან შეიძლება საფრთხე შეუქმნას მაცხოვრებელთა სიცოცხლეს, ვინაიდან ამგვარ გამონაბოლქვს სუნი არ აქვს.

სოფლის მოსახლეობა, რომელიც არ არის მიერთებული ქალაქის კომუნალურ ქსელებთან და არ აქვს მუდმივი წყალმომარაგება, შეზღუდულად იყენებს გაზის გათბობის კომბინირებულ ქვაბს და სოფელში წყალს გაზის ქურაზე ან შეშის ლუმელზე აცხელებენ.

იქ, სადაც გამდინარე წყალი პრობლემას არ წარმოადგენს, გამოიყენება გამდინარე წყლის ელექტროგამაცხელებელი.



ილუსტრაცია 89:
გამდინარე წყლის
ელექტრო
გამაცხელებელი.



ილუსტრაცია 90:
გაზის
კომბინირებული
გათბობა.



ილუსტრაცია 91:
გაზზე მომუშავე
გამდინარე წყლის
გამაცხელებელი.



ილუსტრაცია 92:
დენზე მომუშავე
თბილი წყლის ავზი.
(წყარო: მ.ტყემელაშვილი)

7.2.3. გათბობისა და სასმელი თბილი წყლის მომარაგებისთვის გამოყენებული ენერგომატარებლები

გათბობისა და ცხელი წყლით მომარაგებისათვის ძირითადად ენერგომატარებელი - ბუნებრივი აირი გამოიყენება. ინდივიდუალურ გათბობის ღუმელებში უმეტესად შეშას იყენებენ. ბინებში, სადაც დეცენტრალიზებული შეშის ღუმელებია, სითბო გაიცემა თბური გამოსხივების გზით. ბინების ცენტრალური გათბობის სითბო ნაწილდება რადიატორების მეშვეობით.

7.2.4. გათბობის სისტემებით მიღებული სითბოს განაწილება

საცხოვრებელი ბინების უმეტესობაში გათბობის სითბოს ძირითადად ანაწილებენ პანელური რადიატორებით და გამონაკლის შემთხვევებში, ძვირადღირებულ ობიექტებში - იატაკქვეშა გათბობის საშუალებით.

ამ ორივე სითბოს გადამცემ სისტემას გააჩნია დადებითი და უარყოფითი მხარეები:

- პანელური რადიატორები იაფია და ოთახის ტემპერატურაც უკეთესად რეგულირებადი. როგორც წესი, ამ რადიატორებს არ აქვთ თერმოსტატიანი ვენტილი და ვენტილს უმეტესად ხელით არეგულირებენ. ასე რომ, დამატებითი მზის გამოსხივებით ან ადამიანების ქარბი რაოდენობით განპირობებულმა თბურმა დატვირთვამ შეიძლება ოთახის გადახურება გამოიწვიოს.
- იატაკქვეშა გათბობას ის უპირატესობა გააჩნია, რომ ოთახში ადგილს არ იკავებს, ვინაიდან მოჭიმვის ქვეშ მდებარეობს. მისი უარყოფითი მხარე კი ის არის, რომ იგი ძალზე ინერტულად რეაგირებს ტემპერატურის მომატებასა და კლებაზე. როდესაც სასურველი ტემპერატურა მიღწეულია, დამატებითი თბური დატვირთვა (ადამიანების ან ელექტრომოწყობილობების მიერ გამოყოფილი სითბო, ასევე მზის გამოსხივების სითბოს მოდინება) იწვევს ოთახის სწრაფ გადახურებას.

7.2.5. სასმელი თბილი წყლის მოწოდების სისტემები

- გამდინარე წყლის ელექტროგამაცხელებელი
- ცენტრალური გათბობა
- შეშაზე ან ნახშირზე მომუშავე აბაზანის წყლის გამაცხელებელი

ცენტრალური გათბობის სისტემაში თბილი წყლის მოწოდება ხდება შეშაზე ან ნახშირზე მომუშავე გათბობის ქვებიდან. თუ საცხოვრებელ ბინაში დამონტაჟებულია გაზის ოთახის გამათბობელი, ცხელი წყალს გაზზე ან დენზე მომუშავე გამდინარე წყლის გამაცხელებლით იღებენ. სოფლებში ცხელი წყლით უზრუნველყოფა ხდება შეშის, ელექტროენერგიის, ან გაზის წვის შედეგად.

7.2.6. გათბობის ტექნიკის დამპროექტებელი სპეციალიზებული საწარმოები

გათბობის მემონტაჟების უმეტესობას საქართველოში მხოლოდ ტრადიციული გათბობის სისტემების დამონტაჟების გამოცდილება გააჩნია ბინებსა და 1-2-ოჯახიან საკუთარ სახლებში.



7.2.7. ხარვეზები გათბობის დაპროექტებისას

ცენტრალური გათბობის სისტემების დაგეგმვა და მოწყობა მრავალბინიანი და მაღალსართულიანი სახლების სერიოზული პრობლემაა: როგორც წესი, შენობის დასრულებისას არ არსებობს არც ცენტრალური გათბობის სისტემა და არც ცენტრალური გამწოვი სისტემა მთლიანი შენობისათვის. როდესაც ბინები გადაეცემა მფლობელებს, მფლობელები თავად არიან პასუხისმგებელნი საკუთარ ბინებში გათბობის სისტემის მოწყობაზე. ამან უკვე გამოიწვია უბედური შემთხვევები, რადგან დაუდევრობით მოხდა გათბობის გამონაბოლქვის გაშვება სავენტილაციო შახტებში. გარდა ამისა, ინდივიდუალური გათბობის სისტემების უარყოფითი მხარე ის არის, რომ ცენტრალური გათბობის სისტემებთან შედარებით, ტექნიკური აღჭურვილობიდან გამომდინარე, მათ ბევრად მეტი ენერგოდანაკარგი აქვთ და საგრძნობლად არაეფექტურები არიან.

გამონაბოლქვით მოწამვლის საშიშროება

ცენტრალური გამწოვის სისტემის არარსებობის გამო თითოეული ბინიდან გამონაბოლქვის გადინება ხდება შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციიდან, გარე კედლიდან უშუალოდ ბინის სართულის არეში, რაც ზედა ბინის მაცხოვრებლების ჯანმრთელობისათვის ზიანის მიყენებას და მათ მოწამვლას იწვევს.

გარდა ამისა, ამ ახლად აშენებული შემომზღუდი კონსტრუქციების ხშირი გაბურღვები და გამონგრევები კედლებში, აზიანებს ძლიერი წვიმის საწინააღმდეგო ჰერმეტიზაციას.

სასურველია, რომ ცენტრალური გათბობის გეგმა გამწოვ სისტემასთან ერთად იმავე დონეზე გათვალისწინებული იყოს პროექტირებისას.

იმისათვის, რათა გამოთვლითი პროგრამების მეშვეობით მოხდეს საჭირო თბური დატვირთვის გამოთვლა გათბობის ხაზების და გათბობის განაწილების ზომების დასადგენად, ასევე გათბობის ტუმბოებისა და გამწოვი არხების განსასაზღვრავად, აუცილებელია, რომ გათბობის ხელსაწყოებს ჰქონდეთ შესაბამისი განათლება, რათა სათანადოდ უზრუნველყონ გათბობის სისტემების ენერგოეფექტურობა და ხარისხი.

7.3. განახლებადი გათბობის სისტემები - ზოგადი მიმოხილვა

7.3.1. სითბური ტუმბო

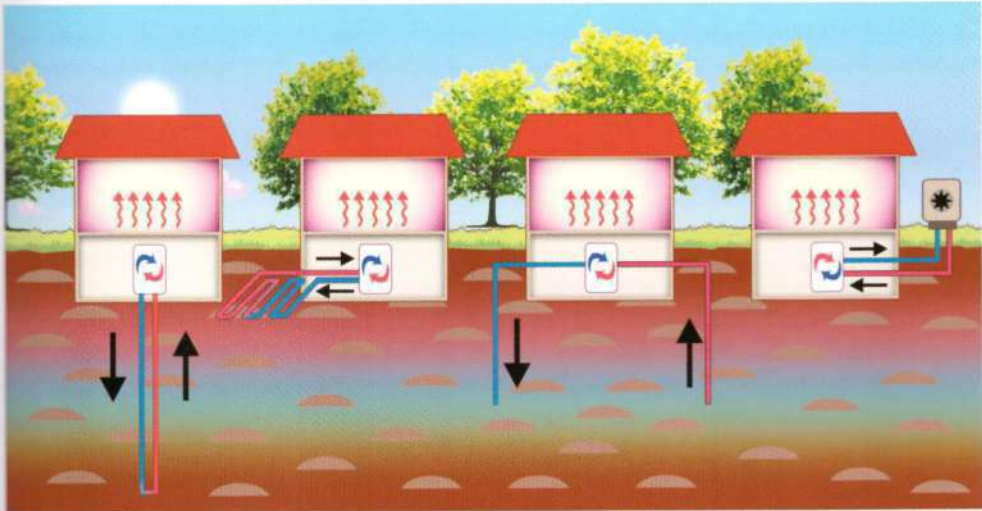
სითბური ტუმბო არის რეგენერაციული გათბობის სისტემა, რომელიც ელექტროენერგიის გამოყენებით წიადაგის, გრუნტის წყლების და გარემო ჰაერის თერმული ენერგიის მაღალ ტემპერატურულ დონეზე აყვანით ხელს უწყობს მათი გათბობის მიზნით გამოყენებას.

სითბური ტუმბოთი გამოყენებული ენერგიიდან შესაძლებელია მისი ჯერადი თბოენერგიის მიღება. ენერგიის წყაროდ ძირითადად გამოიყენება ელექტროენერგია. წლის განმავლობაში გამოყენებული ენერგიისა და წარმოებული ენერგიის თანაფარდობა, გვაძლევს ეფექტურობის წლიურ მაჩვენებელს. მწარმოებლების მიერ მითითებული ეფექტურობის წლიური მაჩვენებელი 4-ზე მეტია, პრაქტიკაში კი ეს მაჩვენებლები უმეტესად მწარმოებლის მიერ მითითებულ სიდიდეზე ნაკლებია, ზოგიერთ შემთხვევაში კი - 3-ზე ნაკლებიც. წლიური ეფექტურობის მაღალი მაჩვენებლის მისაღებად მიღწეულ უნდა იქნეს რაც შეიძლება მცირე სხვაობა სითბოს წყაროს ტემპერატურასა და სისტემისათვის სითბოს გადამტანი მედიუმის (მაგ. წყლის) ტემპერატურას შორის. სამისოდ აუცილებელია პანელური გათბობის (კედლის ან იატაკის) გამოყენება, რომე-



ლიც დაბალ ტემპერატურაზე მუშაობს.

წყლის გათბობისას თბური ტუმბოების გამოყენების ზღვარი შეზღუდულია, რამდენადაც ამ მოწყობილობების გამოყენებით მაქსიმუმ $55-60^{\circ}\text{C}$ -ის ტოლი სითბოს გადამტანი შედეგის ტემპერატურის და, შესაბამისად, მხოლოდ 5°C -ით დაბალი თბილი წყლის ტემპერატურის მიღებაა შესაძლებელი⁵. სამ ბინაზე შენობის მქონე შენობებში ლეგიონელას ბაქტერიების გაჩენის თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია, რომ თბილი წყლის აგზში ტემპერატურა იყოს $65-70^{\circ}\text{C}$.



ილუსტრაცია 93: სითბური ტუმბოების სითბოს ხვადასხვა წყაროებისთვის: მიწა, წყალი და ჰაერი. (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი, წყარო: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.)

სითბოს წყაროები თბური ტუმბოებისათვის

სისტემა 1 და სისტემა 2 წარმოადგენენ მარილხსნარის თბურ ტუმბოებს და ახდენენ მიწის სითბოს გენერირებას გათბობის სითბოდ. განსხვავება კოლექტორის სახეობაშია, რომელიც ნიადაგიდან მიღებულ გეოთერმულ ენერგიას გადასცემს თხევად სითბოს გადამტან მედიუმს - მარილხსნარს.

სისტემა 1: მარილხსნარის თბური ტუმბოები გრუნტის ზონდებით

სისტემა 1-ში ქაბურღილის მეშვეობით მიწაში ვერტიკალურად ჩასობილი, ბეტონით შემოსილი ზონდები გამოიყენება სითბოს შთაღმთქმელებად. ქაბურღილების რაოდენობა და სიღრმე გათვლილია სითბური ტუმბოების მოხმარებულ სიმძლავრეზე. ქაბურღილების სიღრმე სხვადასხვა რეგიონის შესაბამისად შეიძლება განსხვავებული იყოს. ეს სისტემა არ არის ოპტიმალური ამჟამად არსებული შენობებისთვის, ვინაიდან ის დიდი მოცულობის მიწის სამუშაოებსა და დიდი ზომის საბურღი მანქანებს საჭიროებს.

სისტემა 2: მარილხსნარის-თბური ტუმბოები მიწის ბრტყელი კოლექტორებით

ბრტყელი კოლექტორი სითბოს წყაროდ იყენებს ნიადაგში აკუმულირებულ მზის ენერგიას. იგი მიწის ზედაპირიდან ერთი მეტრის სიღრმეზე ლაგდება. ეს სისტემა არ

5 - წყარო: იუნგი, სახელმძღვანელო ენერგომომხმარების კონსულტაცია, გვ.60



არის ოპტიმალური არსებული შენობებისთვის, ვინაიდან ის დიდი მოცულობის მიწის სამუშაოებს საჭიროებს.

**სისტემა 3: წყალი-წყალი ტიპის სითბური ტუმბოები მოსაპოვებელი და შთანთქმე-
ლი ქებით**

ეს სისტემა სითბოს წყაროდ იყენებს გრუნტის წყალს. მისი უპირატესობა 1, 2 და 4 სისტემებთან შედარებით მდგომარეობს იმაში, რომ გრუნტის წყალს მთელი წლის მანძილზე თითქმის მუდმივად მაღალი ტემპერატურა გააჩნია და შესაბამისად, კარგ სითბოს წყაროს წარმოადგენს. ეს სისტემა ნაწილობრივ ოპტიმალურია არსებული შენობებისთვის, ვინაიდან ის დიდი მოცულობის წყლის ქაბურღილის ბურღვით სამუშაოებს საჭიროებს.

სისტემა 4: ჰაერი-წყალი ტიპის თბური ტუმბოები გარემოებარე თბოგადამცემით

სითბოს წყაროდ გამოიყენება გარემოს ჰაერი. საინსტალაციო ხარჯები უტოლდება გათბობის ახალი სისტემისას. ამდენად, ეს სისტემა ყველაზე მეტად მიესადაგება არსებულ შენობებს.

სისტემა 5: მეორადი სითბოს გამოყენება ნარჩენი წყლებისა და ჰაერისაგან

თერმული ენერგიის გამოყენების კიდევ ერთ წყაროს წარმოადგენს სითბური ტუმბოები, რომლებიც ნარჩენი წყლების და ჰაერის სითბოს იყენებს. წყალსარინ არხებში ინტეგრირებული სითბოს გადამტანი ხელსაწყოების მეშვეობით სითბურ ტუმბოებს მიეწოდება დიდი ოდენობით არსებული თერმული ენერგია, რომელიც უკვე მაღალ ტემპერატურულ დონეზე იმყოფება. ეს თერმული ენერგია, რომელიც ძირითადად გამოუყენებლად იკარგება კანალიზაციაში, წარმოადგენს დიდ პოტენციალს თბური ენერგიის საწარმოებლად.

ნარჩენი წყლების სითბოთი მოსარგებლედ სისტემა შეიძლება მოეწყოს მაგ.: საავადმყოფოებსა და საწარმოებში.

სითბური ტუმბოები და ფოტოვოლტაიკა

სითბური ტუმბოების სისტემის ელექტროკომპრესორები შეიძლება ავამუშაოთ ფოტოელექტრული მოწყობილობებით და ამგვარად, ტრადიციული ენერგომატარებლების ენერგიის დაზოგვით, გავუფრთხილდეთ კლიმატს.

სითბური ტუმბოები და მზის სითბური ენერგია

სითბური ტუმბოები შეიძლება კომბინირებულ იქნას მზის თერმულ კოლექტორებთან, რის შედეგადაც სასმელ თბილ წყალზე მოთხოვნილება ზაფხულობით დაკმაყოფილდება მზის კოლექტორებით და არა სითბური ტუმბოებით.

სითბური ტუმბოების ბიგალენტური ექსპლუატაცია

როგორც წესი, სითბური ტუმბოები აღჭურვილია ელექტროსათბობი ელემენტით, რომელიც გათბობის რეჟიმს გამართულ მდგომარეობაში ინარჩუნებს მაშინაც კი, როდესაც გარე ტემპერატურა ან ნიადაგის ტემპერატურა არ წარმოადგენენ საკმარის სითბურ წყაროს. ელექტროსათბობი ელემენტით სითბური ტუმბოს ექსპლუატაციის რეჟიმი დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული და მისი გამოყენება მხოლოდ საგანგებო სიტუაციაშია სასურველი. აქედან გამომდინარე, რეკომენდებულია, რომ სითბური ტუმბოს თბური დატვირთვის საპროექტო გათვლები განხორციელდეს სპეციალიზებული საწარმოს მიერ. არსე-



ბობს ალტერნატიული შესაძლებლობაც, რომ ელექტროსათბობ ელემენტს დაემატოს გათბობის კიდევ ერთი სისტემა, რომელიც მხოლოდ ამგვარ სიტუაციებში გამოიყენება გათბობისათვის. ესენი შეიძლება იყოს ბუნებრივი აირზე, მაზუთზე ან პელეტებზე მომუშავე გათბობის სისტემები.

სითბური ტუმბოს მუშაობის პრინციპი

ნაბიჯი 1: მოპოვება

სითბური ტუმბოები ართმევენ თერმულ ენერგიას ნიადაგს ან გრუნტის წყლებს. ამისათვის ხდება ენერგოზონდების ჩაშვება გრუნტში ან გრუნტის წყალში. იქ ცირკულირებს სითბოს გადამტანი მედიუმი, რომელიც შთანთქმავს თერმულ ენერგიას და გადასცემს სხვა წრებრუნვას; ამავრთქლებელ წრებრუნვას.

ჰაერის სითბური ტუმბოები გარე ჰაერს ართმევენ გარემოს სითბოს და ართმეულ ენერგიას გადასცემენ ამავრთქლებელ წრებრუნვას.

ნაბიჯი 2: მოქმედების პრინციპი

სითბურ ტუმბოში არსებობს ამავრთქლებელი წრებრუნვა, სადაც ცირკულირებს მაცივებელი აგენტი. სითბოს გადამტან დანადგარში, ამავრთქლებელში, ხდება გარემოს ენერგიის გადატანა პირველი წრებრუნვიდან მაცივებელ აგენტზე, რომელიც შედეგად აორთქლდება. ჰაერის სითბური ტუმბოების შემთხვევაში გარე ჰაერი ახურებს მაცივებელ აგენტს. მაცივებელი აგენტის ორთქლი გადადის საჭიხნში/კომპრესორში. კომპრესიის შედეგად კი მატულობს აირისებრი მაცივებელი აგენტის ტემპერატურის დონე, ანუ იგი თბება. სითბოს გადამტან მეორე დანადგარში გახურებული მაცივებელი აგენტი თავის ენერგიას გადასცემს გათბობის სამუშაო კონტურს და კონდენსირდება გამათხევადებელ დანადგარში. შემდგომ გათხევადებული მაცივებელი აგენტი შემცივდება დროსელში. საბოლოოდ, თხევადი განმუხტული მაცივებელი აგენტი დაბრუნდება ამავრთქლებელში.

ნაბიჯი 3: გათბობა

შენობაში არსებობს სითბოს გადამტან მედიუმზე - წყალზე მომუშავე სითბოს განაწილებისა და აკუმულირების სისტემა. ეს წყალი იღებს იმ სითბოს, რომელსაც მაცივებელი აგენტი გამათხევადებელ დანადგარში გასცემს და მას პანელურ რადიატორებს ან გათბობის შუალედურ საცავს გადასცემს.

7.3.2. პელეტების გათბობა

პელეტების გათბობა წარმოქმნის თერმულ ენერგიას ხის პელეტების წვის მეშვეობით, რომლებიც დაშლადებულია მერქნის ნარჩენებით, როგორიცაა ხის ბურბუშელა და ნახერხი.

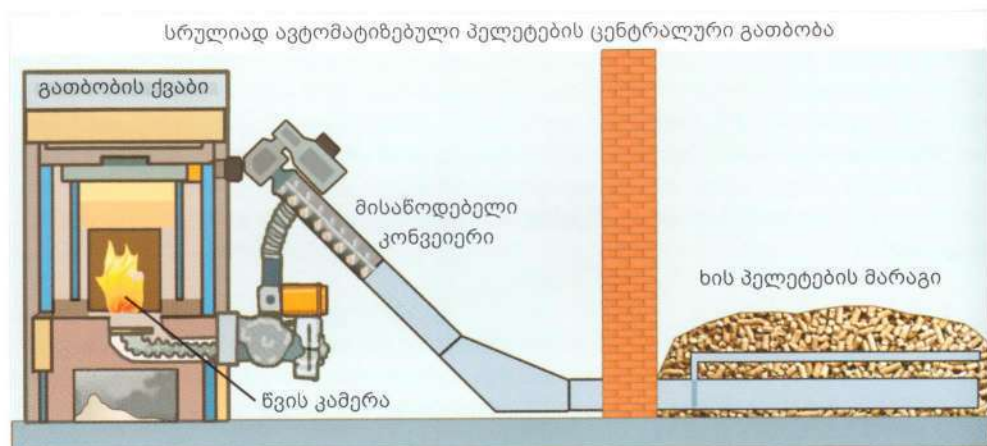
პელეტების გათბობის მუშაობის პრინციპი

პელეტები ინახება რეზერვუარში. იგი მიეწოდება ცისტერნიანი ავტომანქანით, რომელიც ჩატუმბავს პელეტებს რეზერვუარში. ამიტომ რეზერვუარი შეძლებისდაგვარად ხმაგაუმტარი, მტვერგაუმტარი და, ამასთან, მშრალი უნდა იყოს. რეზერვუარიდან პელე-





ილუსტრაცია 94: ხის პელეტები (წყარო: Shutterstock)



ილუსტრაცია 95: პელეტების გათბობის სქემა. (გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი)

ტები კონვეიერით მიეწოდება წვის კამერას. კონვეიერი აწვდის იმ რაოდენობის საწვავ მასალას (პელეტებს), რაც შენობაში სითბოს მოთხოვნას შეესაბამება. წვის პროცესი იწყება ელექტრონული ვარგარის ჩხირისა და საბერველის მეშვეობით. ერთგვაროვანი წვის პროცესის უზრუნველსაყოფად საჭიროა ბუფერული საცავი თერმული ენერგიის შუალედურ შესანახად.

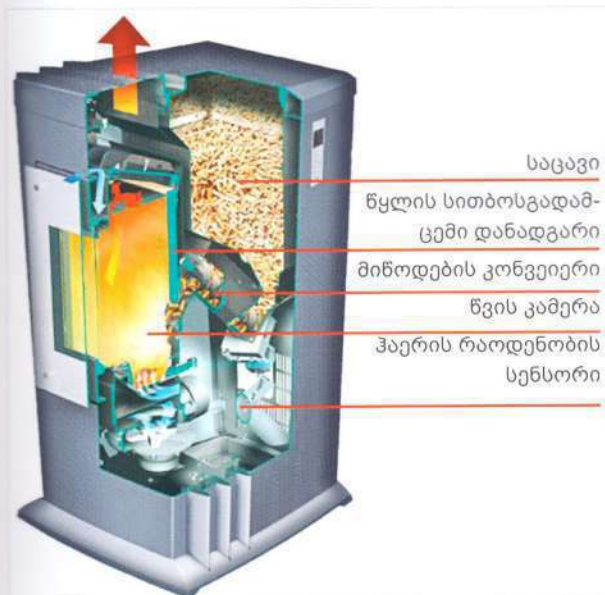
პელეტების გათბობა ფარავს სიმძლავრეთა დიაპაზონს: 4-12 კვტ, 10-32 კვტ, 17-56 კვტ, 17-22 კვტ. ხის პელეტების გათბობა არის ეკოლოგიურად სუფთა და არ აბინძურებს გარემოს, ვინაიდან ეს გადამუშავებული საწვავი მხოლოდ იმ რაოდენობის CO_2 -ს გამოაფრქვევს, რამდენსაც ერთი ხე შთანთქმავს ზრდის პროცესში. გარდა ამისა, პელეტების ყველა ტიპის გათბობა შეიძლება კომბინირებულ იქნას ჰელიოთერმული გათბობის სისტემასთან.



პელეტის ღუმელები

გარდა ცენტრალური გათბობის სისტემებისა, საცხოვრებელ ბინებში შესაძლებელია პელეტების ინდივიდუალური გათბობის ღუმელების დამონტაჟებაც. ეს ავტონომიური ღუმელები მარაგდება დაფასებული პელეტების პროდუქტით: ღუმელში ინტეგრირებული რეზერვუარი ივსება პელეტებით, რომლებიც რამდენიმე დღის მანძილზე მიეწოდება ღუმელს. პელეტების ავტონომიურ ღუმელს გააჩნია ოთახის ტემპერატურის მიხედვით მარეგულირებელი რელე.

პელეტების ღუმელების ინტეგრირება შესაძლებელია ცენტრალური გათბობის სისტემაშიც: მათი აღჭურვა შეიძლება სპეციალური წყლის კამერებით, რომლებიც წარმოებული სითბოს 75%-მდე გადასცემენ ბუფერულ საცავს, რომელიც მიერთებულია ცენტრალური გათბობის სისტე-



რალური გათბობის სისტემასთან. წყლის აგზები დამონტაჟებულია წვის კამერებში და ასრულებენ სითბოს გადამტანი დანადგარის ფუნქციას. თერმული ენერგიის კუთრი წილი, რომელიც ათბობს საცავს, და წილი, რომელიც მიეწოდება სითბოს გამანაწილებელ სისტემას, ცვლადია.

ილუსტრაცია 96:
პელეტის ღუმელი.
(გრაფიკა: მ. ტყემელაშვილი)

7.3.3. მზის სითბური ენერგია

მზის ენერგიის თერმულ ენერგიად გარდასაქმნელად აუცილებელია მზის პირდაპირი გამოსხივება. კოლექტორის შავი ზედაპირი შთანთქავს მზის გამოსხივებას, გარდაქმნის მას თერმულ ენერგიად და გადასცემს სითბოს გადამტან მედიუმს (წყალი, ჰაერი ან გლიკოლ-შერეული წყალი). სითბოს გადამტანი დანადგარი მიღებულ თერმულ ენერგიას გადასცემს მზის ენერგიის ბუფერულ საცავს. იქიდან კი ხდება მზისგან გენერირებული თერმული ენერგიის გამოყენება თბილი წყლის ან გათბობის სისტემის უზრუნველსაყოფად. თბილი წყლის მოხმარება ფართოდ არის გავრცელებული და მზის ენერგიით შესაძლებელია თბილი წყლის წლიური მოთხოვნილების 70%-ის დაკმაყოფილება. უკვე გათბობის სეზონის გარდამავალ თვეებშია შესაძლებელი ბუფერული აგზის შევსება თბილი წყლით.

მზის ენერგიის გათბობის სისტემისათვის საჭიროა დიდი ზომის კოლექტორის ზედაპირი. თუ თბილი წყლით უზრუნველსაყოფად ერთ ადამიანზე გათვლილია დაახლ. 1,5 მ² და 50-100 ლ. ბუფერული საცავის მოცულობა, გათბობის სისტემისათვის ჰელიოთერმული დანადგარების გაანგარიშება იწყება დაახლ. 20მ² და 800 ლ. ბუფერული საცავის მო-



ცულობიდან. ამ გათვლებს საფუძვლად უდევს გათბობით უზრუნველყოფა ღრუბლიან დღეებში და რაც შეიძლება მეტი გამოსხივების გარდაქმნა თერმულ ენერგიად ზამთარში, მზის ნაკლები გამოსხივებისას.

მზის ენერგიით გათბობის სისტემის უარყოფითი მხარე ის არის, რომ გათბობის პერიოდში (ზამთრის თვეებში) მზეს გამოსხივების დაბალი სიმძლავრე აქვს და მზიანი საათების რაოდენობაც შედარებით მცირეა.

მზის კოლექტორები იყოფა ორ სახეობად:
ბრტყელი კოლექტორები



ილუსტრაცია 97: ბრტყელი კოლექტორები: 9 კოლექტორი, თითოეული 5მ². ფართობით (ფოტო: ჯ. რაიფი)



ილუსტრაცია 98: მილისებრი კოლექტორები. (ფოტო: ჯ. რაიფი)

მილისებრი კოლექტორები

ბრტყელი კოლექტორები უფრო ფართოდაა გავრცელებული, ვიდრე მილისებრი კოლექტორები და მათი წარმოებაც უფრო იაფია. მილისებრი კოლექტორებთან შედარებით, ბრტყელი კოლექტორების მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ) უფრო მეტადაა დამოკიდებული კოლექტორების ორიენტაციაზე.

მილისებრი კოლექტორის კოლექტორები მინის ვაკუუმმილაკებშია ჩადუღებული. ვაკუუმური კაფსულირება ამცირებს თერმულ დანაკარგებს და წარმოქმნის უკეთეს მქკ-ს ბრტყელ კოლექტორებთან შედარებით. მილისებრი კოლექტორები მათი მაღალი ენერგეტიკული მქკ-ის მეშვეობით, შეიძლება დამონტაჟდეს არაოპტიმალური ორიენტაციის მქონე სახურავზეც, სადაც ისინი მაინც წარმოქმნიან მაღალ სისტემურ ტემპერატურას.

სასმელი წყლის გათბობის ხარჯების შემცირების მიზნით, მრავალმა სასტუმრომ და „გესთჰაუსმა“ საქართველოში უკვე დაამონტაჟა მზის ენერგიის კოლექტორები.



7.3.4. ფოტოვოლტაიკა

მზის ფოტოელექტრული ელემენტები ტექნიკური მიზნით პირველად გამოიყენეს 1958 წელს კოსმოსურ თანამგზავრზე - ვანგუარდ 1. ვანგუარდ 1 (დიამეტრი: 16 სმ), რომელიც მზის ელემენტებით იკვებებოდა, შვიდი წლის მანძილზე მონაცემებს აწვდიდა კოსმოსიდან.⁶

ფოტოვოლტაიკის შემთხვევაშიც მზის ენერგია პირდაპირ გარდაიქმნება ელექტრო-ენერგიად. ჰელიოთერმული ენერგიის მოხმარებისაგან განსხვავებით, ფოტოვოლტაიკა უფრო ფართოდაა გავრცელებული და გვთავაზობს გაცილებით უკეთეს ღირებულება-სარგებლის თანაფარდობას. აქედან გამომდინარე, ფოტოელექტრული ენერგია არა მხოლოდ ელექტრომომწოდებლობის: ტელევიზორის, სარეცხის მანქანისა და კომპიუტერის ექსპლუატაციისათვის გამოიყენება, არამედ თერმულ ენერგიად გარდასაქმნელადაც თბილი წყლის ბოილერში დამონტაჟებული მილისებრი ელექტროგამხურებლის მეშვეობით, რომელიც მზის ენერგიას პირდაპირ გარდაქმნის თერმულ ენერგიად და ბუფერულ საცავში თბილი წყლის სახით ინახავს.

სასმელი წყლის გაცხელების ჩართვას შეიძლება უპირატესობა მიენიჭოს სხვა ელექტრომომხმარებლებთან შედარებით, ან მხოლოდ მაშინ მოხდეს მისი აქტივაცია, როდესაც ჭარბი ელექტრო ენერგიის წარმოების შედეგად, ის ენერგია არცთუ მიმზიდველ ფასად მიეწოდება საერთო ელექტროქსელს, ან როცა მისი მოხმარება საერთოდ არ ხდება.

სითბური ტუმბოების ამუშავება ასევე შესაძლებელია მზის ენერგიაზე. ფოტოელექტრული დანადგარით თბური ტუმბოს შეუფერხებელი მუშაობის რეჟიმის უზრუნველსაყოფად რეკომენდებულია აკუმულატორის გამოყენება მზის ენერგიის დასაგროვებლად.

ჩინეთში მზის ფოტოელექტრული მოდულების ჭარბი წარმოების შედეგად მათზე დაეცა ფასები. მზის ფოტოელექტრული მოდულის მქვ გასულ წლებში გაიზარდა. €/Wp სიდიდე აღნიშნავს ფოტოელექტრული მოდულის ფასს, რომელიც მას გააჩნია მსოფლიო ბაზარზე.

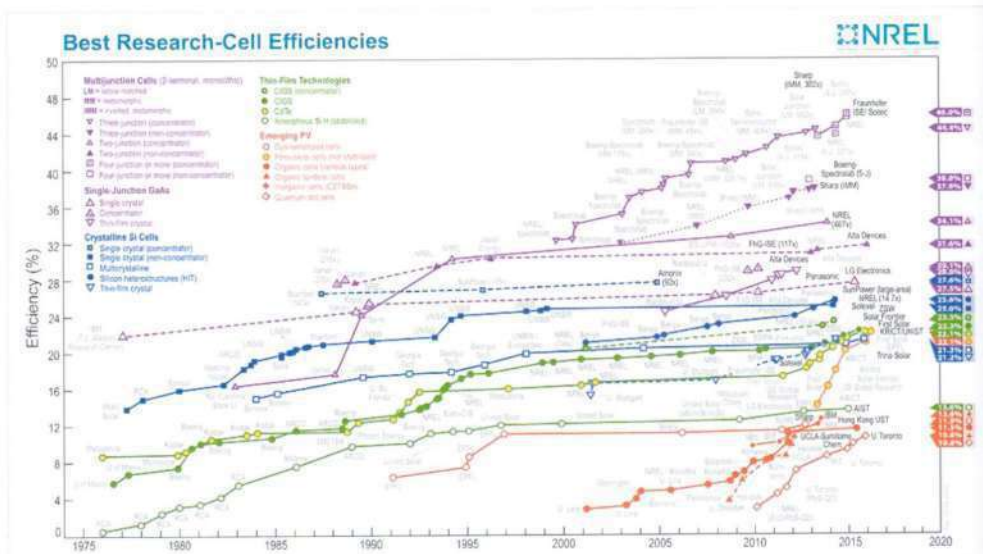


ცხრილი 22: ფოტოელექტრული მოდულის ფასების დინამიკის ტენდენცია. (წყარო: <http://pvx-change.com/priceindex/default.aspx?langTag=de-DE>, 02.2017-ის მდგომარეობით)

ბაზარზე არსებული მზის ელემენტების სახეობის მიხედვით მქვ შეადგენს 11-20%-ს. კვლევებისას მზის ელემენტების მქვ-მ შეადგინა 40%, რაც იმას ნიშნავს, რომ ტრადიციული მზის ელემენტების მარგი ქმედების კოეფიციენტს ჯერ არ მიუღწევია თავისი მაქსიმუმისთვის და ჯერ კიდევ გააჩნია ზრდის მაღალი პოტენციალი.

6 - წყარო: www.renewable-energy-concepts.com/german/sonnenenergie.01.2017-ის მდგომარეობით.





ფოტოელექტრული დანადგარის მწარმოებლურობა მქკ-ს გარდა დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე და მზისკენ ორიენტაციაზე. ყველაზე ოპტიმალურია მზის ელემენტების განთავსება სამხრეთის მხარეს 30° დახრით.

7.3.4. სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური (BHKW)

სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური არის სახლის შიდა ელექტროსადგური, რომელიც ერთდროულად აწარმოებს ელ. ენერგიას და სითბოს. სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურის ცენტრალურ ელემენტს წარმოადგენს ძრავა, რომელიც მუშაობს დიზელზე, ბუნებრივ აირზე, ბიოგაზზე, ბიოდიზელზე და მცენარეულ ზეთზე. ძრავა წვავს საწვავს, აწარმოებს გათბობის სითბოს და ამუშავებს დენის გენერატორს სახლში ელექტროენერგიის უზრუნველსაყოფად - ქარბი ელექტროენერგია მიეწოდება საერთო ქსელს ან კვებას აკუმულატორს. ძრავას აქვს ხმაგაუმტარი გარსაცმი.

მომგებიანი ექსპლუატაციისათვის სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური საჭიროებს რაც შეიძლება ხანგრძლივ გამოყენებას, რომელიც > 5.500 სთ.-ია წელიწადში. დენის და სითბოს ერთდროული მოხმარებისას ხანგრძლივი ექსპლუატაციის მისაღწევად, როგორც წესი, სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურები დაბალ ელექტრულ სიმძლავრეებზეა გათვლილი. დანადგარი კომბინირებულია ბუფერულ საცავთან თერმული ენერგიის აკუმულირებისათვის და მუშაობს ტრადიციულ გათბობის სისტემასთან ერთად.

სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური რეკომენდებულია შენობებისათვის, რომლებსაც არაგათბობის პერიოდშიც სითბოს მაღალი საჭიროება გააჩნიათ, მაგ.: სასტუმროები საკურორტო აუზებით, მოხუციებულთა სახლები, საავადმყოფოები და ა.შ.

სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური შეიძლება გამოყენებულ იქნას აგარიული ელექტროკვებისათვის და ტრადიციული აგარიული ელექტროკვების აგრეგატის ჩასა-
ნაცვლებლად. ასეთ შემთხვევაში, ელექტროსისტემები გააგრძელებენ მუშაობას მაშინ



ნაც კი, თუ გაითიშება საერთო ელექტრომომარაგება. ეს შეიძლება განსაკუთრებით რელევანტური იყოს საავადმყოფოებისთვის, მოხუცებულთა სახლებისათვის, გამოთვლითი ცენტრებისა და საჯარო დაწესებულებებისათვის.

სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური იყოფა შემდეგ სახეობებად:

- მიკრო-BHKW: ელექტროსიმძლავრე 15 კვტ-მდე
- მინი-BHKW: ელექტროსიმძლავრე 50 კვტ-მდე
- დიდი-BHKW: ელექტროსიმძლავრე 5.000 კვტ-მდე

ილუსტრაცია 100: მიკრო-BHKW ბგერათშთან-მთქმელი გარსაცმით. (წყარო: EC POWER)

სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურის თერმული ენერგია შეგვიძლია პარალელურად გამოვიყენოთ სხვადასხვა წყლის გასაცხელებლად, ტექნოლოგიური სითბოსათვის, აბსორბირებული მაცივარ-დანადგარების ექსპლუატაციისათვის ან ავტონომიური გათბობის ქსელის კვების წყაროდ. ამასთან, წარმოებული ელექტროენერგია გამოიყენება თავად ობიექტში ან მიეწოდება საერთო ქსელს.



ილუსტრაცია 101: ბლოკ-ელ.გათბობის საქვაბი, სქემა (წყარო: EC POWER)



სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური როგორც კუნძულოვანი სისტემა განცალკევებულ არეებში

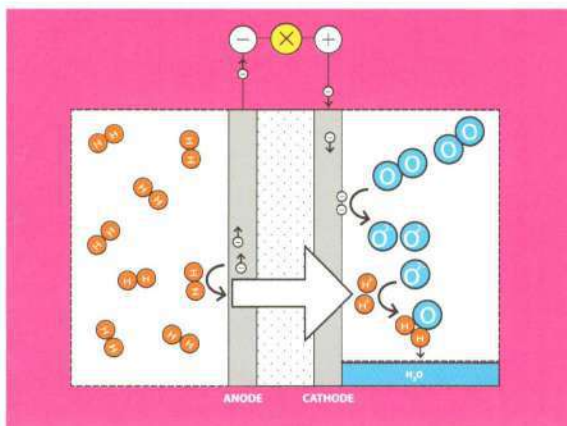


საზღვაო კონტეინერში მოთავსებულ სითბო-ელექტრო ბლოკურ სადგურს კუნძულოვანი სისტემის სახით ან კომბინირებულად შეუძლია ეფექტურად უზრუნველყოს თერმული ან ელექტროენერგია. ქალაქებსა და ცალკეულ რაიონებში მიზანშეწონილია დეცენტრალიზებული თბომომარაგების სისტემების გამოყენება, რომლებიც ელექტროენერგიისა და სითბოს ურთიერთკავშირს იყენებენ. სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურის, როგორც კუნძულოვანი სისტემის გამოყენება კარგი შესაძლებლობაა განცალკევებული რაიონების ერთდროულად დენითა და თერმული ენერგიით ეკონომიური უზრუნველყოფისათვის.

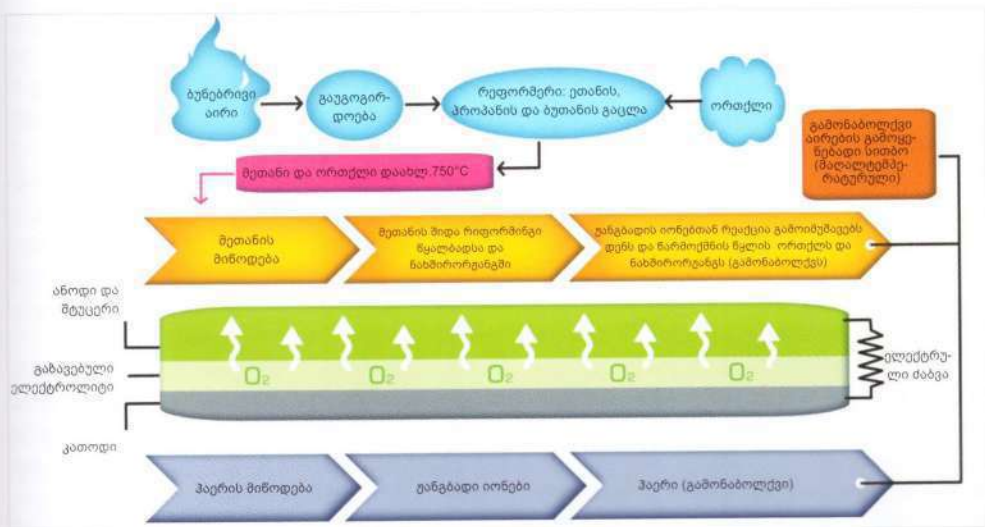
ილუსტრაცია 102:
ბლოკ-ელ. ქვაბი, როგორც
კუნძულოვანი სისტემა.
(წყარო: iStock)

7.3.5. საწვავის ენერგიის გარდამქმნელი ელემენტი

ისევე როგორც სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური (BHKW), საწვავის ენერგიის გარდამქმნელი ელემენტი ერთდროულად აწარმოებს ელ. ენერგიასა და სითბოს. ძირითად განსხვავებას წარმოადგენს ე.წ ცივი წვის პროცესი, რომლის დროსაც წყალბადის და ჟანგბადის ქიმიური რეაქციის შედეგად მიიღება წყალი.



ილუსტრაცია 103:
საწვავის ენერგიის
გარდამქმნელი ელემენტი
(წყარო: Shutterstock)



ილუსტრაცია 104: თერმოელექტრული გენერატორი (გრაფიკა: მტყცელაშვილი, წყარო: <http://www.bluegen.de/de/technologie/brennstoffzellen/wie-funktioniert-eine-brennstoffzelle/02.2017-ის მდგომარეობით>)

ორივე ქიმიური ელემენტის, წყალბადისა და ჟანგბადის შერევით, საწვავის ენერგიის გარდამქმნელი ელემენტი ე.წ. ცივი წვის მეშვეობით წარმოქმნის ელექტროენერგიას და სითბოს. ანოდის მხრიდან ხდება წყალბადის მიწოდება, რომელსაც კატალიზატორი ყოფს დადებით იონებად და უარყოფით ელექტრონებად.

უარყოფითად დამუხტული წყალბადის ელექტრონები გამტარ გარემოში მიემართებიან კათოდისკენ, რის შედეგადაც იკვრება ელექტრული წრედი.

კათოდთან მყოფი დადებითად დამუხტული წყალბადის იონები რეაქციაში შედიან ჟანგბადთან და ერთდებიან წყალის სახით, რის შედეგადაც გამოიყოფა თერმული ენერგია. ქიმიური რეაქციისათვის საჭიროა წყალბადი. საწვავის ენერგიის გარდამქმნელ ელემენტს წყალბადი მიეწოდება ბუნებრივი აირის რიფორმირების (გაკეთილშობილების) შედეგად. ჟანგბადის ართმევა ხდება გარემოს ჰაერიდან. საწვავის ენერგიის გარდამქმნელი ელემენტის ექსპლუატაციისათვის იყენებენ ტრადიციულ ბუნებრივ აირს.

„Power to Gas“-ტექნოლოგია/საწვავის ენერგიის გარდამქმნელი ელემენტის ექსპლუატაცია მზის ენერგიით მიღებული წყალბადით

წყალბადის მიღება შესაძლებელია აგრეთვე რეგენერაციულ ელექტროენერგიაზე მომუშავე ელექტროლიზის მეშვეობით. ელექტროენერგიის წარმოებისათვის გამოიყენება ქარბი ელექტროენერგია, რომელიც იწარმოება CO₂-გამოფრქვევების გარეშე: ქარის გენერატორის, ჰიდროელექტროსადგურის ან მზის ფოტოელექტრული ენერგოსადგურის მეშვეობით. „Power to Gas“-ტექნოლოგიის უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ რეგენერაციული ენერგიის წყალბადად გარდაქმნის შედეგად შესაძლებელია რეგენერაციული ენერგიის დიდი ოდენობით შენახვა და მისი საჭიროებისამებრ გამოყენება. რეგენერაციული ენერგიის გამოყენების უარყოფითი მხარეები კი ასეთია: ქარის ენერგიის გამოყენება ხდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც ქარი ქრის. ფოტოელექტრული დენი დამოკიდებულია მზის გამოსხივებაზე. რეგენერაციული ენერგიის წყაროები უწყვეტად არ არიან ჩვენს განკარგულებაში.



დღესდღეობით არსებობს რეგენერაციული ელექტროენერგიის საცავების შეზღუდული რაოდენობა. სატუმბო ჰიდროელექტროსადგურში ელექტროენერგია გარდაიქმნება პოტენციურ ენერგიად: ქარბი დენის წარმოებისას წყალი გადაიტუმბება მაღლობზე მდებარე წყალსაცავში, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში ის კვლავ ჩამოედინება მაღლობიდან და აამუშავებს ტურბინას ელ.ენერგიის საწარმოებლად.

ელექტროენერგიის შემნახველი აკუმულატორები გამოიყენება მხოლოდ საინჟინრო-ტექნიკურ მასშტაბში. ენერგიის აკუმულატორების ფართომასშტაბიანი გამოყენების შესაძლებლობები შეზღუდულია. რეგენერაციის გზით მოპოვებული დენით (Power to Gas) მიღებული წყალბადი არის მომავლის ალტერნატივა და გამოსავალი არაგანახლებადი ენერგომატარებლებით, ნავთობით, ბუნებრივი აირითა და ნახშირით ენერგომომარაგებისა და მათთან დაკავშირებული CO₂-ემისიების თავიდან ასაცილებლად.

არსებობს პნევმატური და როტაციული აკუმულატორები, რომლებიც ელექტროენერგიას სხვა სახის ენერგიად გარდაქმნიან, ინახავენ და კვლავ აწვდიან მომხმარებელს. როტაციული აკუმულატორის ფართო გამოყენება არ არის შესაძლებელი. აღნიშნული აკუმულატორის ნაკლს წარმოადგენს მისი არასაკმარისად მობილური გამოყენების შესაძლებლობა. რეგენერაციული ენერგიის ფართო გამოყენებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს თხევადი აკუმულირების უნარის მქონე გარემოს ენერგიის მაღალი სიმკვრივით, როგორიცაა მაგ. წყალბადი.

7.3.6. თერმული წყლები

საქართველოში არსებობს თერმული წყლები, რომლებიც თერმული ენერგიის წყაროდ და გათბობის სითბოს მისაღებად გამოიყენება. თერმული ენერგიის გამოყენებით, სითბოს გადაცემის პროცესის მეშვეობით შესაძლებელია გათბობის სითბო და სასმელი თბილი წყლის მიღება. თერმულ წყალს - მას შემდეგ რაც მას აერთმევა თერმული ენერგია - ისევ დავაბრუნებთ ნიადაგში.

გამოყენების ნიმუში 1 - თერმული წყლების მოხმარება:

თბილისის ერთ ნაწილში, კერძოდ კი საბურთალოზე, გეოთერმულ თერმულ წყლებს იყენებენ სითბოს წყაროდ. დღეისათვის გეოთერმული წყლით მარაგდება 78 შენობა. წყაროდან ხდება თერმული წყლის ართმევა და მისი პირდაპირ მიწოდება საცხოვრებელ სახლებში.

იმისათვის, რათა ავამაღლოთ თერმული წყლების პოტენციალი, აუცილებელია, დავზოგოთ თერმული წყლის რესურსები და გამოვიყენოთ თანამედროვე ტექნოლოგიები: დღესდღეობით ჯერ არ არსებობს თერმული წყლის მომარაგების უწყვეტი რეჟიმი. წყლის გამანაწილებელი სისტემის მილსადენებს არ გააჩნია თბოიზოლაცია და ქაბურღილიდან მოპოვებული თერმული წყალი ისევ ქაში კი არ ბრუნდება, არამედ გამოიყენებლად ჩაედინება პირდაპირ კანალიზაციაში.

გამოყენების ნიმუში 2 - თერმული წყლების მოხმარება:

თბილისში არსებობს გოგირდის აბანოები, სადაც იყენებენ თერმულ წყლებს. გამოყენების შემდეგ ეს ნამუშევარი წყალი პირდაპირ ჩაედინება მდინარე მტკვარში, ისე, რომ არ ხდება თერმული წყლის ნარჩენი სითბოს გამოყენება (მაგალითად, სხვა შენობების გასათბობად). შეიძლებოდა სითბოს გადამტანი დანადგარის დამონტაჟება კანალიზაცი-



ის მიღებაში ნარჩენი წყლისათვის თერმული ენერგიის ასრთმევად. ამგვარად მოპოვებულ თერმული ენერგია სითბური ტუმბოებით შეიძლება ავიყვანოთ საჭირო ტემპერატურის დონემდე და შემდგომ გამოვიყენოთ გათბობის მიზნით. ნარჩენი სითბოს წყაროები შესანიშნავად გამოდგება სითბოს წყაროდ სითბური ტუმბვის პროცესებისათვის. უკვე 5-6 წელია, რაც თერმული წყლების ნარჩენი სითბო გამოიყენება სათბურების გასათბობად.

7.4. ტრადიციული, ეფექტური გათბობის სისტემები

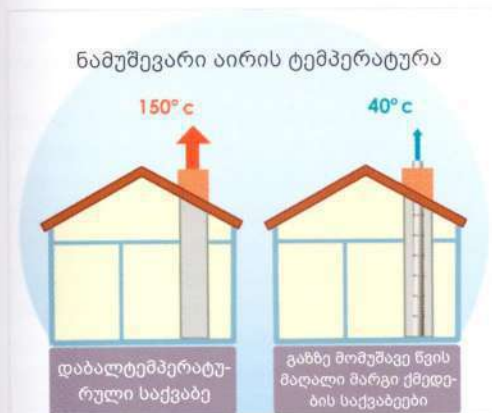
ენერგიაზე ზრდადი ფასები და კლებადი რესურსები სულ უფრო მაღალ მოთხოვნებს აყენებს ეფექტური გათბობის სისტემის მიმართ. გათბობის მოწყობილობების საექსპლოატაციო ხარჯების შესამცირებლად საჭიროა ისეთი გათბობის სისტემები, რომლებიც ენერგომატარებელს სრულფასოვნად გარდაქმნიან გათბობის სითბოდ ან იმუშავებენ რეგენერაციულ ენერგიაზე ან შესაძლებელი იქნება მათი კომბინირება.

უპირატესობა უნდა მიენიჭოს იმ გათბობის სისტემების გამოყენებას, რომლებიც უფრო ეფექტურად მუშაობენ დაბალ სისტემურ ტემპერატურაზე: $55^{\circ}\text{C}/45^{\circ}\text{C}$ და შესაბამისად, დიდფართობიან სითბოს გადამტან ზედაპირებზე. იატაკის გათბობის შემთხვევაში რეკომენდებულია $35^{\circ}\text{C}/28^{\circ}\text{C}$ სისტემის ტემპერატურა.

7.4.1. გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვაბები

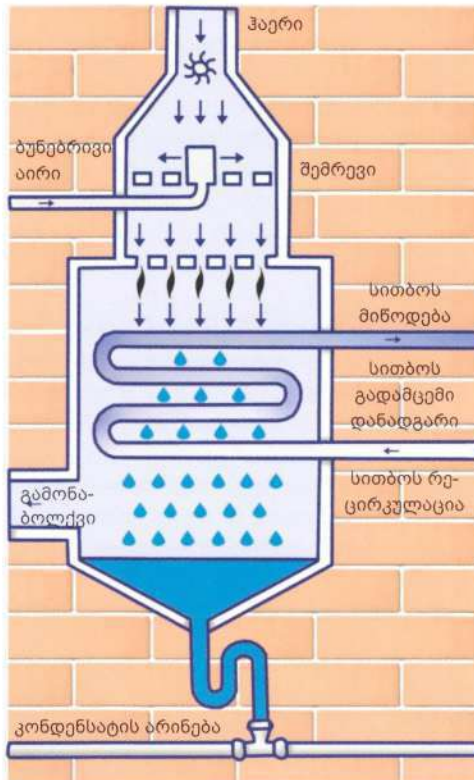
უკვე მრავალი წელია გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვაბები განსაზღვრავენ თანამედროვე ტექნიკის დონეს და გათბობის სისტემების უმეტეს ნაწილსაც ისინი შეადგენენ. ბუნებრივი აირის წვის შედეგად გამოყოფილი ნამუშევარი აირები სტანდარტულ და დაბალტემპერატურულ საქვაბებში ცხელდება 150°C -მდე და გაიტყორცნება გარემოში, ისე, რომ არ ხდება ამ ნამუშევარი აირების თერმული ენერგიის გამოყენება. თანამედროვე გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების

საქვაბები იყენებენ გამონაბოლქვის თერმულ ენერგიას, რომლის დროსაც გამონაბოლქვის გაცივების დროს წარმოქმნილი კონდენსაციის ენერგია უკან მიეწოდება გათბობის სისტემას. ამგვარი წვის სითბოს ეფექტის მეშვეობით გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვაბების მქვ ალწევს 98%-ს. ნამუშევარი აირი ცივდება 40°C ტემპერატურაზე და აქედან გამომდინარე, თერმული ენერგიის 11% -მდე შეიძლება მოპოვებულ იქნას გამონაბოლქვის კონდენსაციის ენერგიის ხარჯზე



ილუსტრაცია 105: გამონაბოლქვის ნაკლები თბური დანაკარგები გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვაბებში (გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი, წყარო: http://www.asue.de/sites/default/files/asue/themen/energie_im_haus/2006/grafiken/grafik_396_f.jpg; 02.2017-ის მდგომარეობით)





გამონაბოლქვის გაგრილების პროცესში ხდება აირში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსირება, რომელიც გამოიყოფა წვეთების სახით. ამიტომ ბუნებრივი აირის საქვაბე მიერთებულია კანალიზაციასთან. სანამ კონდენსატი ჩაედინება კანალიზაციაში, უნდა მოხდეს მისი განეიტრალება. გამონაბოლქვის მილები მზადდება მუავამდეგი პლასტმასისგან, რომლებიდანაც ნამუშევარი აირი ვენტილატორის მეშვეობით გადის გარეთ.

ილუსტრაცია 106: გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვაბის სქემატური გამოსახულება (გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი, წყარო: http://www.asue.de/energie-im-haus/grafiken/brennwerttechnik_mit_integriertem_kondensations-waermetauscher; 02.2017-ის მდგომარეობით)

დაბალტემპერატურულ საქვაბესთან შედარებით, საწვავის ნაკლები მოხმარების გარდა, იგივე გათბობის სითბოს გაცემისას ემისიებიც ნაკლებია. ხმარებაში არსებობენ წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვაბეები ნებისმიერი მწარმოებლურობით 11კვტ.-დან 500 კვტ.-მდე. დაბალი სიმძლავრის მქონე ანუ 100 კვტ.-მდე საქვაბეები შეიძლება კედელზე დასაკიდი და იატაკზე დასადგამი სახით დამზადდეს. > 100 კვტ. სიმძლავრის შემთხვევაში ხდება იატაკზე მდგარი გათბობის ქვაბების დამონტაჟება.

7.4.2. მაზუთზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე საქვაბეები

თანამედროვე ტექნიკის დონეს შეესაბამება მაზუთზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე საქვაბეებიც და განეკუთვნება ტრადიციულ ენერგოეფექტურ გათბობის სისტემებს, რომლებიც ასევე იყენებენ საწვავის წვის შედეგად გამოყოფილი კონდენსატის სითბოს ეფექტს. ნამუშევარ აირში წყლის დაბალი შემცველობის გამო მაზუთზე მომუშავე საქვაბეებს წვის ნაკლები მარგი ქმედება აქვთ: თუმცა თერმული ენერგიის 6 %-მდე მოპოვება მაინც შესაძლებელია გამონაბოლქვში არსებული კონდენსატის ენერგიის მეშვეობით. გამონაბოლქვის მილები მზადდება მუავამდგარი პლასტმასისგან.

ჰელიოთერმული გათბობა ან ჰელიოთერმულ ცხელწყალმომარაგება გვთავაზობს საწვავისა და ემისიების შემცირების კარგ შესაძლებელობას და ამ სისტემების კომბინირება მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე საქვაბეებთან იძლევა შესანიშნავ შედეგს.



7.4.4. ავტონომიური და ცენტრალური გათბობა

ცენტრალური გათბობა თბოელექტროსადგურების მეშვეობით

იმის გათვალისწინებით, რომ თბოელექტროსადგურებს დიდი პოტენციალი გააჩნიათ ცენტრალური გათბობით მომარაგების სისტემაში, საჭიროა მათი აშენება და გამოყენება საცხოვრებელი ბინების გათბობით უზრუნველყოფისათვის. ცენტრალური გათბობის სისტემა არის ეკოლოგიური, ემისიებისგან თავისუფალი ენერგომატარებელი და კლიმატის დაცვის ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტი. ცენტრალური გათბობის მეშვეობით ხდება პირველადი გამოყენებული ენერგომატარებლის ეფექტური მოხმარება-ელექტროენერგიად გარდაქმნა; უკვე წარმოებული თერმული ენერგია გამოიყენება საცხოვრებელი სახლების გასათბობად და არ გაიფრქვევა შხეფსაცხივარიდან გარემოში. ცენტრალური გათბობის სისტემა ძალზე კომფორტულია, ვინაიდან გათბობისთვისაც და ცხელწყალმომარაგებისთვისაც მხოლოდ ერთი სითბოს გადამცემი პუნქტია საჭირო. ამასთანავე, არ არის სავალდებულო გამწოვის ან აირსარიანი მილის მოწყობა.

ცენტრალურად გამომუშავებული ავტონომიური და ცენტრალური გათბობა ენერგოეფექტურია. მას შეუძლია ჩაანაცვლოს ნაკლებად ეფექტური გაზის და მაზუთის გათბობის მრავალრიცხოვანი სისტემები და ხელი შეუწყოს გარემოს დაცვას.

ცენტრალური გათბობა ენერგომატარებლის - ნაგვის მეშვეობით

ალტერნატიულ ენერგომატარებლად ადგილობრივი და ცენტრალური გათბობის სისტემისათვის შეიძლება საწვავის სახით გამოყენებულ იქნას ნაგავი. ნაგავი არის რეგენერატიული ენერგომატარებელი, რომელიც თითქმის განუსაზღვრელი რაოდენობით არსებობს. 1.000 კგ ნაგავი ენერგეტიკულად შეესაბამება 250 ლ მაზუთს და თერმული გადამუშავების (წვის) გზით გარდაიქმნება გასათბობ სითბოდ და ელ.ენერგიად.

ავტონომიური გათბობა სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურის (BHKW) მეშვეობით

ცენტრალური სითბოს გამანაწილებელ სისტემებს, რომლებიც ცენტრალური თბოელექტროსადგურიდან მარაგდება, ენიჭება უპირატესობა დეცენტრალიზებულ მომარაგების სისტემებთან შედარებით, რადგან ცენტრალური გათბობის სისტემა მთლიანობაში გაცილებით ნაკლებ ემისიებს წარმოშობს, ვიდრე მრავალი ცალკეული გათბობის სისტემა. იმ შემთხვევაში, თუ დაიგეგმება ახალი საცხოვრებელი უბნის აშენება, რეკომენდებულია გათბობისა და ელ.ენერგიის სისტემების უზრუნველყოფა სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურის (BHKW) მეშვეობით. ალტერნატივას წარმოადგენს აგრეთვე თბო-ცენტრალი დასახლების თერმული ენერგიით უზრუნველსაყოფად. სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური (BHKW) დეტალურადაა აღწერილი 7.3.4. თავში.

7.5. სითბოს განაწილება

გათბობის სისტემა შედგება სითბოს გენერატორისაგან და სითბოს ტრანსპორტირებისა და სითბოს გადაცემის კომპონენტებისაგან. სისტემის ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია გათბობის სითბოს მწარმოებელი, გამანაწილებელი მილსადენი (ჰორიზონტალური გამანაწილებელი), გათბობის ხაზი (ვერტიკალური გამანაწილებელი) და სითბოს გადამტანი დანადგარი სითბოს გადასატანად.

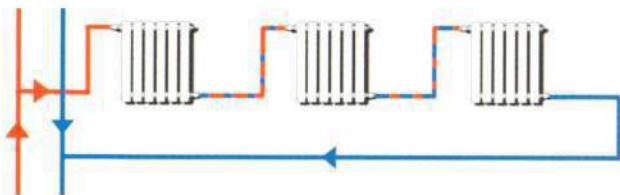


7.5.1. სითბოგადაცემა

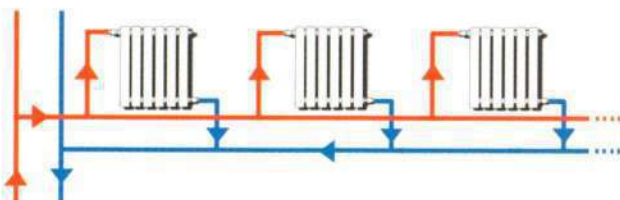
გათბობის სისტემის პირველადი ენერგიის მოხმარება დამოკიდებულია იმ ენერგომატარებლებზე, რომლებზეც ის მუშაობს. მაგ.: ბუნებრივი აირი, მაზუთი, ნახშირი, ელექტროენერგია. ცენტრალური გათბობის დანადგარში ხდება გათბობის სისტემის წყლის წრებრუნვა: ელექტროცირკულაციის ტუმბოების მეშვეობით მილსადენის გავლით წყალი მიეწოდება გათბობის რადიატორს ან იატაკის გათბობას და შემდეგ უკან ბრუნდება. წნევის გამტანაბრებელი რეზერვუარი იღებს გამთბარი წყლის ნაწილს, ანუ არეგულირებს წყლის მოცულობის ცვლილებას მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურების დროს, რათა სისტემაში წნევა მუდამ თანაბარი იყოს.

გათბობის სითბოს გამანაწილებელი სისტემა იყოფა ერთმილიან და ორმილიან გათბობის სისტემებად. ერთმილიანი გათბობის სისტემის დამონტაჟება იშვიათად ხდება, ვინაიდან ის გათბობის სითბოს დიდ დანაკარგებს და ტექნიკური მართვის პრობლემებს იწვევს. ორმილიანი გათბობის სისტემას გააჩნია ის უპირატესობა, რომ თითოეულ რადიატორს მიეწოდება ერთნაირი შემავალი ტემპერატურის მქონე წყალი, ვინაიდან ამ გამანაწილებელ სისტემას ერთმანეთისაგან განცალკევებული - შემავალი და გამომავალი მილები გააჩნია.

ერთმილიანი გათბობის სისტემა



ორმილიანი გათბობის სისტემა



ილუსტრაცია 107: ერთმილიანი და ორმილიანი გათბობის სისტემები (გრაფიკა: მ.ტყემელაშვილი, წყარო: <http://www.co2online.de/energie-spahren/heizenergie-spahren/einrohrheizung/einrohrheizung-nachteile-undfunktionsschema/media/schematische-darstellung-der-rahrsysteme/>; 02.2017-ის მდგომარეობით)

ჰორიზონტალური განაწილება

ასხვავებენ გათბობის წრიულ და ქსელურ სისტემებს:

- წრიულ სისტემა წარმოადგენს შემავალი და გამომავალი მილებისგან შედგენილ წრეს, რომელზეც მიერთებულია რადიატორები
- ქსელური სისტემა ამარაგებს რადიატორებს ცენტრალური სართულებსშორისი გამანაწილებლის მეშვეობით. დადებითი მხარე: სართულებსშორისი გამანაწილებელი აღჭურვილია სითბომზომით.



სითბოს გამანაწილებელი სისტემის დანაკარგები

სითბოს გამანაწილებელი სისტემის დანაკარგები გამოწვეულია სითბოს მიმწოდებელი გაყვანილობების არასაკმარისი იზოლაციით. დეცენტრალიზებული ინდივიდუალური ღუმელების ცენტრალურ თბომანაწილებლად გადაკეთების დროს ხშირად ხდება სითბოს მიმწოდებელი გაყვანილობების გარე კედელში გაყვანა იზოლაციის გარეშე. ეს იწვევს მაღალ თბურ დანაკარგებს გარე კედლიდან, რის შედეგადაც გათბობის ენერგია არასრულფასოვნად მიეწოდება რადიატორებს.

7.5.2. სათბობი ხელსაწყოები

რადიატორები

თუჯის ან ფოლადის რადიატორები მზადდება ცალკეულ სექციების სახით, რის გამოც მათ სექციებიან რადიატორებსაც უწოდებენ. ამ რადიატორებს სითბოს განაწილებისას გააჩნიათ სითბოს გამოსხივების მაღალი უნარი და კონვექციის დაბალი მაჩვენებელი.



ილუსტრაცია 108: თუჯის და ფოლადის რადიატორი (ფოტო: პ. რაიფი)

ხშირად რადიატორები ესთეტიკური მოსაზრებებით, აღჭურვილია სპეციალური გარსაცმით. რადიატორის გარსაცმი წინააღობას უქმნის რადიატორიდან მოდიინებულ გამთბარ ჰაერს, ამასთან ერთად, მცირდება გამოსხივების სითბოს წილიც. რადიატორის გარსაცმი უარყოფითად მოქმედებს სითბოს გადაცემაზე და შედეგად ზრდის გათბობის ენერგიის მოხმარებას.



ილუსტრაცია 109: გათბობის რადიატორის გარსაცმი (ფოტო: პ. რაიფი)



იგივე ეხება ფარდებსა და ავეჯს, რომლებიც ეფარებიან რადიატორს: კონვექციური თბოგადაცემის წილი და გამოსხივების სითბოს წილი მცირდება, რაც ზრდის ენერგობაზრებს.

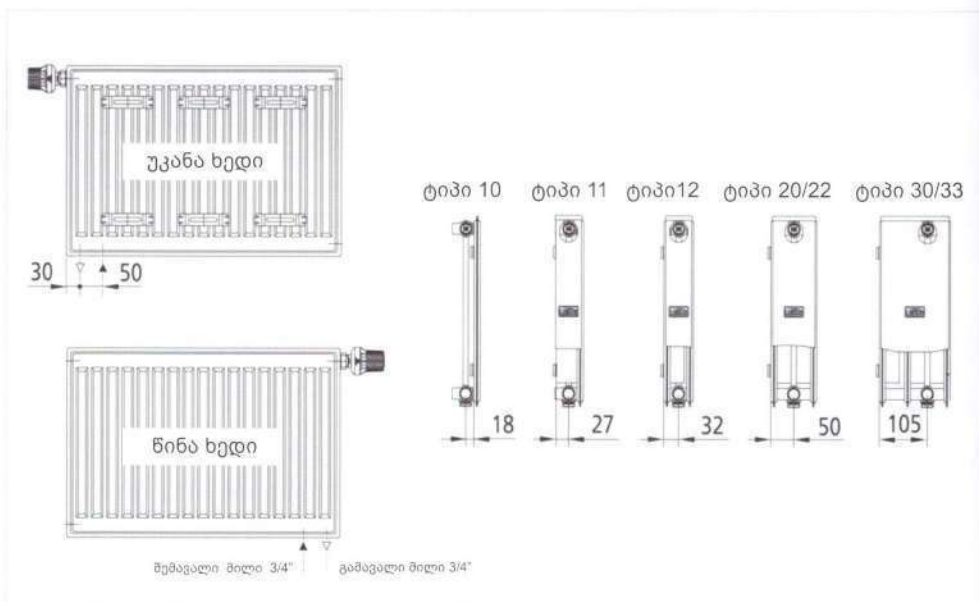


ილუსტრაცია 110:
პანელური რადიატორი
(ფოტო: პ. რაიფი)

პანელური რადიატორი

პანელური რადიატორი შედგება გლუვი ან დაპროფირებული თუნუქის ფურცლისაგან და განეკუთვნება ბრტყელ რადიატორებს. პანელურ რადიატორში ჩაედინება თბილი წყალი. მისი პანელები გასცემენ სითბოს ოთახში. გარდა ამისა, რადიატორის პანელებს შორის არსებული თუნუქის ფურცლები გასცემენ კონვექციურ სითბოს ოთახში. რადიატორში, რომელსაც აქვს სამი პანელი და ორი ფირფიტოვანი რიგი, გამოსხივების სითბოსა და კონვექციური სითბოს წილები თანაბარია.

პანელებისა და ფირფიტების რაოდენობის მიხედვით იცვლება პანელის გამათბობელი ელემენტის სისქე. ზომების (სიმაღლე, სიგანე, სიღრმე) შეცვლით შესაძლებელია პანელური რადიატორის სიმძლავრის ინდივიდუალური მორგება ოთახზე.



ილუსტრაცია 111: პანელური რადიატორი (წყარო: Kermi GmbH)

იატაკის ან კედლის გათბობა

იატაკის და კედლის გათბობით შესაძლებელია სითბოს დიდ ფართობზე გადაცემა, რომლის უზრუნველყოფა ხდება დაბალი სისტემური ტემპერატურებით. ორივე ტიპის გათბობა მონტაჟდება მომხმარებლისათვის უჩინრად - იატაკის საფარის ქვეშ ან სათავსის შიდა ბათქაშის ქვეშ.

იმისათვის, რომ იატაკში ან გარე კედელში ჩაშენებული გათბობის თბური ენერგია პირველ რიგში ოთახს მიეწოდოს, აუცილებელია იატაკის გათბობის ქვედა მხრიდან ან კედლის გათბობის შემთხვევაში, ოთახისგან მიქცეულ, გაუმთბარ მხარეს, მოეწყოს თერმოიზოლაცია.



ილუსტრაცია 112:
იატაკქვეშა გათბობა
(წყარო: iStock)

იატაკის გათბობას აგებენ მოჭიმვის ქვეშ და მისი მასის გამო ის ნელა რეაგირებს ტემპერატურის ცვლილებაზე. ოთახის სწრაფ გადახურებას ხელს უწყობს აგრეთვე მზის გამოსხივების შედეგად სითბოს შემოდინება დიდი ფართობის მქონე ფანჯრებიდან, თუ შემოსული სითბოს და იატაკის გათბობის სითბოს მოდინება ერთდროულად ხდება.

იატაკის გათბობის გასათბობი ზედაპირები შეიძლება გათბობის რამდენიმე წრედად დაიყოს. მართვის პულტის მეშვეობით ხდება ოთახების გასათბობი სიმძლავრეების მორგება ოთახის თბურ მოთხოვნილებაზე. გარდა ამისა, ოთახები აღჭურვილია თერმოსტატებით, რომელთაც ოთახის სასურველი ტემპერატურის მიხედვით აყენებენ.



ილუსტრაცია 113: მართვის პუნქტი
და გამანაწილებელი იატაკის გა-
თბობისათვის (ფოტო: ჯ. რაიფი)



ჰაერით გათბობა

ჰაერით გათბობისას თბომატარებლად გამოიყენება ჰაერი და იგი საჰაერო არხებით მიეწოდება შესაბამის სათავსებს ვენტილატორის მეშვეობით. ჰაერის დაბალი კუთრი სითბოტევადობის გამო ეს სისტემა ძირითადად შეეფერება სრული თბოიზოლაციისა და ძალზე დაბალი თბური დატვირთვის მქონე შენობებს.

ჰაერით გათბობის სისტემა მუშაობს სხვადასხვაგვარ სითბოს გენერატორებით, როგორცაა პელეტებით გათბობა, ბუნებრივი აირის საქვაბე, თბური ტუმბო. ამ გათბობის სისტემის უპირატესობა იმაშია, რომ ხელმისაწვდომია გარე ჰაერის შერევა მისაწოდებელ გამთბარ ჰაერთან, შესაძლებელია ჰაერის გაფილტვრა და არ არის საჭირო გამათბობელი რადიატორების დამონტაჟება.

ინდივიდუალური ღუმელები/პელეტის ღუმელები

ინდივიდუალურ ღუმელებს შეუძლიათ ცენტრალურ გათბობაში ჩაანაცვლონ ტრადიციული ენერგომატარებლები, თუ მაგალითად შეშას გამოვიყენებთ, როგორც განახლებად ენერგომატარებელს. ნარგავების გაფრთხილების მიზნით, სასურველია, პელეტებზე მომუშავე ღუმელი აღჭურვილი იყოს წყლის ავზებითაც და მიერთებული იყოს გათბობის გამანაწილებელ ქსელებზე.

ელექტროგამათბობლები

არ არის რეკომენდებული ინდივიდუალური ელექტროღუმელების გამოყენება, რადგან ისინი ძვირადღირებულ ენერგომატარებელზე - დენზე მუშაობენ, რომელიც თავის მხრივ, დიდი დანაკარგების მქონე ნახშირისგან, გაზის, ნავთობისა და ატომური



ელ.ენერგიიდან ელექტროენერგიად გარდაქმნის პროცესის შედეგად მიიღება, ხოლო შემდეგ გარდაიქმნება სითბოდ. მრავლმხრივი გარდაქმნის პროცესის გამო ელექტროენერგიას გააჩნია პირველადი ენერგიის ხარჯის მაღალი კოეფიციენტი და ამიტომ არ უნდა იქნას გამოყენებული გათბობის მიზნით, გარდა იმ შემთხვევებისა, როდესაც დენი მიიღება წყლის, ქარისა და მზის ენერგიის რეგენერაციის გზით.

ილუსტრაცია 114:
ელექტრო გამათბობელი
(წყარო: iStock)

7.5.3. გათბობის ტუმბოები ელექტრონული მართვით

ტუმბოები ცხელწყალმომარაგების სისტემისათვის საოჯახო მეურნეობაში ყველაზე მეტ ელექტროობას მოიხმარენ, ვინაიდან ისინი ხშირად ჩართულნი არიან მუშაობის ყველაზე მაღალ რეჟიმზე და თანაც 365 დღე წელიწადში. ძველი ტუმბოების გამოცვლით და მათი სწორად შერჩევით, ცხელწყალმომარაგების მოთხოვნილების შესაბამისი კარგი რეგულირებით, დავზოგავთ ენერგიასა და ფულს და ტუმბოს ხარჯის ამოგებაც შესაძლებელი გახდება უკვე ერთი წლის შემდეგ. ელექტრონულად მართვადი გათბობის ტუმბოები შეესაბამება თანამედროვე ტექნიკის დონეს და, როგორც წესი, მათი შეცვლა არ არის დაკავშირებული დიდ ხარჯებთან.





ილუსტრაცია 115: ელექტრო-მართვადი
თბური ტუმბოები (ფოტო: ჯ. რაიფი)

7.5.4. თერმოსტატები

თერმოსტატები ემსახურებიან ოთახის ტემპერატურის დარეგულირებას, ისინი პირდაპირ არიან დაკავშირებული რადიატორების ვენტილებთან და შეუძლიათ მათი ავტომატურად დარეგულირება. თერმოსტატის მარეგულირებელი თავის მეშვეობით შესაძლებელია ოთახში ნებისმიერი ტემპერატურის მიღება. ელექტრომონოზობილობებიდან დამატებითი სითბოს მოდინების შემთხვევაში, ასევე მზის სითბოს მოდინების დროს, თერმოსტატი დასწევს ტემპერატურას და რადიატორი აღარ გასცემს ზედმეტ სითბურ ენერგიას ოთახში. ქვეყანი თერმოსტატები განიავებისას ამცირებენ რადიატორების მუშაობას, რის შედეგადაც აღარ იკარგება ზედმეტი გათბობის სითბო მისი გარე ჰაერში გადინებით.



ილუსტრაცია 116: ჩვეულებრივი
თერმოსტატის თავი
(ფოტო: ჯ. რაიფი)



ძალიან კომფორტულია დროის მიხედვით დასარეგულირებელი თერმოსტატები, რამდენადაც ისინი ოთახის ავტომატურ გათბობას წინასწარ დაპროგრამებული გეგმის მიხედვით უზრუნველყოფენ. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ წინასწარი დაპროგრამირების მეშვეობით ისინი იძლევიან განსაზღვრულ დროსა და განსაზღვრულ ტემპერატურაზე ოთახის გათბობის შესაძლებლობას.



ილუსტრაცია 117:
დროის მიხედვით
რეგულირებადი თერმოსტატი
(წყარო: iStock)

სმარტფონით დასარეგულირებელ თერმოსტატებთან წვდომა და ოთახის კლიმატის სპონტანური დარეგულირება შეიძლება დედამიწის თითქმის ნებისმიერი ადგილიდან. თერმოსტატი გარდამქმნელით დაკავშირებულია დისტანციურ გადამცემთან და იმართება უსადენო ინტენეტ-ქსელის (WLAN) მეშვეობით.



ილუსტრაცია 118:
სმარტფონით
დასარეგულირებელი
თერმოსტატი
(წყარო: iStock)

7.6. გათბობის სისტემები განსხვავებული თბოგადამტანებით

შენიშნავს, როგორც წესი, ათბობენ ცენტრალური სითბოს გენერატორით, სითბოს განაწილება და მიწოდება კი ხდება წყალსადენის სისტემით. შენობის გათბობა შეიძლება აგრეთვე დეცენტრალიზებული ავტონომიური ღუმელებით. ასევე შესაძლებელია, ერთი ან რამდენიმე შენობის თბოენერგიით უზრუნველყოფა ადგილობრივი ან ცენტრალური გათბობის ქსელით.

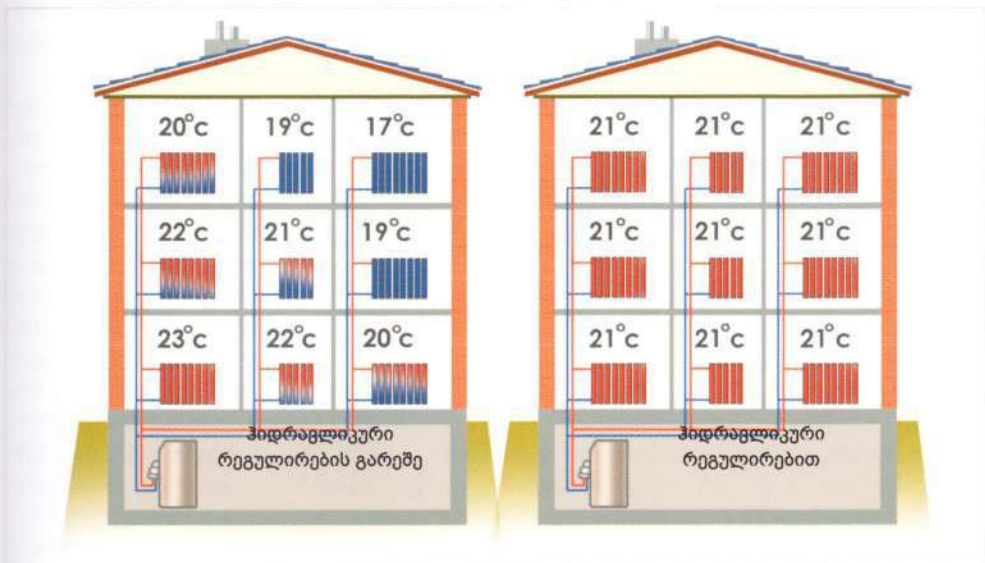


გათბობის სისტემების კლასიფიკაცია შეიძლება თბოშემცველის მიხედვით მოხდეს შემდეგნაირად :

წყლით გათბობის სისტემა

წყლით გათბობის სისტემაში თბოშემცველი არის წყალი. როგორც წესი, გათბობის სისტემაში წყლის ცირკულაციას ახდენს ელექტროტუმბო. გათბობის სისტემის ეკონომიური და ეფექტური ექსპლუატაციისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მილგაყვანილობის ქსელის გაანგარიშებას და გათბობის ვერტიკალური ხაზისა და გამანაწილებელი ხაზის პარამეტრების განსაზღვრას. იმისათვის რომ არ მოხდეს გასათბობი სათავსების სითბოთი ჭარბი მომარაგება ან პირიქით, სითბოს დაკლება, აუცილებელია გათბობის გამანაწილებელი სისტემის ჰიდრავლიკური გათანაბრება.

ჰიდრავლიკური გათანაბრება უზრუნველყოფს, რომ გათბობის ყველა რადიატორს, მათ შორის ობიექტში ყველაზე მოშორებულსაც კი, თანაბრად მიეწოდოს თბოენერგია, ხოლო თბოგენერატორთან ყველაზე ახლოს მდებარე რადიატორი არ გადახურდეს. რადიატორის სარქველების ხმა და მასთან დაკავშირებული ჰიდრავლიკური წინაღობა უნდა აღმოიფხვრას, რის შედეგადაც ელექტროტუმბო მოიხმარს ნაკლებ ენერგიას. ამის გარდა, გაიზრდება ტემპერატურული სხვაობა მიმწოდება-დაბრუნებას შორის და შესაძლებელი გახდება წვის სითბოს უკეთესად გამოყენება: გათბობის ამ სისტემას შეუძლია სითბოს ეფექტურად და ეკონომიურად გამომუშავება.



ილუსტრაცია 119: ჰიდრავლიკური გათანაბრება (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი, წყარო: <http://www.energiwelt.de/web/cms/de2034122/energieberatung/heizung/heizung-einstellen/hydraulischer-abgleich/>; 02.2017-ის მდგომარეობით)

ჰიდრავლიკური გათანაბრების გაანგარიშება ხდება პროგრამული უზრუნველყოფის მეშვეობით, რომელიც სპეციალურად ამ მიზნით შემუშავდა, მაგალითად:

- Optimus von Hottgenroth
- Easyplan von Heimeier



ორთქლით გათბობა

ორთქლით გათბობა მუშაობს თბოშემცველით - წყლის ორთქლი. სითბოს წყაროს წარმოადგენს ორთქლის ქვაბი. გამათბობლებად ამონტაჟებენ თუჯის რადიატორებს. ეს სისტემა სწრაფად ხურდება და რადიატორებიც არ არის დიდი. ექსპლუატაციის დროს რადიატორის ზედაპირი ძლიერად ხურდება. ორთქლის გამათბობლებს ძირითადად იყენებენ სამრეწველო ნაგებობების (პავილიონების) გასათბობად, რომლებიც წარმოქმნიან ტექნოლოგიურ ორთქლს ან გააჩნიათ ორთქლის ქვაბ-უტილიზატორი.

ელექტროგათბობა

ელექტროგათბობა გარდაქმნის ელექტროენერგიას თბურ ენერგიად. არსებობს ღია ელექტროდანადგარები ჰაერთან პირდაპირი კონტაქტით და დახურული დანადგარები, გამათბობლები, რომლებსაც გადააქვთ სითბო თერმოზეთის ან წყლის მეშვეობით გათბობის რადიატორის ზედაპირზე.

ელექტროგათბობას შეუძლია იატაკის ან კედლის გათბობის სახით სითბოს მიწოდება. ეს ალტერნატიული შესაძლებლობაა იმ შემთხვევაში, თუ საკმარისი რეგენერაციული ელ.ენერგიაა ჩვენს განკარგულებაში. ანუ, თუ ენერგია მოიპოვება წვის გარეშე: მზის, ქარის ან ჰიდროენერგიის მეშვეობით, მაშინ ელექტროგათბობა ითვლება ეკოლოგიურ გათბობის სისტემად და წარმოადგენს ზემოთ აღწერილი ენერგოსისტემების ალტერნატივას. ხოლო, თუ ელექტროენერგია ტრადიციულად ნახშირით, ნავთობითა და გაზით მიიღება, ამ შემთხვევაში ელექტროგათბობა არ არის რეკომენდებული.

ელექტროგათბობის დადებითი მხარეა: არის უხმაურო და არ საჭიროებს სეზონურ ტექმოსახურებას.

ელექტროგათბობის ძირითადი უარყოფითი მხარეა: ფასი ელექტროენერგიაზე და მაღალი ენერგოხარჯები, რომლებიც დაკავშირებულია ელექტროენერგიის წარმოებასა და ტრანსპორტირებასთან.

7.7. თბური დატვირთვის გაანგარიშება

თბური დატვირთვის გაანგარიშება აუცილებელია, რათა ყოველი ადგილმდებარეობისათვის ობიექტის სითბოს გენერატორის სიმძლავრე განისაზღვროს გარე ჰაერის ნომინალური ტემპერატურიდან გამომდინარე. გარე ჰაერის ნომინალური ტემპერატურა გვიჩვენებს ყველაზე დაბალ ორი დღის საშუალო ტემპერატურას, რომელიც 20 წლის მანძილზე 10-ჯერ იქნა მიღწეული ან მის ქვემოთ დაეშვა. მაგალთად, ქალაქ კიოლნში გარე ჰაერის ნომინალური ტემპერატურა შეადგენს -10°C .

გათბობის დატვირთვის გაანგარიშებამ უნდა უზრუნველყოს ის, რომ გარე ჰაერის ნომინალური ტემპერატურის შემთხვევაშიც კი ოთახებში მათი გამოყენების შესაბამისად უნდა მიაღწიოს :

- საცხოვრებელი ოთახის ტემპერატურამ: 20°C
- სააბაზანოს ტემპერატურამ: 24°C
- დერეფანის ტემპერატურამ: 15°C

სათავსების გათბობის დატვირთვის გაანგარიშებისათვის განმსაზღვრელია თბოდანაკარგები შენობის გარე შემოზღუდვი კონსტრუქციებიდან და სავენტილაციო სისტემებიდან, ასევე გაუონვისა და სათავსში საჭირო ჰაერცვლის გამომიღებული დანაკარგე-



ბი. ამას ემატება დანაკარგები ქარიანი ადგილმდებარეობის შემთხვევაში, სითბური დანაკარგები გრუნტის წყლებთან სიახლოვის გამო და მიწასთან შეხებაში მყოფი ზედაპირებიდან, აგრეთვე დანაკარგები სითბური ხიდეებიდან.

გათბობის დატვირთვის გაანგარიშება ხდება EN 12831-ის თანახმად. ერთ-ან ორბინიანი სახლებისათვის გამოითვლება მარტივი მეთოდით, ხოლო უფრო დიდი შენობები-სათვის დეტალური გეგმის თანახმად შეიძლება გამოითვალოს.

7.8. გაგრილების დატვირთვის გაანგარიშება

გაგრილების დატვირთვაში იგულისხმება სათავსის თბური დატვირთვა, რომელიც შედგება შემდეგი ფაქტორებისაგან:

- მეტეოროლოგიურად განპირობებული გარე თბური დატვირთვა
- შიდა თბური დატვირთვა

გარე თბურ დატვირთვებზე დიდ ზეგავლენას ახდენს მზის სითბოს მოდინება ფანჯრებიდან. ამიტომ, სათავსის ორიენტაციიდან გამომდინარე, დიდი მნიშვნელობა აქვს მზისგან კარგ დაცვას. შენობის გაუმჭვირვალე ნაწილებიდან შემოღწეული სითბო - მათი აკუმულირების უნარიდან გამომდინარე - შედარებით გვიან აღწევს ოთახში. ამას ემატება თბური დატვირთვა მაღალი ტემპერატურის მქონე მომიჯნავე ოთახებიდან.

ფანჯრების გარედან დაჩრდილვის მეშვეობით შეგვიძლია თავიდან ავიცილოთ სითბოს შემოდინება და შევამციროთ გაგრილების დატვირთვა.

შიდა სითბური დატვირთვა შედგება ადამიანების მიერ გამოყოფილი სითბოსაგან, ასევე ელექტრომოწყობილობების, მაგ.: განათების, კომპიუტერული ტექნიკის, სასმელების ავტომატების მიერ, აგრეთვე სხვა პროცესების შედეგად გამოყოფილი სითბოსაგან. ადამიანების მიერ გამოყოფილი სითბო დამოკიდებულია მათ საქმიანობებზე. ფიზიკურად დაუტვირთავი ადამიანის მიერ გამოყოფილი სითბო 20°C-ზე შეადგენს 120 ვტ-ს, ხოლო მძიმე ფიზიკური შრომისას - 270 ვტ-ს. განათების სითბური დატვირთვა შედგება მისაყვანი სიმძლავრისა და დაკარგული სიმძლავრისაგან.

7.9. ბინის ვენტილაცია/ჰაერცვლა ბინაში

ბინის ვენტილაცია საჭიროა, რათა უზრუნველყოთ ბინის ნესტისაგან დაცვა და მოვახდინოთ საჭმლის მომზადების, სარეცხის გაშრობის, ბანაობის, მცენარეების და აკვარიუმის არსებობის შედეგად გამოწვეული ტენის დატვირთვის არინება გარე ჰაერში. ოთახებში ჰაერის მაღალი ტენიანობის არსებობამ შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული კონსტრუქციული ზიანი.

შენობის ნაწილებზე კონდენსატის წარმოქმნა და მისი ზიანი დეტალურადაა აღწერილი 6.11-დან 6.15-მდე თავებში.

მისაღებ და საძინებელ ოთახებში სავალდებულოა სისტემატური ვენტილაცია, ვინაიდან მცენარეებითა და ტენის სხვა წყაროებიდან ხდება ოთახის ჰაერის ტენით გაჯერება.

ვინაიდან ტენის განსაკუთრებით დიდი დატვირთვა მოდის სამზარეულოსა და სააბაზანოზე, შესაბამისად უნდა მოხდეს მისი რაც შეიძლება სწრაფად არინება. თუ აბაზა-



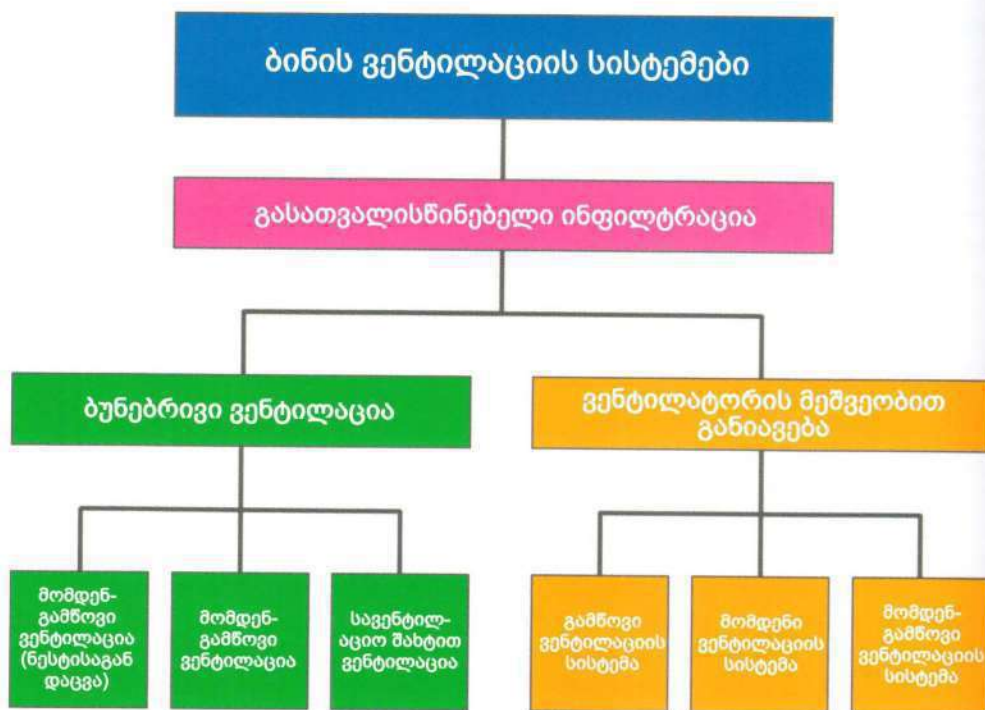


ნას არ გააჩნია ფანჯარა, საჭიროა დამონტაჟდეს გამწოვი ვენტილატორი ტენიანობის სენსორით, რომელიც ტენის სრულყოფილ განიავებას უზრუნველყოფს.

ილუსტრაცია 120:

აბაზანის ვენტილატორი სინესტის სენსორით.
(წყარო: მ.ტყეშელაშვილი)

გარდა ტენისაგან დაცვისა, ვენტილაცია ითვალისწინებს სანიტარულ-ჰიგიენურ ასპექტებსაც. ვენტილაციამ სათავსიდან უნდა განდევნოს ნახშირორჟანგი, ჰაერის დაბინძურებლები, შეთივტივებული ნივთიერებები, ცუდი სუნი და აქროლადი ორგანული ნაერთები. ავეჯი, ქსოვილები და საღებავები შეიძლება შეიცავდნენ აქროლად ნივთიერებებს, რომლებიც ჰაერში გადადიან და საშიში არიან ჯანმრთელობისათვის. მაგ., ნახშირორჟანგი არის უსუნო და იწვევს თავის ტკივილსა და გულისრევას.



ილუსტრაცია 121: სავენტილაციო ტექნიკის სისტემები. (წყარო: www.tzwl.de)



ბინის ავტომატიზებული ვენტილაცია

თუ ბინის მაცხოვრებელი ვერ უზრუნველყოფს ვენტილაციას, არსებობს ვენტილაციის პროცესის ავტომატიზების შესაძლებლობა. ყველაზე მარტივი მეთოდია გამწოვი სისტემა, რომელიც შეიწოვს ჰაერს ცენტრალური ადგილიდან და გაიტანს მას გარემო ჰაერში. იმისათვის, რომ მოხდეს სუფთა გარე ჰაერის შემოღინება, საჭიროა გარე ჰაერის შემოსაშვები მოწყობილობების არსებობა, რომელთა დამონტაჟება სასურველი ვენტილაციის კონცეფციისა და ჰაერცვლის შესაბამისად შესაძლებელია ფანჯრებში, ასახვევი ჟალუზების გარსაცმში ან გარე კედლებში.

მეორე ვარიანტია ბინის ვენტილაციის სისტემა რეკუპერაციით, როდესაც საბაზაზონო, საპირფარეშოსა და სამზარეულოს ჰაერის გარეთ გაიწოვება და მისაღებ და საძინებელ ოთახებს სუფთა ჰაერი მოეწოდება. იმისათვის, რათა მისაღებ და საძინებელ ოთახებში შემოედინოს არა ცივი გარე ჰაერი, არამედ წინასწარ შემთბარი, მისი შეთბობა ხდება თბომცვლეულის მეშვეობით. თბოგადამცემი ართმევს სითბოს აბაზანიდან, ტუალეტიდან და სამზარეულოდან გარეთ გაწოვილ ჰაერს და მის 85%-ს გადასცემს გარედან შემოტანილ სუფთა ჰაერის ნაკადს. ამის შედეგად ვენტილაციის სითბური დანაკარგები მკვეთრად შემცირდება და კომფორტული ვენტილაცია მაინც ხორციელდება.

ვენტილაციის გეგმა DIN 1946-6-ის თანახმად

გერმანიაში მოქმედებს სტანდარტი საცხოვრებელი ბინების განიავების შესახებ. DIN 1946-6 თანახმად, ვენტილაციის გეგმის შედგენა საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ ხდება ფანჯრების ერთი მესამედზე მეტის ან სახურავის მთლიანად განახლება და ამ გზით შენობის ჰერმეტიზაცია. სტანდარტი მოითხოვს დასაბუთების წარდგენას ვენტილაციის ოთხი საფეხურისთვის. ეს საფეხურებია:

ვენტილაცია ტენიანობისაგან დასაცავად

საბაზისო ვენტილაცია ტენიანობისაგან დაზიანების თავიდან ასაცილებლად. ეს საფეხური უზრუნველყოფილ უნდა იქნას მუდმივ რეჟიმში, მაცხოვრებლის მონაწილეობის გარეშე.

შემცირებული ვენტილაცია

აუცილებელი დამატებითი ვენტილაცია - მავნე ნივთიერებებით საშუალო დაბინძურების შემთხვევაში სანიტარულ-ჰიგიენური მინიმალური დონის დასაკმაყოფილებლად. ეს საფეხური შეძლებისდაგვარად უზრუნველყოფილ უნდა იქნას მომხმარებლისაგან დამოუკიდებლად.

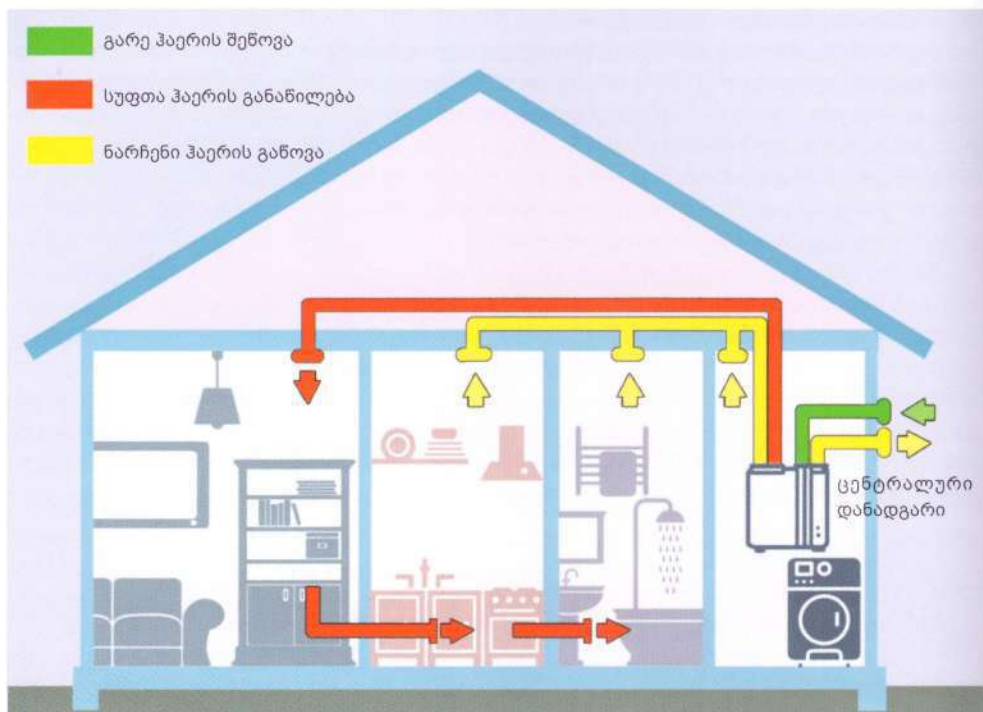
ნორმალური ვენტილაცია

გულისხმობს აუცილებელ ვენტილაციას სანიტარული და ჰიგიენური მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, აგრეთვე სამშენებლო კონსტრუქციის დაცვას ნორმალური მოხმარების პირობებში. აქ შესაძლებელია მაცხოვრებლის ნაწილობრივი მონაწილეობა, რაც გულისხმობს ფანჯრიდან აქტიურ განიავებას.

ინტენსიური ვენტილაცია

ამცირებს პიკურ დატვირთვებს (მაგ.: საჭმლის მომზადება, რეცხვა). აქაც შესაძლებელია მაცხოვრებლის ნაწილობრივი ჩართულობა, რაც გულისხმობს ფანჯრიდან აქტიურ განიავებას. სტანდარტი DIN 1946-6 მიუთითებს მაცხოვრებელს, რა სახის ჰაერცვლაა საჭირო. სტანდარტი საშუალებას აძლევს მაცხოვრებელს ან სახლის მფლობელს, თავად მიიღოს გადაწყვეტილება ვენტილაციის გეგმის განხორციელების შესახებ.





ილუსტრაცია 122. ბინის ვენტილაციის სისტემა რეკუპერაციით. (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი, წყარო: www.RWE.com)

პროგრამული უზრუნველყოფა ვენტილაციის გეგმის შესადგენად თანახმად DIN 1946-6

ბინების ვენტილაციის ფედერაციული ასოციაცია გვთავაზობს ვენტილაციის გეგმის შედგენისა და გამოთვლის პროგრამას Vfw. გარდა ამისა, მრავალი მწარმოებელი უფასოდ გვთავაზობს პროგრამულ უზრუნველყოფას ვენტილაციის გეგმის შესადგენად.

7.10. ინოვაციური განახლებადი ენერგიის გამოყენება

ქვემოთ მოყვანილ მაგალითებში წარმოდგენილია ინოვაციური რეგენერაციული ენერგიის გამოყენების ტექნიკა, რომლის განხორციელებაც შესაძლებელია საქართველოშიც.



თაღედები მდ. ელბაზე ქ. ჰამბურგის საპორტო ქალაქში

ილუსტრაცია 123: თაღედები მდ. ელბაზე, Greenpeace Energy. (წყარო: iStock)

ამ შენობის მთავარი იდეის - მდგრადი განვითარებისა და ენერგოეფექტურობის სიმბოლოს წარმოადგენს სახურავზე განლაგებული ქარის სამი გენერატორი. კონცეფცია მუშაობს ისეთი პასიური ელემენტებით, როგორიცაა გეოთერმული რესურსების გამოყენება ენერგოხიმიკების, საგანგებოდ იზოლირებული ფასადისა და იზოლირებული სამ-მაგი შეშინვის კომბინაციის მეშვეობით. ფოტოელექტრო ელემენტების პანელები, რომლებიც განლაგებულია სახურავის დიდ ფართობზე, ქარის გენერატორთან ერთად უზრუნველყოფს შენობის, როგორც „მზის ელექტროსადგურის“ მუშაობას ჰამბურგის საპორტო ქალაქის შუაგულში (დანვრილებითი აღწერა იხ. 13.2.10 თავში).

BIQ , წყალმცენარეების სახლი ქ.ჰამბურგში



ილუსტრაცია 124: BIQ წყალმცენარეების სახლი ქ. ჰამბურგში.
(წყარო: iStock)

წყალმცენარეების სახლისათვის 1,2 სმ სისქის აკვარიუმებში გამოიყენება ფირფიტისებური რეაქტორები წყალმცენარეების გამოსაზრდელად. აკვარიუმების საერთო მოცულობა შეადგენს დაახლ. 4000 ლიტრს და ფარავს სახლის ორ მხარეს. კარგ პირობებში, ანუ ოპტიმალური ტემპერატურისა და სინათლის ოპტიმალური განათების დროს, ამგვარ მოწყობილობაში შესაძლებელია 1-2 კვირაში 2-6 გ/ლ წყალმცენარეების ბიომასის მოპოვება, ანუ, ამ შემთხვევაში, მთლიანობაში, მიიღება 8-24 კგ.

მოსავლის აღების შემდეგ წყალმცენარეებს გადაამუშავებენ ენერგომომხმარებლისათვის: წყლის აუზში მოგროვებული წყალმცენარეებს თავსდება რეზერვუარში და სპეციალური ბაქტერიების მეშვეობით ხდება მათი ფერმენტაცია. ფერმენტაციის შედეგად გამოიყოფა მეთანი, რომელიც შემდგომ გამოიყენება, როგორც საწვავი. (დანვრილებითი აღწერა იხ. 13.6.6. თავში).



სწრაფმზარდი ხეების პლანტაციები (KUP) ხის ნაფოტების მოსაპოვებლად

ილუსტრაცია 125:
სწრაფმზარდი ხეების პლანტაციები.
(წყარო: ttz-bremerhaven.de)



სწრაფმზარდი ხეების პლანტაციებში იგულისხმება სწრაფად მზარდი ხის ჯიშების გაშენება სასოფლო-სამეურნეო ფართობზე, რომელთაც გააჩნიათ ჭრა-კაფვის მცირე დრო. აღნიშნულ ბიომასას იყენებენ სხვადასხვა მასალის მისაღებად, მაგალითად ქაღალდის, ცელულოზისა და ხის გადამამუშავებელ საწარმოებში. თუმცა უმეტესად მას იყენებენ ხის ნაფოტებისაგან ენერგიის საწარმოებლად. ამიტომ მათ ენერგოტყევისაც უწოდებენ.

სწრაფმზარდი ხეების პლანტაციებისათვის იყენებენ ყველა ჯიშის ხეს, რომელსაც აქვს კუნძიდან ამონაყარის უნარი. ეკონომიკურ ინტერესის საგანს კი წარმოადგენენ ისეთი გამძლე ნერგები, როგორიცაა ტირიფი, ვერხვი, თეთრი აკაცია, თხმელა და განსაკუთრებით ალვის ხის ჰიბრიდი. მათი ზრდის ინტენსივობა მკვეთრად აჭარბებს ჩვეულებრივი ტყეებისას. ბავარიის საცდელ ფართობებზე დარგული ბალზამის ალვის ხის სხვადასხვა სახეობების სუკეთესო შედეგი იყო წელიწადში ჰექტარზე 10-153 ტონა ნამატი სრულიად მშრალი ბიომასა. ეს შეესაბამება 30 კუბური მეტრი ხე-ტყის მოცულობას, ანუ დაახლ. 5.000-7.000 ლიტრი მაზუთის ენერგოშემცველობას. სასოფლო-სამეურნეო მიწათსარგებლობასთან შედარებით სწრაფმზარდი ხეების პლანტაციები წარმოადგენს ეკოლოგიურად სუფთა და მიწის გამოყენების ძალზე ეფექტურ სახეს.⁷

ქარის ელექტროსადგური (ქარის გენერატორი)

ქარის გენერატორები გარდაქმნიან ქარის კინეტიკურ ენერგიას მექანიკურად (როტორის ბრუნვის ენერგიად), რომლის გარდაქმნაც ხდება ელექტროენერგიად. ქარის გენერატორებს გააჩნიათ სიმძლავრის სხვადასხვა დონეები, რომლებიც იწყება 500 ვატით და გამოდგება ისეთი პატარა დამოუკიდებელი სისტემების მოსამარაგებლად, როგორიცაა პატარა კვლევითი საზომი სადგურები ქარიან, მაგრამ ნაკლებშიან რაიონებში. თანამედროვე, დიდი ქარის გენერატორების სიმძლავრე შეადგენს 3000 კვტ-ს, ხოლო როტორის დიამეტრი შეადგენს 90 მ-ს. 3000 კვტ-ის 100% სიმძლავრის მისაღებად საჭიროა 108 კმ/სთ (30 მ/წმ) ქარის სიჩქარე. ეს შეესაბამება 11 ბოფორტს (ქარის სიმძლავრის სკალა), ანუ წარმოადგენს გრიგალისებურ ქარს. დიდი ენერგომოგების მისაღებად რეკომენდებულია ქარიანი ადგილი. თანამედროვე ქარის გენერატორების სიმძლავრე დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზე და იმ ფართობზე, რომელსაც ფრთები შემოხაზავენ მოძრაობისას.

აღნიშვნა / სპეციფიკაცია	მცირე ზომის ქარის გენერატორი	ქარის გენერატორი	დიდი ქარის გენერატორი	მსოფლიოს უდიდესი ქარის გენერატორი
სიმძლავრე კვტ-ში	0,50	50,00	3.000,00	8.000,00
ხმაურის დონე dB-ში	40,00	60,00	100,00	103,00
როტორის დიამეტრი მ	1,15	18,00	90,00	154,00
როტორის ფართობი მ ²	1,03	254,34	6.358,50	18.617,06
ნომინალური სიჩქარე მ/წმ-ში	12,50	10,00	15,00	13,00

ცხრილი 23: ქარის გენერატორი. (წყარო: პ. რაიფი)

7 - წყარო: <http://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/biomassenutzung/050535/index.php>
2017 წ-ის იანვრის მდგომარეობით)





ილუსტრაცია 126:
ქარის პატარა ელ.სადგური
500 ვტ სიმძლავრით.
(წყარო: iStock)



ილუსტრაცია 127:
ქარის გენერატორების პარკი
(წყარო: iStock)

მზის ფოტოელექტრული სადგურები

ფოტოელექტრული დანადგარები, რომლებიც მზის ელექტროსადგურებს განეკუთვნებიან, შეიძლება მყარად დამაგრდნენ ჩარჩოზე ან ძრავას მეშვეობით მიჰყვნენ მზის მოძრაობას. მზის ფოტოელექტრული პანელები პირდაპირი ან დიფუზიური გამოსხივებიდან გამოიმუშავენ ელექტროენერგიას. ყველაზე მეტი ელექტროენერგიის გამოიმუშავება ხდება პირდაპირი გამოსხივებისა და შედარებით გრილი ტემპერატურის დროს. ფოტოელექტრულ პანელებზე მტვრის დაგროვება და დალევვა განაპირობებს ენერგომოგების დანაკარგს.

მიუხედავად იმისა, რომ ფოტოელექტრული პანელების მქუ უფრო დაბალია ვიდრე ჰელიოთერმული კოლექტორებისა, უკეთესი ღირებულება-სარგებლობის თანაფარდობის გამო უპირატესობა მაინც მზის ფოტოელექტრულ სადგურებს ენიჭება. მის დადებით მხარეს ისიც წარმოადგენს, რომ ფოტოელექტრული პანელი პირდაპირ აწარმოებს ელ.ენერგიას

და აღარ არის საჭირო გახურებული ორთქლის თერმოდინამიკური გარდაქმნა ელ. ენერგიად.



ილუსტრაცია 128:
მზის ფოტოელექტრული სადგური
მყარად დამონტაჟებული
ფოტოვოლტაიკის პანელებით
(წყარო: iStock)





საკმარისი ფართობის არსებობის შემთხვევაში, მზის მიმყოფ ჰელიოსტატებთან შედარებით უპირატესობა ენიჭებათ სამხრეთით მიმართულ, უმოძრაოდ დამონტაჟებულ ფოტოელექტრულ პანელებს.

ფოტოელექტრული სადგურების არცერთი სისტემა არ გამოყოფს CO_2 -ს და ხელს უწყობს მდგრად ეკოლოგიურ ენერგომომარაგებას.

ილუსტრაცია 129: ფოტოვოლტაიკის ელ.სადგური მზისკენ მოძრავი ჰელიოსტატებით (წყარო: iStock)

ჰელიოსტატები მიმართავენ ფოტოელექტრულ პანელებს მზისკენ და ამ გზით შედარებით მეტ ენერგიას მოიპოვებენ, ვიდრე უმოძრაო პანელები. ეს სისტემები ძალზე ძვირადღირებულია და გამოიყენება იქ, სადაც პატარა ფართობზე რაც შეიძლება დიდი ოდენობის ელექტროენერგიის მოპოვება უნდა მოხდეს, ხოლო თავად ამ მოწყობილობის ფასი მეორეხარისხოვან როლს თამაშობს.

ჰელიოთერმული ელექტროსადგური: პარაბოლური ღარისებრი ელ.სადგური

პარაბოლური ღარისებრი ელ.სადგური მზის ენერგიისაგან აწარმოებს თბურ ენერგიას მისი სამრეწველო გამოყენების მიზნით და საბოლოო ჯამში ისე ფუნქციონირებს, როგორც ჩვეულებრივი ორთქლის ელექტროსადგური. ორთქლის ელექტროსადგურები სითბური წყაროს მეშვეობით აცხელებენ წყალს აორთქლებამდე, სანამ ის გენერატორის მეშვეობით არ წარმოქმნის (მუდმივ) დენს. განსაკუთრებული კი ჰელიოთერმულ ელექტროსადგურებში, მათ შორის პარაბოლურ ღარისებრ ელექტროსადგურებში, არის ის, რომ პირველადი საჭირო ენერგიის მიწოდება ხდება არა წიაღისეული საწვავის სახით, როგორცაა ნავთობი და ნახშირი, არამედ ეკოლოგიური საწვავის სახით – მზის ენერგიით.

ღერძზე დამაგრებული პარაბოლური სარკეები მიჰყვებიან მზის მოძრაობას და ახდენენ მზის გამოსხივების 80-ჯერ კონცენტრირებას. აბსორბერის მილაკში არსებული თერმოზეთი, ცხელდება დაახლ. $500^{\circ}C$ -ზე. თბური ენერგია მიეწოდება ორთქლის გენერატორს ორთქლის ტურბინისა და გენერატორის ასამუშავებლად, რომელიც აწარმოებს ელ.ენერგიას და კვებას ელექტროქსელს.



ილუსტრაცია 130: პარაბოლური ღარისებრი ელ.სადგური. (წყარო: iStock)

7.11. გაგრილების ეკოლოგიური სისტემები

გაგრილების ეკოლოგიური სისტემები გამოიმუშავენ სიგრილეს ელექტროენერგიის გამოყენების გარეშე. გაგრილება ხდება თერმული წყაროების გამოყენებით, რომელთა ტემპერატურის დონე უფრო დაბალია, ვიდრე გასაგრილებელი სათავსისა.

წინასწარ გაგრილებული ჰაერი

ჰაერი, რომლის გაგრილებაც ხდება გრუნტში ჩაწყობილი მილების (გეოთერმული თბომცვლელები) მეშვეობით, გასაგრილებლად მიეწოდება სათავსს. ენერგოხარჯი შემოიფარგლება ვენტილაციისათვის გამოყენებული ელექტროენერგიით. ეს შესაძლებელს ხდის გამაცივებელი საკომპრესორო დანადგარების მუშაობისათვის საჭირო მაღალი ენერგოხარჯების დაზოგვას და კონდიციონერული კერძო საცხოვრებელი სახლებისა და საზოგადოებრივი შენობების საექსპლუატაციო ხარჯების შემცირებას.

მზის ენერგიით გაგრილება/მზის ენერგიაზე მომუშავე გამაცივებელი დანადგარები

მზის ენერგიაზე მომუშავე გამაცივებელ დანადგარებში (ჩილერებში) ელექტროკომპრესორი შეცვლილია თერმოკომპრესორით. დახურულ (ჩილერებში) გამაცივებელ დანადგარებში აბსორბციის ან ადსორბციის პროცესების შედეგად ვიღებთ ცივ წყალს (წყლის გამაცივებელის შემცვლელი), რაც არის ჰაერის კონდიციონერის არაპირდაპირი სისტემა⁸. მზის ენერგიით გაგრილების გამოყენებით, რეგენერაციული გაგრილება შეიძლება უზრუნველყოთ ზაფხულში მზის რადიაციის საშუალებით.

ღია სისტემებს იყენებენ ტემპერატურისა და ტენიანობის პირდაპირი კონდიციონერისათვის. დახურული სისტემებისგან განსხვავებით, არ ხდება ცივი წყლის წარმოება. ღია სისტემებს იყენებენ იქ, სადაც მოითხოვება გაგრილების მაღალი დატვირთვა და ჰაერ-წყლის მაღალი სიჩქარე. ღია სისტემებს ასევე უწოდებენ კონდიციონერებას სორბციის მეშვეობით (SGK) და ძირითადად იყენებენ ისეთი ტიპის კონდიციონერისათვის, როდესაც საჭიროა დიდი მოცულობის გარე ჰაერი.



ილუსტრაცია 131: მზის ენერგიით გაგრილება. (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი, წყარო: FHI)

მზის ენერგია ტექნოლოგიური პროცესებისათვის

მზის ენერგია ტექნოლოგიური პროცესებისათვის გულისხმობს მზის ენერგიის მოხმარებას მაღალ ტემპერატურულ დონეზე. ამისათვის გამოიყენება ვაკუუმმილოვანი კოლექტორები, რომლებიც, თუ საჭიროა, მაფოკუსირებელი სარკეების მეშვეობით აძ-

⁸ - წყარო: http://www.sonnenenergie.de/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=137 2017 წ-ის მდგომარეობით





ლიერებენ მზის გამოსხივებას და ტექნოლოგიური პროცესებისათვის წარმოქმნიან გაცილებით მაღალ ტემპერატურას.

ილუსტრაცია 132:
ვაკუუმის მილისებრი კოლექტორები.
(წყარო: iStock)



ვაკუუმმილოვანი კოლექტორები გვანდებიან წყალს, რომელსაც გადაეცემა სითბო $70-130^{\circ}\text{C}$ ფარგლებში გაცხელებული თბოშემცველისაგან.

მაფოკუსირებელი სარკეების მქონე ვაკუუმმილოვანი კოლექტორები წარმოქმნიან 300°C -მდე ტემპერატურას. მაფოკუსირებელი სისტემები მუშაობენ სითბოს გადამტანი თბოშემცველით - თერმული ზეთით.

ილუსტრაცია 133: პარაბოლური ღარი
(წყარო: iStock)

მზის ენერგიის ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენება ხდება დანადგარებისათვის, რომლებსაც ესაჭიროებათ ცხელი წყლით წმენდა, გაღვანურ აბაზანებში, გასალაქ და ნადგარებსა და საწარმოებში, სადაც ჭარბად მოიხმარენ ცხელ წყალს, მაგ. საყაბოებში.

7.12. წვიმის წყლის გამოყენება



წვიმის წყლის გამოყენებით შესაძლებელია სასმელი წყლის 50%-ის დაზოგვა. წვიმის წყალი შეიძლება რაციონალურად გამოვიყენოთ უნიტაზის ჩასარეცხად, ბაღის მოსარწყავად და სარეცხის გასარეცხად.

ილუსტრაცია 134: საცხოვრებელი სახლი დამრეცი სახურავით. წვიმის წყლის გამოყენების მიზნით. (ფოტო: პ. რაიფი)



ამ მიზნით წვიმის წყალი, რომელიც ბრტყელი ან დახრილი სახურავიდან მოედინება სარინ მიწებში, გროვდება მიწისქვეშა რეზერვუარში. ფილტრების მეშვეობით წყალი იწმინდება უხეში მინარევებისგან, ხოლო წვრილი ნაწილაკები, რომლებიც წყალზე მძიმეა, ილექება მიწისქვეშა რეზერვუარის ძირზე. საკონტროლო ნახვრეტის საშუალებით რეზერვუარი რეგულარულად სუფთავდება.



ილუსტრაცია 135:
პლასტმასის ავზი.
(გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)

წვიმის წყლის გამოსაყენებელი დანადგარის კომპონენტებია:

- მიწისქვეშა რეზერვუარი ან ავზი
- უხეში და წვრილი ფილტრები
- წვიმის წყლის ტუმბო
- ცალკე მილგაყვანილობის ქსელი წვიმის წყლისათვის
- დამაგროვებელ ორმოსთან მიერთებული ზედმეტი წყლის გადასადინებელი მილი

თუმცა ყველანაირი ტიპის სახურავი არ გამოდგება წვიმის წყლის გამოსაყენებლად. სპილენძისა და თუთიის სახურავებიდან შეიძლება ლითონის ხსნადი ნაერთები ჩარეცხოს, რომლებიც ზიანის მომტანია გარემოსთვის; ბიტუმით ჰერმეტიზებული ბრტყელი სახურავებიდან კი მავნე ბიოციდები გამოიყოფა.

წვიმის წყლის საყოფაცხოვრებო გამოყენება

წვიმის წყლის საყოფაცხოვრებო დანიშნულებით გამოყენებისას აუცილებელია სასმელი და წვიმის წყლის მილგაყვანილობის სისტემების მკაცრად განცალკევება, რათა ბაქტერიები წვიმის წყლიდან სასმელ წყალზე არ გადავიდეს.

წვიმის წყლის გამოყენება შეიძლება სარეცხის გასარეცხადაც. სასმელ წყალთან შედარებით, წვიმის წყლის დაბალი სიხისტის გამო, რეცხვისას შეიძლება დაიზოგოს სარეცხი ფხვნილის 20%. წვიმის წყალში არსებული ბაქტერიები რეცხვის პროცესში მაქსიმალურად ნადგურდებიან.

მითითება: დაბალი იმუნიტეტის მქონე და ხანშიშესული ადამიანებისათვის, ასევე ბავშვებისათვის, რეკომენდებულია ამგვარად გარეცხილი სარეცხის დაუთოება, რათა დარჩენილი ბაქტერიებიც განადგურდნენ.⁹ წვიმის წყლის გამოყენება ტუალეტის ჩასარეცხად სრულიად უვნებელია.

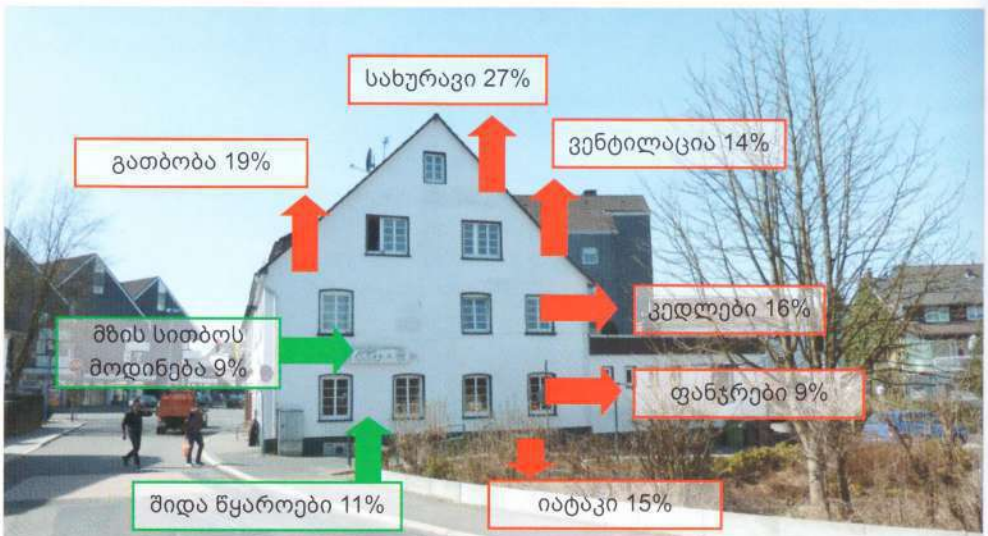
9 - წყარო: www.umweltbundesamt.de ,01.2017-ის მდგომარეობით



8. ენერგეტიკული ბალანსი

ენერგეტიკული ბალანსი არის შენობის ენერგეტიკული ნაკადების ანალიზი და გვიჩვენებს ამ ნაკადების მიმართულებას, მათ ურთიერთობებს შენობის კომპონენტებთან (შემომზღუდი კონსტრუქცია და ტექნიკური სისტემები), შენობის მომხმარებლებთან და გარემოსთან. ენერგეტიკული ბალანსის მეშვეობით ხდება შენობა-ნაგებობების თბური ნაკადების ანალიზი და შესაძლებელია თბური დანაკარგებისა და თბური დანამატების ურთიერთშედარება. ენერგოდანაკარგები შედგება შენობის გარე შემომზღუდი კონსტრუქციების - სახურავის, გარე კედლის, კარ-ფანჯრების თბური დანაკარგებისაგან, დანაკარგებისაგან საინჟინრო სისტემებიდან და ვენტილაციის არხიდან. თბური დანამატები შედგება ელექტრომოწყობილობების, ადამიანებისა და შენობაში გარედან შემოსული მზის გამოსხივების მიერ გამოყოფილი სითბოსაგან.

თბური დანამატი შეიძლება საკმარისი იყოს გათბობაზე გადასვლის გარდამავალ პერიოდში ან ზაფხულში შენობის ტემპერატურულ კონტროლზე გადაყვანამდე. გათბობის პერიოდში კი საჭიროა თბური ენერგიის გამოყენება, რათა შენობაში შენარჩუნდეს კომფორტული ტემპერატურის დონე. ენერგოდანაკარგის კანონის თანახმად, თბური დანაკარგებისა და თბური დანამატების ჯამი ერთმანეთის ტოლია. თუ შენობაში კომფორტის დონის შენარჩუნებისათვის გვესაჭიროება დამატებითი თბური ენერგია, მაშინ ეს ენერგია წარმოადგენს შენობის ზედმეტ ენერგოხარჯს. სწორედ ამიტომ, თბური ენერგიის მოთხოვნის შესამცირებლად ყურადღება უნდა გამახვილდეს შენობის გარსის თერმულ ხარისხსა და ჰერმეტიულობაზე, გათბობის მოწყობილობის ეფექტურობაზე, შენობის ადგილმდებარეობასა და მომხმარებლის ქცევებზე.



ილუსტრაცია 136: საცხოვრებელი სახლი რესტორნით: ენერგოდანაკარგები და ენერგომოგება შენობის გარსიდან. (ფოტო: პ. რაიფი)



8.1. გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული თბური დანაკარგები

გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული თბოდანაკარგები წარმოადგენს შენობის გარისს მიზეზით წარმოქმნილ ენერგეტიკულ დანაკარგებს. ამგვარი ენერგოდანაკარგები ნაწილობრივ მზითა და შიდა სითბოგამომყოფი წყაროებით კომპენსირდება. გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული თბოდანაკარგების უდიდესი ნაწილის კომპენსირება შესაძლებელია გათბობის მოწყობილობის მიერ გაცემული თერმული ენერგიის მეშვეობით. გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული თბოდანაკარგები გამოითვლება შიდა და გარე ტემპერატურების სხვაობის გამრავლებით შენობის ნებისმიერი შემომზღუდი კონსტრუქციის მთლიან ფართობზე და მის სითბოგამტარობის U კოეფიციენტზე, მისი პარამეტრია $H'T$ ერთეულით ვტ/(მ²·K)

$$H'T = \Sigma (T_{შიდა} - T_{გარე}) \times F_{შემომზღუდი კონსტრუქციის} \times U_{შემომზღუდი კონსტრუქციის} \quad W/(m^2 \cdot K)$$

სადაც,

$H'T$ = გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული თბური დანაკარგები $W/(m^2 \cdot K)$

$T_{შიდა}$ = ოთახის ტემპერატურა კელვინში

$T_{გარე}$ = გარე ტემპერატურა კელვინში

$F_{შენობის ნაწილი}$ = შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციის ფართობი

$U_{შენობის ნაწილი}$ = შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციის თბოგამტარობის კოეფიციენტი $W/(m^2 \cdot K)$

გამოთვლის ნიმუში გარე კედლიდან გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული თბოდანაკარგების დასადგენად:

გარე კედლის სიგრძე: 10 მ

გარე კედლის სიმაღლე: 5,5 მ

ფანჯრების გამოსაკლები ფართობი: 6 ფანჯარა თითო 1,5 მ²

კედლის ფართობი: 10 მ x 5,5 მ - (6 x 1,5 მ²) = 46 მ²

$T_{შიდა} = 20^{\circ}C$

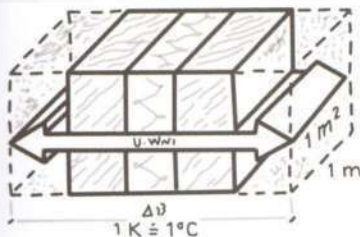
$T_{გარე} = -10^{\circ}C$

ტემპერატურული სხვაობა: 30 კელვინი

$U_{შენობის ნაწილი} = U_{გარე კედელი} = 1,5 W/(m^2 \cdot K)$

$H'T = \Sigma (20^{\circ}C - -10^{\circ}C) \times 46 \text{ მ}^2 \times 1,5 W/(m^2 \cdot K) = 2.070 \text{ ვტ}$

გარე კედელი იწვევს 2.070 ვტ=2,07 კვტ ოდენობის თბოდანაკარგებს. 3,5-თვიანი გათბობის პერიოდში (3,5 x 30 დღეზე x 24 სთ-ზე) 2.520 სთ-ის განმავლობაში იხარჯება 5.216,4 კვტ სთ. თერმული ენერგია, რათა მოხდეს გარე კედლის თბოდანაკარგების კომპენსირება. მთლიანი ობიექტის გარე შემომზღუდი კონსტრუქციებიდან სრული სითბური დანაკარგების დასადგენად უნდა განისაზღვროს შენობის ყველა ნაწილის ფართობი და თბოგამტარობის კოეფიციენტი და გამრავლდეს შიდა და გარე ტემპერატურების სხვაობაზე.



$$U = \frac{1}{R_{sl} + \sum_l \frac{d_l}{\lambda_l} + R_{se}}$$

$[W/(m^2 \cdot K)^{-1}]$

ილუსტრაცია 137: თბოგამტარობის კოეფიციენტის დადგენა.



8.1.2. თბოგადაცემის კოეფიციენტი, U -ღირებულება

თბოგადაცემის კოეფიციენტი ნიშნავს 1 ვატი სითბოს გადინებას 1 მ² შენობის კონსტრუქციის ნაწილების შრეებიდან 1 სთ-ის განმავლობაში, როდესაც ორივე ზედაპირს (შიდა და გარე ზედაპირებს) შორის ტემპერატურის სხვაობა 1 კელვინია (K).¹⁰

8.2. შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების მახასიათებლები

8.2.1 შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების მდებარეობა

მდებარეობა ახასიათებს შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციებს ვერტიკალურ (გარე კედელი, სახლის კარი, ფანჯარა), ჰორიზონტალურ (ბრტყელი სახურავი, ფუნდამენტის ფილა, გრუნტზე განლაგებული იატაკი) ან დახრილ (დახრილი სახურავი, ცალფერდა სახურავი, დახრილი სახურავის ფანჯარა) მდგომარეობას ნულოვან სიბრტყეზე. შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების განლაგებას მნიშვნელობა აქვს მზის ენერგიის მიღებისთვის. მაგალითად, თუ ფანჯარა 45° -ითაა ჩამონტაჟებული დახრილ სახურავში სამხრეთის მიმართულებით, ეს უზრუნველყოფს მზის სხივების ენერგიის შთანთქმისათვის დაცემის ოპტიმალურ კუთხეს.

8.2.2. შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციების ორიენტაცია

შემომზღუდი კონსტრუქციების მზის მიმართ ორიენტაცია განაპირობებს მზის სითბოს მოდინებას. რაც უფრო მკვეთრადაა შენობის შემომზღუდი კონსტრუქცია მიმართული მზისკენ, მით უფრო ძლიერია მზის ენერგიის მოდინება. სამხრეთის მხარეს დიდი ფანჯრების არსებობა განაპირობებს მზის სითბოს დიდი ოდენობით მოდინებას, რაც ზამთარში ენერგიის დაზოგვის შესაძლებლობას იძლევა. შენობის შემომზღუდი კონსტრუქციები, რომლებიც ჩრდილოეთითაა განლაგებული, არ უზრუნველყოფენ მზის სითბოს მოდინებას. აქედან გამომდინარე, ჩრდილოეთის ფასადებზე უნდა დაიგეგმოს მცირე ზომის ფანჯრები.

დიდი და სამხრეთისკენ მიმართული ფანჯრები გამოიწვევენ შენობის გადახურებას, თუ ზაფხულში არ მოეწყო სათანადო დარბაზი. გარეთ მდებარე დარბაზის ელემენტებს, რომლებიც უნდა დამონტაჟდეს ფანჯრების წინ, გააჩნიათ მზის არასასურველი გამოსხივებისაგან დაცვის კარგი ეფექტი.

8.3. ენერგიის მიღების მახასიათებლები

8.3.1. შიდა სითბოს მოდინება

შიდა სითბოს მოდინება ხდება ელექტრომომხმარებელი ხელსაწყოებისაგან, როგორცაა ტელევიზორი, რადიო, კომპიუტერი, ქურჭლის სარეცხი მანქანა, განათება, მაცივარ- დანადგარები, ან მაცხოვრებლებისგან, რომლებიც სითბოს გამოყოფენ სათავსში.

10 - RWE-სამშენებლო სახელმძღვანელო, VWEW-შპს ენერგოგამომცემლობა, 13 გამოცემა 20-4, ამონარიდი თავი 3.3 კონსტრუქციული თბოიზოლაცია, გვ. 1/5, 01.2017-ის მდგომარეობით



შიდა სითბოს სხვა გამოყოფა ხდება არათბოიზოლირებული სითბოს მომწოდებელი მილებით, რომლებიც გასცემენ სითბოს სათავსში.

8.3.2. შენობის ადგილმდებარეობა და აშენების წელი



თბოდანაკარგების განაწილებას დამოკიდებულია სამშენებლო კონსტრუქციაზე, შენობის მდებარეობაზე (ცალკე მდგომი, კუთხის ან შუაში მდგომი) და მაცხოვრებლების მომხმარებლურ თვისებებზე.

ილუსტრაცია 138: შენობის ადგილი, მდებარეობა და მდგომარეობა მნიშვნელოვან კრიტერიუმებს წარმოადგენს ენერგობალანსისათვის. (ფოტო: პ. რაიფი)



ილუსტრაცია 139: ცალმხრივად აშენებული შენობა მაღალი გარე ზედაპირის დიდი წილით. (ფოტო: პ. რაიფი)

ცალკე მდგომი შენობები, მასში გარე ზედაპირის მაღალი წილის გამო, განაპირობებენ უფრო მაღალ ენერგოდანაკარგებს, ვიდრე ობიექტები, რომელთაც ორივე მხრიდან შენობები ემიჯნება. მნიშვნელოვან პარამეტრს შენობის გარსის თბური დანაკარგების განსაზღვრისათვის წარმოადგენს A/Ve-კოეფიციენტი. (A/Ve -კოეფიციენტი იხილე 6.3.2. თავში).

8.3.3. ენერგიის მიღება ფასადის მეშვეობით

რაც უფრო მუქი ფერისაა შემომზღუდი კონსტრუქცია, მით უფრო მაღალია გამოსხივების შთანთქმის დონე α , მზის ენერგიის თერმულ ენერგიად გარდასაქმნელად. ენერგობალანსზე ზემოქმედებას ახდენს შენობის ფერადი გაფორმებაც. მართალია, ეს ზე-

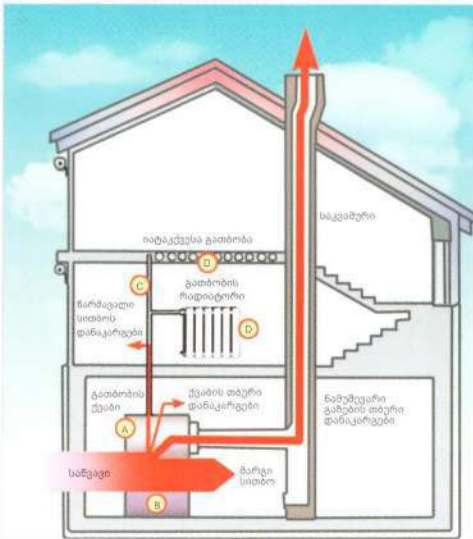


მოქმედება არცთუ ისე მნიშვნელოვანია იმ ენერგიის მიწოდებასთან შედარებით, რაც შენობის გათბობისთვისაა საჭირო, მაგრამ იგი მაინც წარმოადგენს ენერგეტიკული მოგების ერთ-ერთ კომპონენტს დანახარჯების გარეშე.

ფერის შერჩევამ, გარკვეულ პირობებში, შეიძლება ფასადის დაზიანებაც გამოიწვიოს, თუ მაგ., თბოიზოლირებული ფასადი ძალიან მუქი ფერით შეიღებება და ველარ მოხდება ფასადის მიერ სითბოს არინება. ამან შეიძლება სითბური დაძაბულობები, ფასადში ბზარების გაჩენა და ფასადის დაზიანება გამოიწვიოს. სითბოს მოდინებამ შესაძლოა თბოსაიზოლაციო მასალაც დააზიანოს, თუ მაგ., მუქი ფერის ფასადის თბოსაიზოლაციო მასალად პოლისტიროლია გამოყენებული. ფასადების გაფორმება და ექსპლუატაციის ცალკე თემას წარმოადგენს და, შესაბამისად, აქ მოკლედ განიხილება.

ენერგობალანსში დგინდება თბოგამოსხივებაც ფასადის გაფორმების ზემოქმედება მისი გამოსხივების შთანთქმის დონიდან α და ემისიის კოეფიციენტიდან გამომდინარე. ემისიის კოეფიციენტი არის მასალების ინფრარითელი ენერგიის შთანთქმისა და გამოსხივების უნარის მაჩვენებელი სიდიდე. კოეფიციენტი შეადგენს 0-დან 1,0-მდე. მაგალითად, სარკის ემისიის კოეფიციენტი 0,1 ხოლო ე.წ. შავი გამომსხივებლის ემისიის კოეფიციენტი შეადგენს 1,0-ს.¹¹ (ემისიის კოეფიციენტი იხ. 6.1.3. თავში).

8.4. გათბობის სისტემის დანაკარგები



ილუსტრაცია 140: გათბობის სისტემის დანაკარგები. (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)

გათბობის სისტემის დანაკარგებს შეადგენს:

- ქვებიდან სითბოს გადინების დანაკარგები
- სისტემის დანაკარგები გამოწვეული მაღალი სამუშაო რეჟიმით
- საკვამურიდან სითბოს გადინებით გამოწვეული დანაკარგები

11 - წყარო: <http://www.raytek.de/Raytek/de-r0/IREducation/Emissivity.htm> 01.2017-ის მდგომარეობით

- გათბობის სისტემიდან გაუმთბარ სათავსებში სითბოს გადადინებით გამოწვეული დანაკარგები
- ჰიდრავლიკური რეგულირების არარსებობა
- მაღალი სიმძლავრის გათბობის სისტემის ტუმბოები
- ხელით სარეგულაციო სარქველები თერმოსტატის გარეშე
- გაფუჭებული კონტროლერები

8.4.1. ქვაბიდან სითბოს გადინების დანაკარგები

გათბობის ქვაბის კორპუსის არასაკმარისი თბოიზოლაცია იწვევს თბოდანაკარგებს და გათბობის სისტემის ენერგოეფექტურობა მცირდება. თანამედროვე გათბობის ქვაბებს აქვთ კარგად თბოიზოლირებული კორპუსები. გამოსხივების დანაკარგები შეიძლება ჩაითვალოს ენერგომოგებად, თუ გათბობის მოწყობილობა მოთავსებულია გასათბობი ფართის საზღვრებში, ხოლო თუ გათბობის სისტემა მდებარეობს გაუმთბარ სარდაფში, გათბობის ქვაბის თბოდანაკარგები ძირითადად გადადის გარემო ჰაერში.



ილუსტრაცია 141: გათბობისა და ცხელი წყლის თბოდანაკარგები. (წყარო: ჰ.რაიფი)

8.4.2. სისტემის დანაკარგები მაღალი სამუშაო რეჟიმის გამო/ქვაბის მაღალი სიმძლავრის გამო

გათბობის ქარბი სიმძლავრის სისტემა და მარტივი სანთურის მქონე გათბობის სისტემები იწვევს ექსპლუატაციის დროს სანთურის ხშირ გამორთვას და ჩართვას, ვინაიდან გათბობის მაღალი სიმძლავრის გამო სწრაფად მიიღწევა სისტემისათვის მიცემული ტემპერატურა. რადგან სანთურის გამორთვის შემდეგ წვის კამერა ხელახალ ჩართვამდე ცივდება ჰაერით, სანთურის ყოველი ხელახალი ჩართვისას ძვირფასი თერმული ენერგია ნამწვის გასაცვანი მილიდან ისე გაედინება, რომ იგი ვეღარ მიენოდება გათ-



ბობის სისტემას. თანამედროვე მაღალი სიმძლავრის გათბობის სისტემებს, რომლებიც აღჭურვილი არიან კონდენსაციური ქვაბებით, შეუძლიათ დააყენონ წვის საჭირო სიმძლავრე და ამგვარად თავიდან აიცილონ სანთურის უსარგებლო ჩართვა-გამორთვა. ეს თანამედროვე კონდენსაციური გათბობის ქვაბების მაღალი ენერგოეფექტურობის მნიშვნელოვანი საფუძველია.

8.4.3. საკვამურიდან სითბოს გადინებით გამოწვეული დანაკარგები



ილუსტრაცია 142: საკვამურიდან სითბოს გადინებით გამოწვეული დანაკარგები (ფოტო: ჰ.რაიფი)

გამონაბოლქვი აირების მაღალი ტემპერატურები ($90^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$) იწვევს მნიშვნელოვან თბოდანაკარგებს. მიზანშეწონილია ნამწვი აირების (გამონაბოლქვის) რეკუპერაცია და მათი რეცირკულაცია გათბობის სისტემის გამწვავ სისტემაში დაინსტალირებული თბომცვლელის მეშვეობით. როგორც წესი, შესაძლებელია მაღალი ტემპერატურის მქონე გათბობის სისტემების მოდერნიზება და რეკუპერაციული სისტემით შემდგომი აღჭურვა.

დაბალ ტემპერატურაზე მომუშავე თანამედროვე გათბობის სისტემებში ($55^{\circ}\text{C}/45^{\circ}\text{C}$) მიზანშეწონილია გამონაბოლქვის სითბოს გამოყენება და ამ ენერგიის ისევ გათბობის ციკლში დაბრუნება.

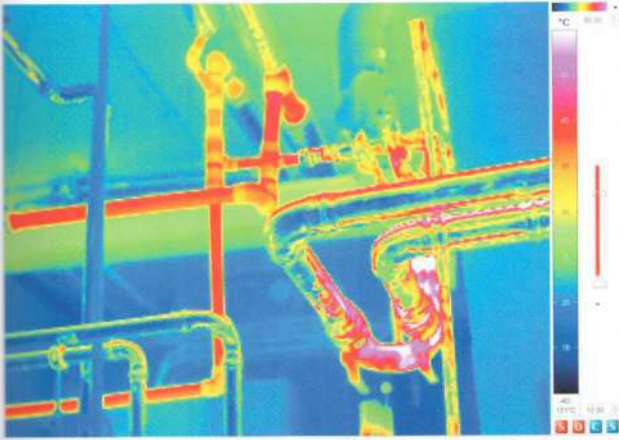
კონდენსაციური ტექნოლოგია არის სითბოგამოყოფის ერთ-ერთი ეფექტური სახე. ეს თანაბრად ეხება გაზსაც და საწვავ მახუთსაც. ტრადიციულ გათბობის ქვაბებთან შედარებით, რომლებიც წვის შედეგად წარმოქმნილ სითბოს მხოლოდ ნაწილობრივ იყენებენ, მაღალი წარმადობის ქვაბები გამონაბოლქვის სითბოს და გამონაბოლქვში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსაციის სითბოს დიდ ნაწილს უფრო ეფექტურად იყენებენ.¹²

8.4.4. სითბოს გამანაწილებელი სისტემიდან გაუმთბარ ოთახებში სითბოს გაცემით გამოწვეული დანაკარგები

არასაკმარისი თბოიზოლაციის მქონე ან არათბოიზოლირებული გათბობის მილები, რომლებიც გაუმთბარ სათავსში იწვევენ თბურ დანაკარგებს: ძვირადღირებული და მაღალხარისხოვანი ენერგია ვერ გადაეწოდება სითბოს გამანაწილებელ სისტემას, რაც იწვევს გამოყენებული ენერგიის დამატებით ხარჯებს.

12 - წყარო: <https://heizung.de/gasheizung/>, 01.2017-ის მდგომარეობით.





ილუსტრაცია 143: სითბური
დანაკარგები სითბოს
მანაწილებელი სისტემიდან.
(ფოტო: ჰ.რაიფი)

8.4.5. არაეფექტური გათბობის სისტემის სხვა მიზეზები

ჰიდრავლიკური რეგულირების არქონა

ჰიდრავლიკური რეგულირების მეშვეობით შესაძლებელია დაახლ. 6-9% ენერგიის დაზოგვა. (იხ. თავი 7.6. წყლის გათბობის სისტემები).

ჭარბი სიმძლავრის გათბობის სისტემის საცირკულაციო ტუმბოები

ჭარბი სიმძლავრის გათბობის ტუმბოები განაპირობებს მაღალ ენერგოხარჯს და ხელს უწყობს გათბობის წყლის მაღალი ინტენსივობით ცირკულაციას, რასაც მივყავართ დაბალ ტემპერატურულ განაწილებასთან და დაბრუნებული წყლის მაღალ ტემპერატურასთან, რის გამოც ვერ ხდება წვის ეფექტის ოპტიმალურად გამოყენება. თანამედროვე გათბობის სისტემის ტუმბოები იმართება მიკროპროცესორით და მათი სიმძლავრის გათბობის სისტემაზე მორგება ხდება ელექტრონულად. საცხოვრებელ სახლებში არსებული ძველი გათბობის ტუმბოები წარმოადგენენ ყველაზე დიდ ფარულ ელექტრომომხმარებლებს, თუმცა ხშირად ისინი ასეთებად არ აღიქმებიან. განსაკუთრებით ხარჯიანია არარეგულირებადი და ჭარბი სიმძლავრის ცხელწყალმომარაგების ტუმბოები, რომლებიც მუშაობს 365 დღე წელიწადში. თუ ამ ტუმბოებს შევცვლით თანამედროვე, ელექტრონულად მართვადი ტუმბოებით, მათი ამოგების ვადა, როგორც წესი, ერთ წელზე ნაკლებს მოიცავს.

რეკომენდაცია: ახალ ელექტრონულ ტუმბოსთან ერთად სასურველია გათბობის სისტემის გამორეცხვა და დამატებით შლამისა და მაგნიტური სალექარის დამონტაჟება, რათა ახალი ტუმბოს მაგნიტურ ველში არ დაგროვდეს ლითონის ნაწილაკები.

სარქველები ავტომატური რეგულაციის გარეშე

სარქველები ავტომატური რეგულაციების გარეშე იწვევს თბური ენერგიის გადახარჯვას, რადგან ისინი ვერ უზრუნველყოფენ სათავსოში დამატებითი სითბოს მოდინების - როგორცაა, მზის ან ადამიანების, აგრეთვე ელექტრომომხმარებლების: ღუმელის, ჭურჭლის სარეცხი მანქანის და ა.შ სითბო - შედეგად ოთახის ტემპერატურის მატების დარეგულირებას.



გარე ჰაერის ტემპერატურის გაუმართავი სენსორი

გარე ჰაერის ტემპერატურის გაუმართავი სენსორი სიგნალს უგზავნის გათბობის სისტემას, რომ საჭიროა მაღალი სისტემური ტემპერატურა, თუმცა ეს სიმართლეს არ შეესაბამება. ამგვარი მცდარი შეტყობინების შედეგად იხარჯება მაღალხარისხოვანი და ძვირადღირებული ენერგია, რომელიც ხელმისაწვდომი არ არის მომხმარებლისათვის.

8.5. ვენტილაციის თბური დანაკარგები

სითბოს დანაკარგები ვენტილაციის დროს ჩნდება ფანტრებისა და კარების გაღებითა და დაკეცივით, შენობის გარსის არაჰერმეტიულობით (ინფილტრაცია) ან უფანტრო სააბაზანოების სავენტილაციო არხებით. ვენტილაციის თბური დანაკარგები შეადგენენ შენობის ენერგოდანაკარგების არცთუ უმნიშვნელო, დაახლოებით 15%-ს. სავენტილაციო თბური ტუმბოების მეშვეობით, რომლებიც დამონტაჟებულია მრავალბინიანი სახლების გამწოვი ვენტილაციის არხებში, შესაძლებელია ჰაერისთვის სითბოს ართმევა და გათბობის ან ცხელი წყლის სისტემისათვის უკან მიწოდება. ალტერნატივის სახით შეიძლება დამონტაჟდეს ბინის სავენტილაციო სისტემა რეკუპერაციით. ბინის სავენტილაციო სისტემა შეიძლება დამონტაჟებულ იქნას ცენტრალიზებულად (საცხოვრებელი ერთეულისათვის ან საცხოვრებელი შენობისათვის) ან დეცენტრალიზებულად (ოთახებში).



ილუსტრაცია 144: ვენტილაციის სითბური დანაკარგები ვენტილაციის არხებიდან.
(წყარო: 3, რაიფი)

9. ხარისხის უზრუნველყოფა

9.1. ხარისხის უზრუნველყოფა მშენებლობის პროცესში

შენობის სანირებისას, სამშუხაროდ, ხშირად გვხვდება არაპროფესიონალი კომპანიების მიერ უხარისხოდ შესრულებული სამუშაოები. კონსტრუქციული დეფექტები ხშირად წლების შემდეგ იჩენს ხოლმე თავს და მათი ხელახალი რეკონსტრუქცია ობიექტის მფლობელს უფრო ძვირი უკდება. საცხოვრებელი შენობის ენერგოდამზოგი ღონისძიებების განხორციელების დროს ზიანის თავიდან ასაცილებლად და საკანონმდებლო მოთხოვნების დასაცავად, რეკომენდებულია ხარისხის უზრუნველყოფი სამშენებლო მეთვალყურეობა.

9.1.1 სამშენებლო მეთვალყურეობის მომსახურება შენობის ენერგეტიკული რეკონსტრუქციის სამუშაოების შესრულებისას

სამშენებლო მეთვალყურეობის მიერ გაწეული სამუშაოები მრავალმხრივია, თუმცა მათ არ შეუძლიათ ინჟინერ-მშენებლის ან არქიტექტორის მიერ შესრულებული პროფესიონალური დაპროექტების შეცვლა. ენერგომოხმარების კონსულტანტი ეხმარება მშენებლობის დამკვეთს და არქიტექტორს ენერგეტიკული გაჯანსაღების სამუშაოების შესრულების წინ, მათი განხორციელების დროს და დასრულების შემდეგ.

შემოთავაზების შესწავლა, შედარება, ხარჯთაღრიცხვის ანალიზი, სამუშაოთა მიმდინარეობის გრაფიკი

ენერგეტიკული რეკონსტრუქციის ღონისძიებების გატარებამდე საჭიროა შემოწმდეს შესასრულებელი სამუშაოების სისრულე და შესაბამისობა საკანონმდებლო მოთხოვნებთან. სამშენებლო ხარჯების შემცირება, შემოთავაზებების ურთიერთშედარებით, რეკომენდებულია ნებისმიერი ღონისძიების განხორციელების დროს. სამუშაოთა მიმდინარეობის გრაფიკი ცალკეულ სამუშაოთა ჩამონათვალითა და ღონისძიებების დაწყების მითითებით ხელს უწყობს სამუშაოთა კოორდინაციას.

დეტალური დაგეგმვა სითბური ხიდების თავიდან ასაცილებლად

პირველ რიგში უნდა მოხდეს ყველა სითბური ხიდის აღრიცხვა: ქვემოთ მოყვანილ



ილუსტრაციაში აღნიშნულია ყველა სითბური ხიდი, რომლებისთვისაც შემდეგ პარაგრაფში მოცემულია კონსტრუქციული ღონისძიებები სითბური ხიდების შესამცირებლად.

ილუსტრაცია 145:
თბური ხიდები. (წყარო: 3.რაიფი)



შენობის ნაწილი	ღონისძიება
სახურავის კარნიზი გამოშვებული ბეტონის ფილის ფორმით	ქვედა ზედაპირის თბოიზოლაცია მინიმუმ 60 მმ სისქის თბოიზოლაციით WLG 035, დამატებითი პერიმეტრის იზოლაცია წინა მხარეს
ფარდულიანი აივანი	ფარდულის დემონტაჟი, რათა თბოიზოლაცია სრულყოფილად დამონტაჟდეს, კედლისგან თერმულად გამოცალკევებული სამაგრი
აივნები	აივნის ქვედა ზედაპირის თბოიზოლაცია, მინიმუმ 600 მმ სიგანის თბოიზოლაციო და 60 მმ სისქის ფირი WLG 035
ფანჯრის ღიობის შიდა გვერდები	ფანჯრის ღიობის შიდა გვერდების თბოიზოლაცია მინიმუმ 30 მმ თბოიზოლაციო მასალით WLG 035
სატელიტური ანტენები	კედლისგან თერმულად გამოცალკევებული სამაგრები და დიუბელი
ასახვევი ჟალუზების გარსაცმი	ასახვევი ჟალუზების გარსაცმის თბოიზოლაცია
აივნის ვიზუალური დაცვა	აივნის ვიზუალური დაცვის წანაცვლება ან შეკლება, რათა თბოიზოლაცია უწყვეტად დამონტაჟდეს

ცხრილი 24. დეტალური გადაწყვეტა თბური ხიდეების აღმოფხვრისათვის. (წყარო: 3. რაიფი)

9.1.2. რეკომენდებული კონტროლი სამშენებლო სამუშაოების დაწყებამდე

ენერგოდამზოგავი ღონისძიებების დასრულების შემდეგ რეკომენდებულია სამშენებლო კონსტრუქციების შემოწმება დაზიანების, მზიდუნარიანობისა და საიმედოობის კუთხით. საჭიროების შემთხვევაში მოწვეულ უნდა იქნენ კვალიფიციური ინჟინრები და სამშენებლო ფიზიკოსები.

ღონისძიება	შემოწმების მეთოდი/რეკომენდაციები კონსტრუქციული ზიანის თავიდან ასაცილებლად
გარე კედლების თბოიზოლაცია	ტენიანობის გაზომვა, ვიზუალური შემოწმება ბათქაშის დეტონაციით (დაკაკუნებით) მზიდუნარიანობის შემოწმება.
	კედლის სტრუქტურის დადგენა; თბოგამტარობის U კოეფიციენტის დაზუსტება საჭირო თბოიზოლაციო სისქის განსაზღვრის მიზნით.
	შუალედური იზოლაციის არსებობის შემთხვევაში, რეკომენდებულია დატენიანების დინამიკური მოდელირება შენობის ნაწილში კონდენსატის დაგროვების თავიდან ასაცილებლად.
	კედლის კლინკერის აგურით შემოპირკეთების შემთხვევაში, ინჟინერ-კონსტრუქტორმა უნდა დაასაბუთოს კედლის სტატიკური მზიდუნარიანობა, შემდგომ ამისა, რეკომენდებულია ტენიანობის დინამიკური იმიტაცია.



გარე კედლების შიდა თბოიზოლაცია	შიდა თბოიზოლირებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ფასადის წყალშეუღწევადობას; უნდა გაკონტროლდეს ტენიანობა შენობაში: კედელი, რომელზეც ხდება შიდა თბოიზოლაციის მოწყობა, უნდა იყოს მშრალი.
	შიდა თბოიზოლაციის მოწყობისას სითბური ხიდეები ხდება მეტად შესაძრწველი. ამიტომ შიდა თბოიზოლაციის დროს საჭიროა არა მხოლოდ კონკრეტული ზედაპირის თბოიზოლაცია, არამედ მომიჯნავე ტიხრების, გარე კედლის ნაწილის და ზოგიერთ ადგილას ქერის თბოიზოლაციაც.
	შიდა თბოიზოლაცია უნდა დამონტაჟდეს მწარმოებლის მითითებების და რეკომენდაციების თანახმად.
ბრტყელი სახურავის იზოლაცია	სახურავის სტრუქტურის დადგენა სითბოგამტარობის λ კოეფიციენტის და თბოიზოლაციის საჭირო სისქის დასაზუსტებლად, არსებული იზოლაციის ინსტალაციის შედეგად წარმოშობილი ტენიანობის გაზომვა; კედლების შეკირაპირების ადგილების შემოწმება; ჰერმეტიზაციის შემოწმება.
	საკმარისია თუ არა სახურავის კარნიზი? სახურავის რეკონსტრუქციის პროცესში შესაძლებელია სახურავის კარნიზის მორგება და ფასადის ნაღველისაგან დაცვის გაზრდა.
	სახურავის წყალსაწრეთის შემოწმება; საჭიროების შემთხვევაში წვიმის წყლის მილის განიკვეთის შესაბამისობაში მოყვანა.
	არის თუ არა არსებული იზოლაცია მშრალი და კედლის სუბსტრუქტურა დაუზიანებელი?
დაქანებული სახურავის იზოლაცია	სახურავის კონსტრუქციის დადგენა სითბოგამტარობის λ კოეფიციენტისა და თბოიზოლაციის საჭირო სისქის დასაზუსტებლად; არსებული იზოლაციის დატენიანების დონის გაზომვა.
	მთლიანი და დაუზიანებელი ორთქლდამცავი მემბრანის შრის მთლიანობის გადამოწმება.
	სახურავის კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის შემოწმება.
	მერქნის ბოჭკოს ან ცელულოზის რეგენერაციული თბოსაიზოლაციო მასალის გამოყენება, ზაფხულში მზის სითბოს მოდინების კომპენსირებისათვის.
	სახურავზე განთავსებული დახრილი ფანჯრების აღჭურვა შიდა ჯალუზებით.
	საჭიროების შემთხვევაში თოვლის შემაკავებელი დამცავი ცხაური.
სარდაფის ქერი	ქერის კონსტრუქციის განსაზღვრა სითბოგამტარობის კოეფიციენტის λ და თბოიზოლაციის საჭირო სისქის დასადგენად; შენობის სათავსოების ტენიანობის გაზომვა.
	სარდაფის ქერზე თბოიზოლაციის გაკვრამდე რეკომენდებულია ქვედა ზედაპირის შემოწმება მისი ადჰეზიის უნარის დასადგენად. სარდაფის შეღებილი ქერის შემთხვევაში, რეკომენდებულია მისი კვარცის ქვიშის დანამატიანი შემჭიდვრელი საშუალებით დაფარვა. საფარის არასაკმარისი ადჰეზიისას, აუცილებელია მისი სრულად მოშორება.
	ბუნებრივი აირის, წყლისა და ელექტროენერგიის კომუნიკაციები უნდა გადამოწმდეს დეფექტებსა და არაჰერმეტიულობაზე, სანამ მოხდება მათი თბოსაიზოლაციო შრეში ჩაყოლება. თბოსაიზოლაციო სამუშაოების დაწყებამდე რეკომენდებულია, დეფექტების გამოსწორება და ძველი კომუნიკაციების განახლება.
	თბოსაიზოლაციო სამუშაოების ჩატარების შემდეგ შემცირდება ქერის სიმაღლე, რაც გავლენას იქონიებს სარდაფის განათების განლაგებაზე, რომელიც შეძლებისდაგვარად უნდა განთავსდეს სარდაფის კედლებზე და არა ქერქვეშ, რათა სარდაფში შენარჩუნდეს საკმარისი ეფექტური სიმაღლე.



	უნდა გადამოწმდეს, შესაძლებელია თუ არა ფანჯრის ღიობის შიდა გვერდებზე თბოიზოლაციის მოწყობა. თუ ერთდროულად ხდება ფანჯრის ახლით შეცვლა და გარე კედლების თბოიზოლაციო სისტემის (WDVS) დამონტაჟება, შესაძლებელია ფანჯრის ღიობის შიდა გვერდის დამატებითი იზოლაცია ფანჯრის გარე ჩარჩოს გაფართოების ხარჯზე და არა კედლის ამოტეხით.
ფანჯარა/კარი	ახალი ფანჯრების ჩაშენებამდე უნდა დავრწმუნდეთ, რომ ფანჯარა არ არის დაზიანებული. საჭიროა მწარმოებლის მიერ გაცემული დასაბუთება საერთო სითბოგამტარობის სავალდებულო P კოეფიციენტის შესახებ. ხშირად მომწოდებლები მიუთითებენ მხოლოდ მინაპაკეტის სითბოგამტარობის კოეფიციენტს და არ ასახელებენ ფანჯრების მთლიან სითბოგამტარობის კოეფიციენტს. მოითხოვეთ კარის საერთო სითბოგამტარობის P კოეფიციენტი.

ცხრილი 25: რეკომენდებული შემოწმებები სამშენებლო სამუშაოების დაწყებამდე.
(წყარო: ჰ. რაიფი)

ტენიანობის შემოწმება /ვიზუალური და მიკაკუნებით შემოწმება

ენერგეტიკული სანირების სამუშაოების დასრულების შემდეგ დაზიანებებმა თავი რომ არ იჩინონ, რეკომენდებულია, შემოწმდეს შენობის მატერიის დაუზიანებლობა. ამის დადგენა შესაძლებელია კედლისა და სახურავის სამშენებლო ნესტის გაზომვით ან გარე ბათქაშის ვიზუალური დათვალიერებითა და მიკაკუნებით. მშენებლობის ნესტის გაზომვა ხდება ომეტრით, წინააღობის საზომით. ვიზუალური კონტროლის კარგი შედეგის მიღწევა შეიძლება ფასადის წინასწარი განმენდით მაღალი წნევის საწმენდის მეშვეობით. ბათქაშში სიცარიელების აღმოჩენა შესაძლებელია ჩვეულებრივი ჩაქურის მეშვეობით. შენობის ნაწილი უნდა გახსნან მხოლოდ სპეციალიზებული საწარმოებმა.



ილუსტრაცია 146: სამშენებლო ელემენტის გახსნა იზოლაციის სისტემის დასადგენად ბრტყელ სახურავში. (ფოტო: ჰ. რაიფი)



ილუსტრაცია 147: დაზიანებული ფასადი. (ფოტო: ჰ. რაიფი)



9.1.3. კონტროლი სამშენებლო სამუშაოების შესრულების დროს

კონტროლი სამშენებლო სამუშაოების შესრულების დროს მნიშვნელოვანია, რათა დაგრწმუნდეთ, რომ ენერგეტიკული სანიტრების შესრულებისას სათანადო თბოსაიზოლაციო მასალა გამოიყენება და სწორად ხდება ახალი სამშენებლო ელემენტების ჩაშენება.

ღონისძიება	კონტროლი
თბოსაიზოლაციო მასალა	თბოსაიზოლაციო მასალის სისქის შემოწმება, სითბოგამტარობის ჯგუფი
	სამშენებლო ზედამხედველობის ნებართვა თბოსაიზოლაციის სისტემაზე
	თბოსაიზოლაციო ფილების მონტაჟი, კიდე-წერტილის მეთოდი
	არავითარი ღრეჩოები თბოსაიზოლაციო ფილაში
	მასალის თვისებები, მექანიკური დეფექტები, სამშენებლო ტენიანობა
ხანძარსაწინააღმდეგო ლარტყა	პოლისტიროლის თბოსაიზოლაციო მასალები: თუ თბოსაიზოლაციო მასალის სისქე აჭარბებს 100 მმ-ს, ამ შემთხვევაში გამოიყენება ხანძარსაწინააღმდეგო ლარტყები.
ფანტრები	ქარგამძლე და ორთქლგამტარი ფანტრების ჩაყენება
	ფანტრის Uw საერთო სითბოგამტარობის კოეფიციენტის დასაბუთება მწარმოებლის მიერ
ფანტრის ლიობის შიდა გვერდის იზოლაცია	ფანტრის ლიობის შიდა გვერდების იზოლაციისათვის მინიმუმ 30 მმ პოლისტიროლის WLG 035 გამოყენება
ასახვევი ჯალუზების გარსაცმი	ფანტრების განახლებისას სასურველია ასახვევი ჯალუზების გარსაცმის იზოლაცია, 20-30 მმ პოლისტიროლი WLG 035
	დამონტაჟება, ფანტრების ჰერმეტიკობა და ფუნქცია
შეპირაპირებები დაქანებულ და ბრტყელ სახურავებზე	უწყვეტი ორთქლგამტარი ფენა, გაჟონვა, მილგაცყვანილობების შეპირაპირება ქარგამტარ სიბრტყეში
სახანძრო უსაფრთხოება	ხანძრის გავრცელების საშიშროების გათვალისწინება
სარდაფის ჭერის თბოსაიზოლაცია	ქვედა ზედაპირის შეჭიდების უნარის შემოწმება
	მასალის თვისებები, მექანიკური დეფექტები, სამშენებლო ტენიანობა

ცხრილი 26: შემოწმება სამშენებლო სამუშაოების შესრულების დროს. (წყარო: პ. რაიფი)



გარე კედლების თბოიზოლაციის სისტემა

გარე კედლების თბოიზოლაციის სისტემა კომპლექსური სისტემაა და გააჩნია მალა-ლი მოთხოვნები შემსრულებელი ფირმის მიმართ. გარე კედლების თბოიზოლაციის სის-



ტემის ყველა კომპონენტი უნდა შეესაბამებოდეს ალებულ სისტე-მას და მოწოდებული უნდა იყოს ერთი მწარმოებლის მიერ. წინა-აღმდეგ შემთხვევაში მისი გამო-ყენების ნებართა უქმდება.¹³

ილუსტრაცია 148: საიზოლაციო სისტემაში არსებული ღრეჩოები, (ფოტო: პ.რაიფი)

დაარმატურებული ბათქაში

სანამ დაარმატურებულ ბათქაში მთლიანად და საკმარისი ფენის სისქით დაიდება, მანამდე თბოსაიზოლაციო ფილები უნდა გადამოწმდეს ღრეჩოების არსებობაზე, რომ-ლებიც დაარმატურებამდე სპეციალური საიზოლაციო მასალით (მაგ.: პოლიურეთანის ქაფით) უნდა ამოივსოს. ღრეჩოების და ნაპრალების ამოვსება წებოს ხსნარით არ არის ტექნიკურად სწორი, რადგან ეს აჩენს სითბურ ხიდებს, რაც რამდენიმე წელიწადში იწ-ვევს ფასადის ფორმის გარეგნულ ცვლილებებს.

თბოსაიზოლაციო ფილების შიდა ვენტილირების გამოსარიცხად, საიზოლაციო ფი-ლები კედელს უნდა მიეკრას კიდე-წერტილის მეთოდით. მანამდე საჭიროა ბათქაშის მზი-



დუნარიანობაზე შემოწმება. თბო-საიზოლაციო ფილები დამატე-ბით უნდა მიმაგრდეს კედელზე წრიულთავიანი დიუბელებით ქა-რის დატვირთვისგან დასაცავად.

ილუსტრაცია 149: დაზიანებული ფასადი მზიდუნარო ბათქაშით, (ფოტო: პ.რაიფი)



ილუსტრაცია 150: ძველი აივნები ავარიულ მდგომარეობაში იყო და ისინი მოანგრეეს, (ფოტო: პ.რაიფი)

13 - იუნგი, ენერგოკონსულტაციის სახელმძღვანელო, გვ.322.



ილუსტრაცია 151: ფოლადის მზიდი კოჭი ძლიერ კოროზირებული იყო. (ფოტო: ჰ. რაიფი)



ილუსტრაცია 152: ძველი ფოლადის კოჭების სრული დემონტაჟი. (ფოტო: ჰ. რაიფი)



ილუსტრაცია 153: საჭიროა თან-გრის კედელთან შეერთებების რეკონსტრუქცია. (ფოტო: ჰ. რაიფი)



ილუსტრაცია 154: საჭიროა შვერილების მოცილება. (ფოტო: ჰ. რაიფი)





ილუსტრაცია 155: საიზოლაციო ფილებზე ქარის საწინააღმდეგო დუბელების დაყენება.
(ფოტო: ჰ. რაიფი)



ილუსტრაცია 156: ფანჯრის რაფის პერიმეტრული იზოლაცია.
(ფოტო: ჰ. რაიფი)

გარე კედლების თბოიზოლაციის სისტემა / სახანძრო უსაფრთხოება / საზაფხულო სითბოდაცვა

გარე კედლების თბოიზოლაციის სისტემა სრულდება სხვადასხვა საიზოლაციო მასალებით. გერმანიაში კვლავ ხშირად იყენებენ იაფფასიან პოლისტიროლის თბოიზოლაციო მასალებს. ამ მასალის გამოყენებისას 100 მმ-დან თბოიზოლაციის სისქის შემთხვევაში, ფანჯრებისა და კარების თავზე უნდა დამაგრდეს ხანძარსაწინააღმდეგო ლარტყები.

გარე კედლის თბოიზოლაციის სისტემა მინერალური ბამბის ბაზაზე არ არის აალებადი და არ საჭიროებს დამატებით ხანძარსაწინააღმდეგო დაცვას. გარე კედლის თბოიზოლაციის სისტემები განახლებადი თბოსაიზოლაციო მასალებისგან, როგორცაა მერქანოქკოვანი საიზოლაციო მასალა, მატყლი, კანაფი ან ცელულოზა, უზრუნველყოფენ კარგ თბოიზოლაციას როგორც ზამთარში, ასევე ზაფხულში და იცავენ სათავსებს გადახურებისაგან.



ილუსტრაცია 157: ნესტის გავრცელების წინააღმდეგ პერიმეტრის იზოლაცია ცოკლის არეში.
(ფოტო: ჰ. რაიფი)



ილუსტრაცია 158: ხანგრძლივი დაცვა ნესტისაგან: კედლის შვერილზე მოთუთიებული თუნუქის დამონტაჟება. (ფოტო: პ.რაიფი)

პერიმეტრის იზოლაცია

ნესტის გაგრეცელების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ცოკოლის პერიმეტრის იზოლაცია. გარდა ამისა, საჭიროა ცოკოლის საიზოლაციო ფილაზე ორივე მხრიდან ცემენტ-სინთეტიკური ჰერმეტიკული დუღაბის ფენის დადება, რომელიც ნესტის მატებას შეენიანაღმდეგება.

ფანჯრების არეში თბური ხიდები რომ არ გაჩნდეს, ფანჯრის ღიობის გვერდებზე სულ ცოტა 30 მმ სისქის პოლისტიროლი WLG 035 უნდა მიმაგრდეს ან, ალტერნატივის სახით შესაძლებელია ფანჯრების ფასადის პირზე დამონტაჟება, რაც ხელს შეუშლის სითბური ხიდების გაჩენას.



ილუსტრაცია 159: აივნის შვერილებზე დამატებითი ჰერმეტიზაცია წვიმისაგან დასაცავად ცემენტ-სინთეტიკური ჰერმეტიკული დუღაბით და ელასტიკური ქსოვილის შუასადებით (ბადისებრი ქსოვილი). (ფოტო: პ.რაიფი)

თბოსაიზოლაციო მასალის კონტროლი

საიზოლაციო მასალის კონტროლი წარმოადგენს სამშენებლო მეთვალყურეობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კომპონენტს. საიზოლაციო მასალის კონტროლი ადგენს, რომ თბოიზოლაციასთან დაკავშირებული სახელმწიფოს მიერ განსაზღვრული ნორმები მართლაც დაცულია. რეკომენდებულია საიზოლაციო მასალების ტექნიკური სპეციფიკაციის აღნუსხვა და შრეების სტრუქტურის განგარიშებასთან შედარება.



ილუსტრაცია 160: საიზოლაციო მასალის შეფუთვის ტექნიკური სპეციფიკაცია. (ფოტო: პ.რაიფი)



ფანჯრების ჩაშენება/ჰერმეტიკულობის კონცეფცია

ქარგაუმტარი სიბრტყეების შემოწმება ნახვრეტებიდან გაჟონვაზე. არაჰერმეტიკულობის შედეგად შეიძლება თბილ და ნესტიან ოთახში გაჩნდეს კონდენსატი, რაც წარმოქმნის ნესტისგან დაზიანებებს. ამიტომ შეპირაპირება პერიმეტრზე და ორთქლის იზოლაცია სახურავში სრულად უნდა შემოწმდეს არაჰერმეტიკულობაზე. კონდენსატის გაჩენამ შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული დაზიანებები ნესტისგან და წარმოქმნას მნიშვნელოვანი ხარჯები. გარდა ამისა, შენობის გარსის არაჰერმეტიკულობა იწვევს მაღალ ენერგოხარჯებს.

ვენტილაციის კონცეფცია

შენობის ნაწილები ჰერმეტიკულად უნდა შესრულდეს, რათა შემცირდეს სავენტილაციო დანაკარგები და თავიდან იქნას აცილებული ნესტისგან დაზიანება. ამიტომ ვენტილაციის კონცეფციის მეშვეობით ენერგეტიკული სანიერების განხორციელების შემდეგ უნდა დადგინდეს, არის თუ არა საჭირო დამატებითი ღონისძიებების გატარება საკმარისი ჰერმიმოცვლის უზრუნველსაყოფად.



ილუსტრაცია 161: ფანჯრის დეფექტიანი შეპირაპირება (დეტალი მომდევნო ფოტოდან). (ფოტო: ჯ. რაიფი)



ილუსტრაცია 162: გაჟონვის ადგილების ჰერმეტიზაცია (ფოტო: ჯ. რაიფი)

სარდაფის ქერის თბოიზოლაცია

სარდაფის ქერის ქვედა მხრიდან თბოსაიზოლაციო ფილების დამონტაჟებამდე, დაწებების ცდებით უნდა დადგინდეს მოჭიდების სიმტკიცე. თუ არასაკმარისი მოჭიდების უნარიანობა დადგინდება, სარდაფის ქერს უნდა წაესვას კვარცის ქვიშის მინარევიანი გრუნტი. 100 მმ სისქის მინერალური თბოსაიზოლაციო ფილების შემთხვევაში, რეკომენდებულია დამატებით მათი დიუბელებით დამაგრება.





ილუსტრაცია 163: ნებო-ცემენტის ნარევი არასაკმარისი შეჭიდება-დობით. (ფოტო: პ. რაიფი)

ბრტყელი სახურავი/დაქანებული სახურავი/ ზედა სართულთშორისი გადახურვა



ილუსტრაცია 164: უწყვეტი ქარგამ-ძლე სიბრტყე; სამერცხლისა და საკვამურის შეერთებების მოქცევა ჰერმეტიზაციის კონცეფციაში. (ფოტო: პ. რაიფი)



ილუსტრაცია 165: სახურავის ლავგარდანის თბოიზოლაცია ამ სითბური ხიდის შესამცირებლად. (ფოტო: პ. რაიფი)



ილუსტრაცია 166: ორთქლის შემაკავებელი აფსკის შეერთება დაქანებულ ფანჯარასთან. (ფოტო: პ. რაიფი)





ილუსტრაცია 167: გარე ჯალუზზე დამონტაჟებული ფოტოვოლტაიკის პანელები. (ფოტო: პ. რაიფი)

9.2. ჰერმეტიკის შემოწმება/აეროკარის ტესტი

აეროკარის ტესტი არის ჰერმეტიკობაზე შემოწმება. ის იძლევა ინფორმაციას შენობის გარსის ჰაერშეღწევადობაზე. შენობის გარსის არაჰერმეტიკობა იწვევს შენობის დაზიანებას, რადგან შენობის ნაწილის ხვრელებიდან ჰაერის უკონტროლო ნაკადს მოჰყვება ნესტიც. გარდა ამისა, ვენტილაციისას წარმოიქმნება დამატებითი 30% სითბური დანაკარგები. შენობის გარსის ჰერმეტიკობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია რეკუპერაციის მქონე სავენტილაციო დანადგარებისთვის. გაჟონვები განაპირობებს არარენტაბელურ ექსპლუატაციას, რადგან ხდება უკონტროლო თბილი ჰაერის გაჟონვა და ცივი ჰაერის ინფილტრაცია. აეროკარის გაზომვები რეკომენდებულია აგრეთვე ბინებსა და ოთახებს შორის ხმაურისა და სუნის გადაცემის და ცივი ჰაერის შემოღწევის მიზეზის დასადგენად.

აეროკარის გაზომვების მეშვეობით ხდება გაჟონვის ადგილების დადგენა და ოპტიკურად წარმოდგენა. ჰერმეტიკობა მოწმდება ხელოვნური კვამლის ფარდის მეშვეობით, რომელიც ოთახში მაღალი წნევით შებერვისას ხვრელებიდან გაჟონავს გარეთ (შენობაში ჰაერის გაუხშობის შექმნისას გაჟონვის ადგილები თვალსაჩინოდ წარმოჩენდება ინფრარითელი კამერების მეშვეობით. გარდა ამისა, თერმოანემომეტრით შესაძლებელია შემოღწეული ჰაერის ნაკადის სიჩქარის გაზომვა და რაოდენობის დადგენა.).



აეროკარის ტესტის შედეგად ხელოსანს შეუძლია შენობის გარსის სუსტი ადგილების მიზანმიმართული შეკეთება, რათა მომავალში თავიდა იქნას აცილებული სამშენებლო დაზიანებები, გაუმჯობესდეს შენობის ენერგოეფექტურობა და დასაბუთდეს მოთხოვნილი ჰერმეტიკობა.

პასიური სახლებისა და დაბალი ენერგომოხმარების სახლებისათვის ჰაერშეღწევადობის შემოწმების ჩატარება სავალდებულოა. EnEV 2014 (ენერგიის დაზოგვის განკარგულება)-ის თანახმად ჰერმეტიკული შენობის გარსი მოთხოვნილია ახალაშენებული შენობებისთვისაც.

ილუსტრაცია 168: ჰაერშეღწევადობის საზომი ხელოსანის წნევის სხვაობის საზომით. (ფოტო: პ. რაიფი)

9.2.1. ჰერმეტიკულობის შემოწმების წესი

ჰერმეტიკულობაზე შემოწმების ჩასატარებლად, ინტეგრირებული ვენტილატორითა და ჰაერშეღწევი აფსკით გადაჭიმული მეტალის ჩარჩოს ამონტაჟებენ კარის ღიობში. ვენტილატორის მეშვეობით შენობაში იქმნება ჯერ წნევის გაუხშობა, შემდეგ კი გაზრდილი წნევა. წნევათა სხვაობა ატმოსფერულ წნევასთან შეადგენს 50 პასკალს (შეესაბამება 5-ბალიან ქარის სიძლიერეს). ჰაერის მოცულობითი ნაკადის გაზომვის მეშვეობით მომატებული და გაუხშობებული წნევების დროს ხდება გაზონვის ადგილების დადგენა.

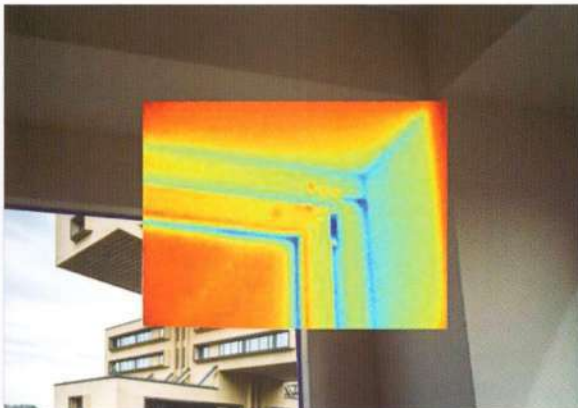
ხარვეზით ჩაყენებული ფანჯრის არაჰერმეტიკულობა

ახლად აშენებულ ადმინისტრაციულ შენობაში ჩააყენეს ახალი ფანჯრები, რომელთა ჰერმეტიკულობას და ეფექტურ სითბოდაცვას დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდნენ. სამუშაოების დასრულების შემდეგ დამკვეთმა დაიჩივლა შიდა მხარეს ფანჯრების გარშემო დაყოლებული ზოლების არეში არაჰერმეტიკულობის თაობაზე. ჰაერშეღწევადობის შესამოწმებლად ჩატარდა ჰერმეტიკულობის ტესტი თერმოგრაფიულ კამერასთან კომბინაციაში. ჰაერის შეღწევის ადგილების აღმოსაჩენად ოთახში შეიქმნა 50 პასკალი წნევის გაუხშობა. დამატებით გამოიყენეს თერმოგრაფიული კამერა გარედან შემოსული ჰაერის ნაკადის ვიზუალიზაციისათვის.

პრაქტიკული მაგალითის მოკლედ განხილვისთვის დეტალურად წარმოგიდგენთ მხოლოდ აზომვის ორ წერტილს: 3+4 მარჯვენა ფანჯარაზე:

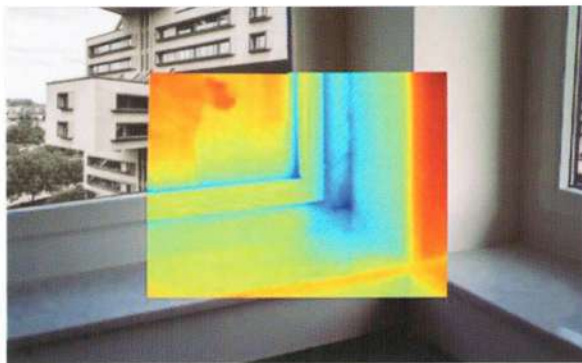


ილუსტრაცია 169: შესამოწმებელი ფანჯარა 2 (მარჯვნივ).
(წყარო: ქ. რაიფი)



ილუსტრაცია 170: ფანჯარა 2-ის სითბური სურათი, გაზომვის წერტილი 3: შეპირაპირების ნაკერი ზევით მარჯვნივ. დაფიქსირდა ჰაერის ნაკადის მაღალი სისწრაფე შეპირაპირების ნაკერის ხვრელიდან და ანჯამის არეში.
(ფოტო: ქ. კიკი)





ილუსტრაცია 171: ფანჯარა 2-ის სითბური სურათი. გაზომვის წერტილი 4: შეპირაპირების ნაკერი ქვემოთ მარჯვნივ. დაფიქსირდა ჰაერის ნაკადის მაღალი სისწრაფე შეპირაპირების ნაკერის ხვრელიდან. (ფოტო: ქ. კიკი)

აეროკარის გაზომვების შედეგი: ჰაერის ნაკადი გაზომილი იქნა ანემომეტრით და დადასტურდა ჰაერის მაღალი ინფილტრაციის დონე. თერმოგრაფიული კამერით ვიზუალიზაციის მეშვეობით გაჟონვის ადგილები თვალსაჩინოდ დადგინდა. ფანჯრების დამმონტაჟებელი ვალდებულია შეაკეთოს გაჟონვის ადგილები.

9.3. თერმოგრაფია

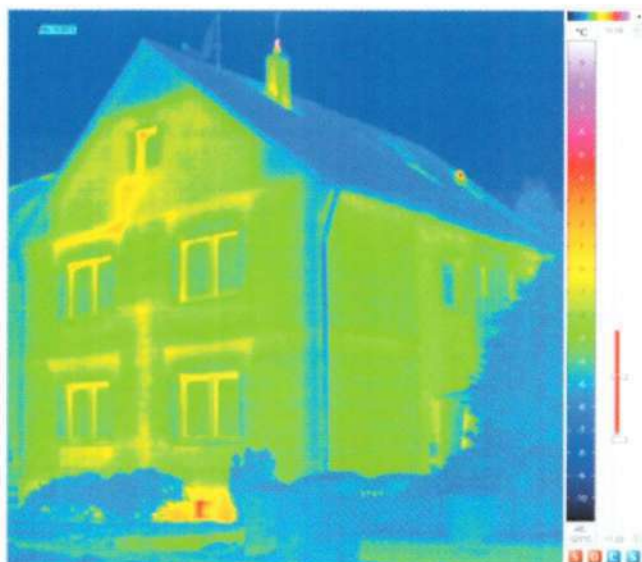
თერმოგრაფიას იყენებენ პრობლემური ადგილების ანალიზისათვის სითბური ხიდეების შესამცირებლად და შენობის გარსის თერმული შეფასებისათვის. თერმოგრაფია არის უკონტაქტო გაზომვა შენობის გარსის ზედაპირის ტემპერატურის განაწილების წარმოსადგენად. თერმოგრაფიული კვლევის შედეგების საფუძველზე ვიზუალურად წარმოჩინდება შენობის გარსის სითბური დანაკარგები. ამასთანავე, თერმოგრაფიული კამერა არის ხელსაწყო, რომელიც საიმედოდ და დაუზიანებლად განსაზღვრავს არსებულ შენობათა თბოსაიზოლაციო ტექნიკურ ხარისხს და ეფექტურად აკონტროლებს საიზოლაციო სამუშაოების კვალიფიციურ განხორციელებას.

თერმოგრაფიის ჩასატარებლად საჭიროა მთლიანი შენობის გათბობა ოთახის ტემპერატურაზე, ანუ 20°C -ზე, ხოლო ტემპერატურათა სხვაობა გარე და შიდა ტემპერატურებს შორის უნდა შეადგენდეს მინიმუმ 15°C -ს. თუკი ტემპერატურა მინიმუმ 5°C , 0°C ან, უკეთეს შემთხვევაში, უფრო დაბალია, ამ შემთხვევაში მიიღება ზუსტ სითბური გამოსახულება.

თერმოგრაფიის ჩატარება შეუძლებელია კრამიტით გადახურული სახურავებისა და სვეტ-კოჭოვანი ფასადებისთვის დიდფართობიანი შეშინვებით, ვინაიდან ეს სივრცეები შიგნიდან ვენტილირებადია და აქ სტაციონარულ ტემპერატურათა პროფილის აგება შეუძლებელია. ამრეკლი ზედაპირების, მაგალითად ფანჯრის მინის, შეფასება მხოლოდ ნაწილობრივად შესაძლებელი, ვინაიდან ფანჯრის მინა ირეკლავს სხვა ობიექტების სითბურ გამოსხივებას.

9.3.2. თბური ხიდები

ტიპურ თბურ ხიდებს წარმოადგენენ თბოდანაკარგები, რომლებიც წარმოიქმნება შენობის სხვადასხვა ელემენტების შეერთებების ადგილებში. ასეთია: ღია აივნის ფილები,



ფანჯრის ზღუდარი, რადიატორის ნიში და სართულთშორისი გადახურვა. (თბურ ხიდებთან დაკავშირებით იხ. აგრეთვე თავი 6.5.)

ილუსტრაცია 172: ფასადის სითბური გამოსახულება. (ფოტო: პ. რაიფი)

თერმოგრაფიით დათვალიერება იძლევა საშუალებას გამოვავლინოთ თვალით უხილავი პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებულია თბოდანაკარგებთან. ასეთებია შემომზღუდი კონსტრუქციის ცუდი თბოიზოლაცია, კედლის წყობის დეფექტები, შენობის წიბოების შეერთების დეფექტები, ვენტილაციის/კონდინცირების გათბობის სისტემიდან სითბოს გადინება და სხვა. თერმოგრაფიით გადაღებულ გამოსახულებას თერმოგრაფები ეწოდება. თერმოგრაფიით შესაძლებელია თბოდანაკარგების იდენტიფიცირება. თერმოგრაფიული სურათის მარჯვენა კიდეში გამოსახულია ტემპერატურული სკალა, რომელზეც თითოეული ტემპერატურა აღნიშნება გარკვეული ფერით. თეთრი ფერი აღნიშნავს ძალზე მაღალ ტემპერატურას, ხოლო ლურჯი - დაბალს.

9.3.2. თერმოგრაფიის პრინციპები

თითოეული ზედაპირი, მისი აგრეგატული მდგომარეობის მიუხედავად, გამოსცემს ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, როდესაც ზედაპირის ტემპერატურა აბსოლუტურ ნულზე ანუ $273,16^{\circ}\text{C}$ -ზე მაღალია.

პლანკის გამოსხივების მრუდი აღწერს გამოსხივების სპექტრს, რომელიც გარკვეული ტემპერატურის სხეულიდან გამოსხივდება. გამოსხივების მრუდის თითოეული გამოსხივების მაქსიმუმი „პლანკის“ განტოლების თანახმად უშუალოდ მიესადაგება განსაზღვრულ ტემპერატურას. შენობის თერმოგრაფიის ჩასატარებლად განსაკუთრებით გამოსადეგია ის კამერები, რომელთა სპექტრული მგრძნობიარობა გრძელტალღიანი ინფრარითელი გამოსხივების $8-12\text{ }\mu\text{m}$ დიაპაზონშია მოქცეული.

9.3.3. ემისიების კოეფიციენტი

საკუთარ გამოსხივებასთან ერთად სხეული გარკვეულწილად გამოსცემს აგრეთვე გარემოს გამოსხივებას და ამგვარად აყალბებს გაზომვების შედეგებს. მასალების ემი-



სივრცის კოეფიციენტი გვიჩვენებს საერთო გამოსხივებიდან ობიექტის საკუთარი გამოსხივების წილს და თერმოგრაფიული გადაღებისათვის უნდა მოხდეს მისი შესაბამისი დაყენება კამერაში.

მასალა, ტემპერატურა 20°C:	ემისიების კოეფიციენტი
ალუმინი, პრიალა	0,05
ალუმინი, ხორკლიანი	0,18
ალუმინი, ძლიერ გამოფიტული	0,83
ბეტონი, შეფიცვრის მოხსნის შემდეგ ხორკლიანი	0,94
ხე, საშუალო მონაცემები	0,95
წყალი	0,98
აგური	0,93

ცხრილი 27: ემისიების კოეფიციენტების ნიმუში 20°C ტემპერატურაზე. (წყარო: ჰ. რაიფი)

თანამედროვე თერმოგრაფიული კამერები აღჭურვილია გაუგრილებელი FPA-დეტექტორებით. FPA-ში იგულისხმება Focal-Plane-Array, რაც ნიშნავს, რომ დეტექტორს ცალკეული დეტექტორების ორგანიზაციებიანი წყობა აქვს, მსგავსად დიგიტალური კამერის CCD-ჩიპსა. სტანდარტული გადაღებისათვის უნდა გამოვიყენოთ დეტექტორი მინიმუმ 320 x 240 გარჩევისუნარიანობით. მაღალხარისხიან კამერების სისტემებს აქვთ ცალკეული დეტექტორების 480 x 640 ან 768 x 1024 გარჩევისუნარიანობები.

თერმოგრაფიული კამერის სხვა ასევე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია თითოეული ცალკეული დეტექტორის ტემპერატურული მგრძნობიარობა, როგორც კამერის სითბური გარჩევისუნარიანობის ზომა. მაღალხარისხიანი კამერების ტემპერატურული მგრძნობიარობა შეადგენს 0,10-0,03 კელვინს.

9.3.4. სხვა თერმოგრაფიული სისტემები

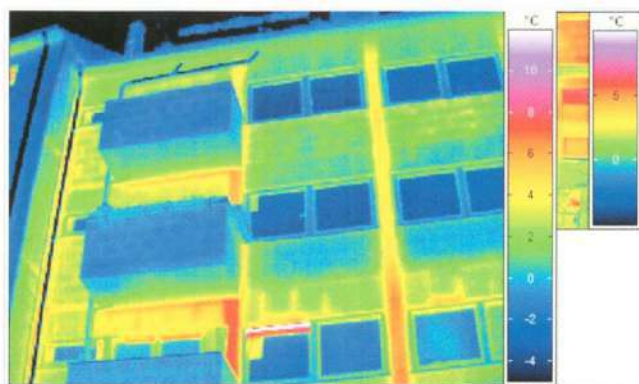
თერმოგრაფიას სათავე დაუდო სკანერულმა კამერამ, რომელსაც მხოლოდ ერთი მაღალი მგრძნობიარობის მქონე დეტექტორი გააჩნია და რომლის გაგრილებაც თხევადი აზოტით ან ელექტრულად მართული გამაგრილებელი ელემენტით უნდა მოხდეს. სკანერებს კვლავაც იყენებენ სამშენებლო თერმოგრაფიაში.

თერმოგრაფიის გამოყენების სფეროებია:

- სამშენებლო თერმოგრაფია
- ელექტროთერმოგრაფია შემოწმებისათვის
- სანარმოო თერმოგრაფია თბური ნაკადების შესაფასებლად
- თერმოგრაფიის სისტემები გამოიყენება აგრეთვე დეფექტური ფოტოვოლტაიკის პანელების ადგილმდებარეობის აღმოსაჩენად.

9.3.5. სითბური გამოსახულებები პრაქტიკაში

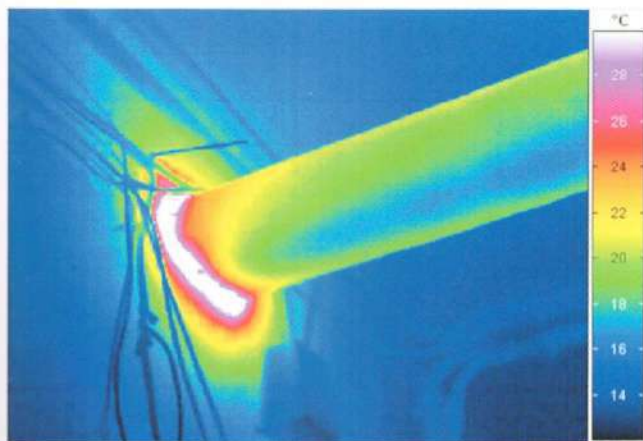
მრავალბინიანი სახლის ფასადი



ილუსტრაცია 173:
მრავალბინიანი სახლის
სითბური გამოსახულება.
(ფოტო: ჰ. რაიფი)

სითბური გამოსახულება გვაწვდის შემდეგ ინფორმაციას: ვერტიკალური სითბოს გადამტანი გათბობის ხაზი არ არის საკმარისად თბოიზოლირებული. შენობის გარსს გააჩნია სითბოს დაბალი სტანდარტი. აღინიშნება თერმული დანაკარგები სითბოს გამანაწილებელი მილებიდან. აივნის გამოშვერილი ფილები წარმოქმნიან კონსტრუქციულად განპირობებულ სითბურ ხიდებს და ხელს უწყობენ ფასადის თერმულ დანაკარგებს.

გათბობის მილის თბოიზოლაცია

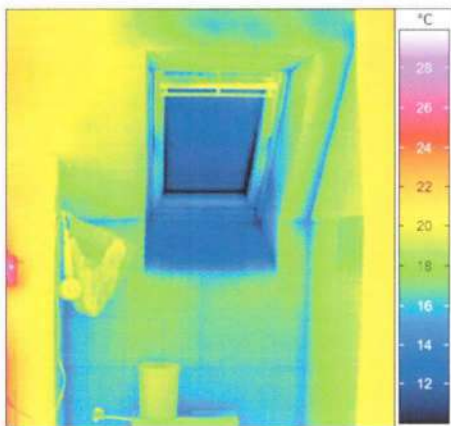


ილუსტრაცია 174: სითბური
გამოსახულება: გათბობის
მილის თერმული
დანაკარგები.
(ფოტო: ჰ. რაიფი)

სითბური გამოსახულება გვაწვდის შემდეგ ინფორმაციას: თერმული დანაკარგები ხდება ხარვეზიანად შესრულებული გათბობის მილის თბოიზოლირების და კედელში შემავალ გათბობის სისტემაში შეერთების ადგილიდან.



დახრილი სახურავის ფანჯარა



ილუსტრაცია 175: სითბური გამოსახულება:
მანსარდული ბინა, საბაბაზანო.
(ფოტო: ჯ. რაიფი)

სითბური გამოსახულება გვაწვდის შემდეგ ინფორმაციას: დახრილი სახურავის ფანჯრის შემოსვა წარმოადგენს თერმული თვალსაზრისით პრობლემურ ადგილს. ფანჯრის ღიობის შიდა ფერდობებზე აღინიშნება სითბური დანაკარგები. გარდა ამისა, არსებობს რისკი, რომ არასაკმარისი ვენტილაციისა და გათბობის შემთხვევაში, განსაკუთრებით აბაზანაში, გაჩნდება ნესტისგან გამოწვეული ობის სოკოიანი დაზიანება.

10. თბოსაიზოლაციო ღონისძიებების ეკონომიურობის შეფასება

10.1. ენერგოეფექტურობა, ენერგოდაზოგვა, ენერგოგამომუშავება

ნებისმიერი ენერგეტიკული ანალიზის ცენტრში, რომელი მხრიდანაც არ უნდა განვიხილოთ ეს თემა, საექსპლუატაციო გეგმიური დანახარჯის ანალიზის გარდა, ყოველთვის დგას რეზულტატის და საჭირო ინვესტიციების საკითხი. ამასთან, მუდამ კრიტიკულად განიხილება თბოსაიზოლაციო მასალების ფენოვანი სტრუქტურის გამოყენება. ამასთან დაკავშირებით, როგორც ეკონომიური, ასევე ეკოლოგიური თვალსაზრისით, დიდი მნიშვნელობა აქვს კონსტრუქციების ხანგამძლეობისა და ტექნიკური მომსახურების დაბალი დანახარჯების ასპექტებს, თუმცა ამ საკითხების განხილვისას რეგულარულად ჩნდება მათ მიმართ მიდგომებში განსხვავებები. დამკვეთისათვის წინა პლანზე დგას ინვესტიცია და უძრავი ქონების ექსპლუატაციისათვის საჭირო ენერგოხარჯის სავარაუდო შემცირება. ისეთი პარამეტრი, როგორიცაა, მაგალითად, პირველადი ენერგიის მოხმარება, რომელიც გერმანიის მთავრობის ენერგიის დაზოგვის შესახებ განკარგულების (EnEV)-ის შესაბამისი დასაბუთებისთვის უნდა დადგინდეს, არ წარმოადგენს დიდ ინტერესის საგანს, ვინაიდან პარამეტრები ზედმეტად აბსტრაქტულია და ნაკლებად ასახავს მოხმარებლის ფაქტიურ სამომხმარებლო ქცევის ხასიათს. მეორე მხრივ, მნიშვნელოვანია პოლიტიკურად განპირობებული ერთიანი ანალიზის ასპექტები: მხოლოდ იმგვარი ანალიზი ასახავს ენერგომომოთხოვნილებისა და ენერგოეფექტურობის სრულ სურათს, რომელიც ითვალისწინებს წარმოშობას, ტრანსპორტირებასა და გარდაქმნის დანაკარგებს.

ყველევებმა დაადასტურა, რომ თბოსაიზოლაციო მასალების გამოყენების შედეგად ენერგიის მოსალოდნელ დაზოგვასთან და მოგებასთან მიმართებაში, ის თბოსაიზოლაციო მასალა, რომელიც ერთი ლიტრი ნავთობისგან იწარმოება და ფასადისათვის გამოიყენება, 50-წლიანი ექსპლუატაციის პერიოდში დაახლოებით 200 ლიტრ საწვავს და, შესაბამისად, 600 კგ CO₂-ს შეამცირებს¹⁴. ამას უპირისპირდება ის ფინანსური ხარჯი, რომელიც საჭიროა თბოსაიზოლაციის ყველაზე მარტივი ფორმის

- EPS-ის საფუძველზე დამზადებული გარე კედლის თბოსაიზოლაციო სისტემის წარმოებისთვის და რომელიც ტექნომსახურების გარეშე ღირს 100 ევრო/მ². აქედან გამომდინარეობს ამოცანის ვადები, რომელიც რიგით დამკვეთს ძალზე ხანგრძლივი ეჩვენება და ისე, რომ მასში არ არის გათვალისწინებული დემონტაჟის და უტილიზაციის ფინანსური ხარჯები.

ილუსტრაცია 176: განსხვავებული ინტერესები და მოთხოვნები კონსტრუქციისა და საზოგადოებრივი მიზნების არჩევასთან დაკავშირებით.



14 - კ.კ. კორნერი, თერმოიზოლაცია არის კლიმატის დაცვა - პოლიტიკის, ეკონომიკისა და მეცნიერების მაგიური სამკუთხედი, გამოქვეყნებულია გ. ჰაუზერის 60 წლის იუბილესადმი მიძღვნილ კრებულში: ეკოლოგიური მშენებლობა, გვ. 183



10.2. ეკონომიურობა და დაზოგვის პოტენციალი

არსებული შენობების გარე ნაწილების თერმოიზოლაციის გაუმჯობესების შეფასება ხდება სითბოს გატარების კოეფიციენტის შეცვლით. ამისათვის შენობის გარე ნაწილის მ²-ზე გათვლილი შეფასებისათვის საჭიროა განისაზღვროს სხვაობა სითბოს გატარების არსებულ Σ კოეფიციენტსა და ახალ Σ კოეფიციენტს შორის:

$\Delta \Sigma$ კოეფიციენტი $\times 10 =$ წელიწადში ლიტრებში თხევადი საწვავის ან მ³ - ში გაზის დაზოგვა¹⁵

აქ შეგვიძლია მაგალითისთვის განვიხილოთ კედელი, რომელიც შემდგომ დამატებით იზოლაციას საჭიროებს:

არსებული აგურის კედელი, რომლის სითბოს გატარების კოეფიციენტი $\Sigma = 2,20$ ვტ/(მ²·K), იფარება 12 სმ სისქის საიზოლაციო მასალით, რომლის კუთრი თბოგამტარობაა $\lambda 0,036$ ვტ/(მ·K). იზოლირებული კონსტრუქციის სითბოს გატარების კოეფიციენტი შემცირდება 0,264 ვტ/(მ²·K)-მდე. შესაბამისად, სხვაობა შეადგენს 1,935 ვტ/(მ²·K)-ს.

$1,935 \text{ ვტ/(მ}^2\text{·K)} \times 10 = 19,36$ ლიტრი თხევადი საწვავი ან მ³ გაზი მ²-ზე წელიწადში.

შენობის ენერგეტიკული სანიერების გაანგარიშების საფუძვლები:

1. გათბობის პერიოდის ხანგრძლივობა 220 დღე, ნაწილობრივ სანიერებული შენობა.

გათბობის ზღვრული ტემპერატურა 12°C, FGT=75 kWh/წ

2. გათბობის საქვამე საბოლოო ენერგიის ხარჯის რიცხვით: $e = 1,2$

3. არსებული ფანჯრების საგარეუდო სითბოს გატარების კოეფიციენტი $\Sigma_{\text{ფენელი}} = 2,0$ ვტ/(მ²·K)

4. ორმაგი შემინვის სითბოს გატარების კოეფიციენტი $\Sigma_{\text{ახალი}} = 1,1$ ვტ/(მ²·K)

5. სამმაგი შემინვის სითბოს გატარების კოეფიციენტი $\Sigma_{\text{ახალი}} = 0,8$ ვტ/(მ²·K)

ფანჯრის ფართობის 1 მ²-თვის 220-დღიანი გათბობის პერიოდში წარმოიქმნება გათბობის მოთხოვნილება არსებული ფანჯრისათვის:

$Q_{\text{ფანჯარა, არსებული}} = 1 \cdot 2,0 \cdot 1 \cdot 75 = 150$ კვტ.სთ/წ (100%)

არსებული ფანჯრების შეცვლა გამოიწვევს შემდეგ ცვლილებებს გათბობის მოთხოვნილებაზე მ² ფანჯრის ფართობზე:

$Q_{\text{ფანჯარა, 2 შინა}} = 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 75 = 82,5$ კვტ.სთ/წ (55%)

$Q_{\text{ფანჯარა, 3 შინა}} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 75 = 60$ კვტ.სთ/წ (40%)

არსებული გათბობის საქვამის გათვალისწინებით მოხდება გათბობის ენერგიის დაზოგვა ფანჯრის ფართობის მ²-ზე წელიწადში:

ორმაგი შემინვის შემთხვევაში 81 კვტ.სთ/მ²წ

სამმაგი შემინვის შემთხვევაში 108 კვტ.სთ/მ²წ

ორმაგი შემინვით შეცვლის დროს საწვავის დანაზოგი შეადგენს დაახლ. 81 ლ თხევად საწვავს ან 81 მ³ ბუნებრივ აირს. სამმაგი შემინვის მეშვეობით შესაძლებელია დამატებითი 25% დანაზოგის მიღწევა.

15 - ბავარიის ეკონომიკის, ინფრასტრუქტურის, ტრანსპორტისა და ტექნოლოგიის სამინისტრო (გამომცემელი), ცალკეული ღონისძიებების ხარჯები და ეკონომიურობა - 52.



საორიენტაციოდ: კომუნალურ სამსახურებში ბუნებრივი აირის 1 კვტ. სთ. ენერგიის ბრუტო ტარიფი კომერციული კლიენტებისათვის, რომელთა გამათბობლის სიმძლავრე მოქცეული 40 - 93 კვტ-ის დიაპაზონში, შეადგენს დაახლ. 0,0593 ევროს (08/2013-ის მდგომარეობით). აქედან გამომდინარეობს ახალი ფანჯრების დანაზოგი მ²-ზე, იმის გათვალისწინებით, რომ არსებულ ფანჯრებს გააჩნიათ სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U_{\text{ძველი, საერთო}} = 2,0 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

ორმაგი შეშინვისთვის 81 კვტ.სთ/მ²წ დანაზოგი შეადგენს დაახლ. 48,03 ევრო/წლ
სამმაგი შეშინვისთვის 108 კვტ.სთ/მ²წ დანაზოგი შეადგენს დაახლ. 64,04 ევრო/წლ

თუ, სავარაუდოდ, ახალი ფანჯარა შეიძლება ღირდეს 1.500 ევრო, ამოგების ვადა ფინანსური ხარჯებისა და ფასების ზრდის გათვალისწინების გარეშე შეადგენს დაახლ. 9,7 წელს.

ეკონომიურობის ანალიზი არ ითვალისწინებს სამომხმარებლო ქცევის გავლენას. მაგ., მომხმარებლის სავენტილაციო მოქმედებები წარმოადგენს არსებით კრიტერიუმს თბოიზოლირებული ფანჯრის კონსტრუქციის ეფექტურობასთან მიმართებაში. ამიტომ ენერგოეფექტურობის მოდელურ გათვლაში მხოლოდ ის ფანჯრები განიხილება, რომლებიც თითქმის მუდმივად დაკეტილია.



11. ენერგომოხმარების კონსულტაცია

11.1. შენობის ენერგოპასპორტი

შენობის დაპროექტების პროცესში, მისი ენერგეტიკული ხარისხის კლასიფიკაციისათვის შემუშავებენ შენობის ენერგოპასპორტს, რომელიც გვაძლევს ინფორმაციას შენობის გარსის თბოტექნიკური მახასიათებლებისა და შენობაში არსებული საინჟინრო სისტემების - გათბობის, ვენტილაციის, ცხელწყალმომარაგებისა და განათების შესახებ. ენერგოპასპორტი ასევე ითვალისწინებს იმ ღონისძიებების ჩართვას, რომლებიც ხელს უწყობს CO₂-ის გამოფრქვევის შემცირებასა და გათბობაზე / გაგრილებაზე ენერგომოთხოვნის შემცირებას.

ენერგოპასპორტი გაიცემა საპროექტო დოკუმენტაციისა და შენობის ენერგეტიკული ანალიზის საფუძველზე. ენერგოპასპორტის შესადგენად საჭიროა შემდეგი მონაცემები:

- გათბობის სისტემა, თბოგადამცემი ელემენტები და გამანაწილებელი სისტემები
- ცხელწყალმომარაგება და გამანაწილებელი სისტემა
- სავენტილაციო სისტემის სახეობა
- გაგრილება ან კონდიციონერება
- განათება, სანათები და ნათურები
- პირველადი ენერგიის ენერგოეფექტურობის შეფასება
- ოთახებში მაცხოვრებელთა სიმჭიდროვე და სამომხმარებლო პროფილები
- ენერგომომარაგების სისტემის სახეობა
- წყალმომარაგება/კანალიზაციის სისტემები
- სასათბობი ფართის მოცულობა
- თბოგამტარობის წინააღობა (შენობის ნაწილები: ქერი, კედლები, ფანჯრები და კარები, გრუნტის ფილები თბოგადამცემის U კოეფიციენტის დადგენილი სავალდებულო მნიშვნელობებით)
- მშენებლობის მოცულობა, გასათბობი ოთახების ფართობი და მოცულობა
- შენობის აღჭურვა მრიცხველებით, მოხმარებული რესურსის დანახარჯის აღრიცხვისათვის
- შიდა კლიმატური პირობები და ზონების შედარება
- გამთბარ და გაუმთბარ ოთახებს შორის შიდა თბური დანაკარგების კონტროლი

ამ დოკუმენტაციის შემოწმების შემდეგ შეგროვებულ ინფორმაციას გაანალიზებენ და შეაფასებენ შენობასთან მიმართებაში. ამასთანავე, უკეთესი ენერგეტიკული შედეგების მისაღწევად გაანგარიშების პროცესში შესაძლებელია მოხდეს შენობის გარსის ან საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ოპტიმიზაცია. ამრიგად, გაანგარიშება ენერგეტიკული დაგეგმვის გაუმჯობესებასაც ემსახურება.

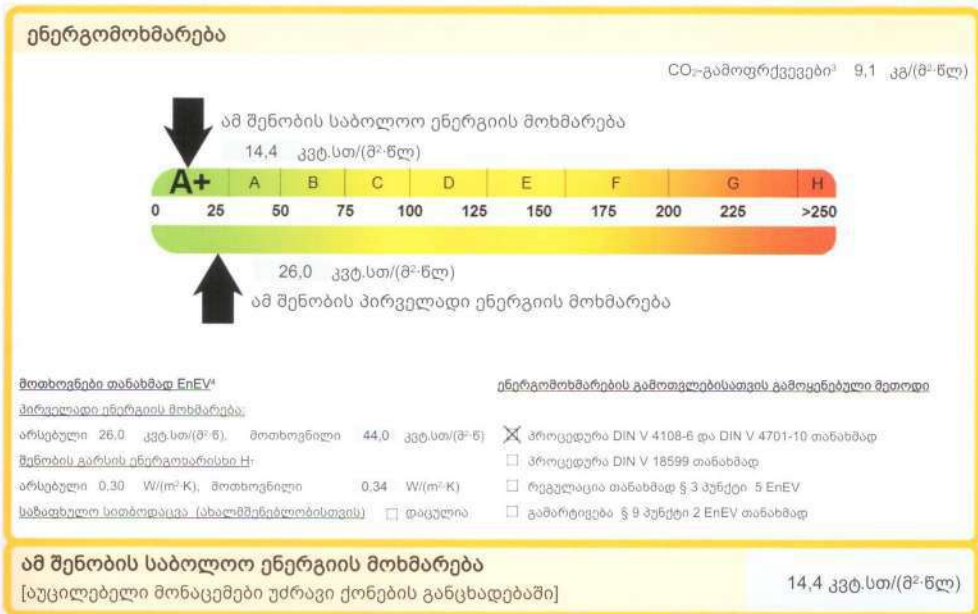
ენერგოპასპორტი გაიცემა ახალი მშენებლობისთვის, შენობებისათვის, რომელთაც ჩაუტარდათ რეკონსტრუქცია და არსებული შენობებისათვის; აგრეთვე იმ შენობებისთვის, რომელთა დანიშნულებაც იცვლება. ენერგოპასპორტის თანახმად შენობები კლასიფიცირდება A-G კლასებად. A - კლასი აღნიშნავს შენობის მაღალ ენერგოეფექტურობას. G - კლასი კი ცუდი ენერგეტიკული სტანდარტისა და, შესაბამისად, პირველადი ენერ-





გიის მაღალი მოთხოვნილების მაჩვენებელია. ენერგოპასპორტი ასევე შეიცავს სარეკომენდაციო ღონისძიებებსაც, რომელთა დანერგვის შედეგად შესაძლებელია ენერგორესურსების მოხმარების დაზოგვა.

ილუსტრაცია 177:
ქუთაისის მუნიციპალიტეტის ბროშურა



ილუსტრაცია 178: ამონარიდი ენერგოპასპორტიდან, იმ სახით, როგორიცაა ის დადგენილია გერმანიის კანონმდებლობით. (წყარო: თ. დუცია)

ენერგოპასპორტი წარდგენილ უნდა იქნას შენობის ექსპლუატაციაში შესვლისთანავე. ამ გზით ხდება უძრავი ქონების ენერგეტიკული ხარისხის დოკუმენტირება და დადასტურება იმისა, რომ მშენებლობის დროს დაცულ იქნა გაანგარიშების ყველა საორიენტაციო კრიტერიუმი. ეს ხდება როგორც ახალმშენებლობას, ასევე მთლიანად ან ნაწილობრივ სანირებულ შენობებს. შენობის ექსპლუატაციაში შესვლის ნებართვის მისაღებად.



ბად საჭიროა შემდეგი დოკუმენტაციის წარდგენა:

- შენობის პარამეტრების შესაბამისობის დამადასტურებელი დეკლარაცია
- შემსრულებელი ფირმების შესაბამისობის დამადასტურებელი დეკლარაცია, რომლებმაც დაამონტაჟეს გათბობისა და/ან გაგრილების ტექნიკური სისტემები
- დოკუმენტი შესრულებული ან შესასრულებელი ენერგოეფექტური ღონისძიებების ჩამონათვალით

ენერგოპასპორტი არის ე.წ. დამადასტურებელი საბუთი იმისა, რომ შენობა აკმაყოფილებს კანონით დადგენილ ნორმებს.

შენობის კლასიფიკაცია - ძირითადად გათბობისა და გაგრილების ენერგომოთხოვნასთან მიმართებაში - ხდება კანონით გათვალისწინებული სტანდარტების საფუძველზე. შენობები, მათი გათბობის ენერგეტიკული მოთხოვნიდან გამომდინარე, იყოფა სხვადასხვა ჯგუფებად. გერმანიაში მათ შემდეგნაირად აღნიშნავენ:

- დაბალი ენერგომოხმარების სახლი: შენობის გარსს აქვს კარგი თბოიზოლაცია და გათბობის ენერგეტიკული მოთხოვნა არის 50-დან 70 კვტ.სთ/(მ²წ). ასე აღინიშნება ის შენობები, რომლებშიც კანონით გათვალისწინებული ენერგეტიკული მოთხოვნა დაახლ. 30%-ით უფრო დაბალია, ვიდრე ეს ახალშენებლობისთვის იყო გათვალისწინებული.
- „3-ლიტრიანი სახლი“: აქვს შენობის გარსის კარგი თბოიზოლაცია და გათბობის ენერგეტიკული მოთხოვნა 30 კვტ.სთ/(მ²წლ). ეს შეესაბამება 3 ლიტრი თხევადი საწვავის (მ²წლ) პირველადი ენერგიის მოხმარებას.
- პასიური სახლი: გააჩნია საშუალოზე მაღალი დონის თბოიზოლაცია და აგრეთვე კონტროლირებადი ვენტილაცია რეკუპერაციით. შენობის ეს ტიპი, ენერგოეფექტური ფანჯრების დამონტაჟებისა და განლაგების მეშვეობით იყენებს მზის ენერგიას. პასიური სახლები აღინიშნება გათბობის მოხმარების ზღვრული სიდიდით 15-25 კვტ.სთ/(მ²წლ).
- ნულოვანი ენერგომოხმარების სახლი: გააჩნია საშუალოზე მაღალი დონის თბოიზოლაცია და ტექნოლოგიები, როგორიცაა მზის თბური ენერგიის აკუმულაცია მისი გათბობის მიზნით გამოსაყენებლად; აგრეთვე მზის პანელების გამოყენება ელექტროენერგიის მოთხოვნის უზრუნველსაყოფად. ნულოვანი ენერგომოხმარების სახლში გათბობის ენერგეტიკული მოხმარება შემცირებულია ნულამდე და პირველადი ენერგიის მოხმარება არის კლიმატ-ნეიტრალური. დღესდღეობით ასეთ შენობებს ჯერ კიდევ კვლევითი და სადემონსტრაციო სახე აქვს, თუმცა მათი კუმულაციური ენერგომოხმარება და ხანგრძლივობის ფინანსური ხარჯები უფრო მაღალია, ვიდრე პასიური სახლებისა.

შენობების კლასიფიკაცია დღესდღეობით შესაძლებელია მოხდეს ისე, როგორც ეს ქალაქ ქუთაისის ენერგოშეფასების პლაკატზეა მოცემული. მასზე წარმოდგენილია მუნიციპალიტეტის შენობის ენერგორესურსების მოხმარება, წყლის მოხმარება და CO₂-გამოფრქვევების რაოდენობა ატმოსფეროში. პლაკატზე ასევე წარმოდგენილია ენერგოეფექტურობის გასაუმჯობესებელი სარეკომენდაციო ღონისძიებების ჩამონათვალი. შენობის კლასიფიკაცია ხდება A-დან G-მდე. ამგვარი ვიზუალიზაცია დადებითად აისახება მფლობელზე უძრავი ქონების გაქირავების ან გაყიდვის შემთხვევაში.



11.2. პრაქტიკული მაგალითი: არსებული საცხოვრებელი სახლის ენერგეტიკული სანირება

პრაქტიკული მაგალითის საფუძველზე წარმოგიდგენთ 2-ოჯახიანი საცხოვრებელი სახლის ენერგეტიკულ სანირებას. 2-ბინიანი შენობა აშენებულია 1935 წელს და ემიჯნება სხვა საცხოვრებელ შენობას.

ობიექტი ნაწილობრივ სანირებულია. თავდაპირველი ხის ფანჯრები ერთმაგი შემინვით 1990 წლის შემდეგ ნაწილობრივ შეცვლილია მეტალოპლასტმასის ფანჯრებით, რომლებიც ახლა, 27 წლის შემდეგ, კვლავ უნდა შეიცვალოს, რადგან გაუვიდა ექსპლუატაციის ვადა. მაზუთზე მომუშავე დაბალი ტემპერატურის გათბობა მოქმედებაშია 2008 წლიდან. სანირების კონცეფციაში წარმოდგენილია გათბობის სისტემის შეცვლა პელეტების გათბობის სისტემით სამომავლოდ მდგრადი და ეფექტური სანირების გზის წარმოსაჩენად, რომელსაც შეუძლია მისდიოს სახლის მეპატრონემ, თუკი გადაწყვეტს მაზუთზე მომუშავე დაბალ ტემპერატურაიანი გათბობის სისტემის შეცვლას.

პირველ რიგში სახლის მფლობელმა გადაწყვიტა სხვენის რეკონსტრუქციისათვის გამოეყენებინა ეკოლოგიურად უვნებელი თბოსაიზოლაციო მასალები. სახურავის თბოიზოლაცია განხორციელდება ხის ბოჭკოვანი საიზოლაციო ფილებით, მოდენიზირების შემოთავაზებული ღონისძიებები განხორციელდება თანმიმდევრულად.



ილუსტრაცია 179: მწკრივული გაშენების კიდურა სახლი. მშენებლობის წ. 1935 (ფოტო: პ. რაიფი)

11.2.1. შენობის აღწერა

აღნიშნული შენობა განახლებულია ნაწილობრივ. არასაკმარისადაა თბოიზოლირებული დაქანებული სახურავი, სამერცხლეების ჩათვლით, თბოიზოლირებული არ არის არც გარე კედლები და არც სარდაფის ქერი, ხოლო სითბური ხიდები იწვევს საკმაოდ დიდ სითბურ დანაკარგებს შენობის გარსიდან. სხვენში არსებობს ნივნივებსშორისი თბოიზოლაცია. ქარის ბარიერის არარსებობა განაპირობებს ჰაერის მაღალ სითბურ დანაკარგებს და ორპირ ქარს. სხვენში სამერცხლეების ზონაში ზომიერად თბოიზოლირებული სამერცხლეების გვერდები და სახურავები წარმოშობს დისკომფორტს ამ ზონაში.



შენობის მონაცემები:

ადგილმდებარეობა:

შენობის ტიპი:

აშენების წელი:

გასათბობი საცხოვრებელი ფართი:

გამთბარი შენობის მოცულობა:

შენობის გარსის ფართობი:

კომპაქტურობა:

გამთბარი სათავსების საერთო

ფართობი:

ოთახის საშუალო სიმაღლე:

ჰაერის მოცულობა:

ჰაერმიმოცვლა:

ქ. კიოლნი

2- ოჯახიანი მწკრივული

გაშენების კუთხის სახლი

1935

220,00 m²

Ve = 848,12 m³

A = 560,63 m²

A/V = 0,66 m⁻¹

AN = 271 m²

H = 2,50 M

VL = 678,50 m³

n = 0,70 h⁻¹

11.2.2. ტექნიკური აღჭურვილობა

გათბობის სითბო და ცხელი წყალი მიიღება ცენტრალური დაბალტემპერატურული მანუთზე მომუშავე გათბობის სისტემით, ცენტრალური 200 ლ-იანი რეზერვუარით. გამომშვების წელი: 2008. დაბალტემპერატურული მანუთზე მომუშავე გათბობის სისტემა ქვებისაგან მანუთზე მომუშავე მაღალი წარმადობის საქვებისთან შედარებით იწვევს მაღალ ტექნოლოგიურ დანაკარგებს.

11.2.3. უკვე განხორციელებული მოდერნიზაცია

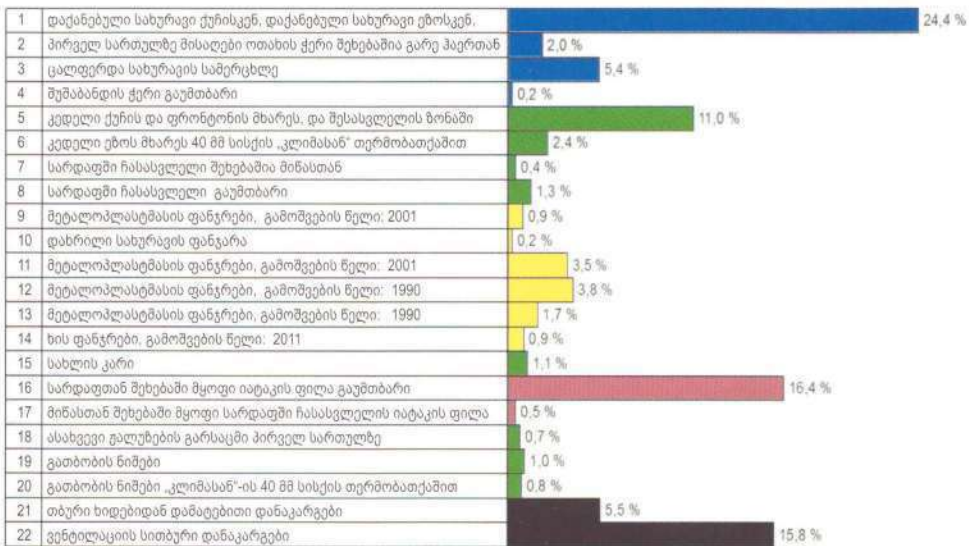
დაახლ. 1980: სახურავის სხვენის საცხოვრებელი მიზნით რეკონსტრუქციის პროცესში დაქანებული სახურავი და ზედა სართულთშორისი გადახურვა იზოლირებულია დაახლ. 100 მმ მინერალური ბამბით WLG 040.

- 1990: მეტალოპლასტმასის ფანჯრების მონტაჟი ორმაგი სითბოდაცავი შემინვით ფასადზე ქუჩის და ფრონტონის მხარეს
- 2001: ფანჯრების შეცვლა მეტალოპლასტმასის ახალი ფანჯრებით ორმაგი სითბოდაცავი მიზნით
- 2008: დაბალტემპერატურული მანუთზე მომუშავე გათბობის სისტემის მონტაჟი ცენტრალური ცხელი წყლის მომარაგების სისტემით
- 2010: დანარჩენი ფანჯრების ნაწილობრივი განახლება ორმაგი სითბოდაცავი მიზნით და ხის ჩარჩოს კონსტრუქციით
- 2010: გარე კედლის თბოიზოლაცია ბალის მხარეს 40 მმ თბოიზოლაციო ბათქაშით თბოგამტარობის კოეფიციენტით 0,077 W/mK



11.2.4. თბური ხიდები/სუსტი ადგილები შენობის გარეში

- დაქანებული სახურავი ქარისგან დამცავი ბარიერის გარეშე განაპირობებს ძლიერ ვენტილაციურ სითბურ დანაკარგებს
- სახურავის სამერცხლე და ზედა სართულთშორისი გადახურვა
- გამოშვერილი, არაიზოლირებული სახურავის ლავგარდანი
- გარე კედელი ქუჩის მხარეს + ფრონტონი არათბოიზოლირებული
- სარდაფის ქერი არათბოიზოლირებული
- დასაკეცი ჟალუზების გარსაცმი, თბოიზოლაციის გარეშე
- გათბობის რადიატორის ნიშები, შემცირებული კედლის განივკვეთი
- შეშაბანდი პირველ სართულზე არათბოიზოლირებული
- სახლის კარი არასაკმარისი თბოიზოლაციით
- კედლის კონსოლური შვერილები ფასადზე ეზოს მხარეს
- ტერასის იატაკი მეორე სართულზე არასაკმარისი თბოიზოლაციით
- ფანჯარა თბოიზოლაციური შემინჯით, გამოშვების წელი: 1995



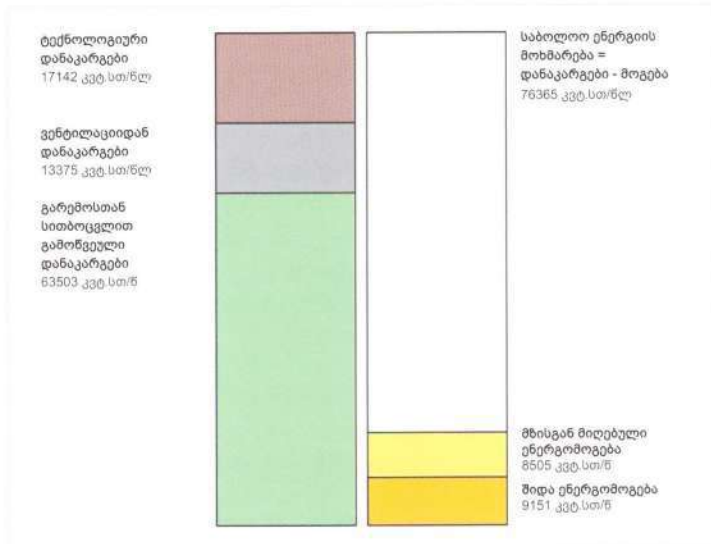
ცხრილი 28: გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული დანაკარგები (წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)

ცხრილში მოცემულია ცალკეული შენობის ნაწილიდან თბური ხიდებითა და ვენტილაციით გამოწვეული წილობრივი ენერგოდანაკარგები.

მომდევნო დიაგრამაში მოცემულია ამ ენერგოდანაკარგების დაპირისპირება მზისგან მიღებულ და შიდა ენერგეტიკულ მოგებებთან. ენერგოდანაკარგებისა და ენერგომოგების სხვაობა წარმოადგენს ამ ობიექტის ენერგეტიკულ მოთხოვნას, რომელიც იმისათვისაა საჭირო, რომ გათბობის პერიოდში ოთახის ტემპერატურა კომფორტული ტემპერატურის დონეზე შენარჩუნდეს. (ენერგობალანსთან დაკავშირებით იხ. თავი 8)



11. ენერგომომხმარებლის კონსულტაცია



ილუსტრაცია 180: ობიექტის ფაქტობრივი მდგომარეობის ენერგობალანსი. (წყარო: Hottgen-roth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)

11.3. სანირების განრიგი

ენერგოკონსულტანტს მუდამ აქვს იმის სურვილი, რომ განხორციელდეს შენობის რაც შეიძლება ენერგოეფექტური რეკონსტრუქცია, რასაც შენობის მფლობელის ლიმიტირებული ბიუჯეტი უპირისპირდება.

ენერგოკონსულტაციის დაწყებამდე საჭიროა შენობის მონაცემების მოპოვება, რაც გულისხმობს შენობის ნაწილების - სახურავის, კედლების, ფანჯრებისა და სარდაფის ქერის, აგრეთვე გათბობისა და ცხელი წყლის მომარაგების ტექნიკური მოწყობილობების ენერგეტიკულ შეფასებას.

ფაქტიური მდგომარეობის ზუსტი ანალიზის შემდეგ, მფლობელთან მოლაპარაკებისა და კონსულტაციის შედეგად, სასურველია სანირების განრიგის შედგენა, რომელშიც პრიორიტეტების მიხედვით თანმიმდევრულად იქნება ჩამოთვლილი მნიშვნელოვანი ღონისძიებები.

თბოიზოლაციის გასაუმჯობესებელი ღონისძიებების შედეგად სავარაუდო ექსპლუატაციის ვადა შეადგენს 30-50 წელს, ხოლო ტექნიკური მოწყობილობებისათვის - 20 წელს.

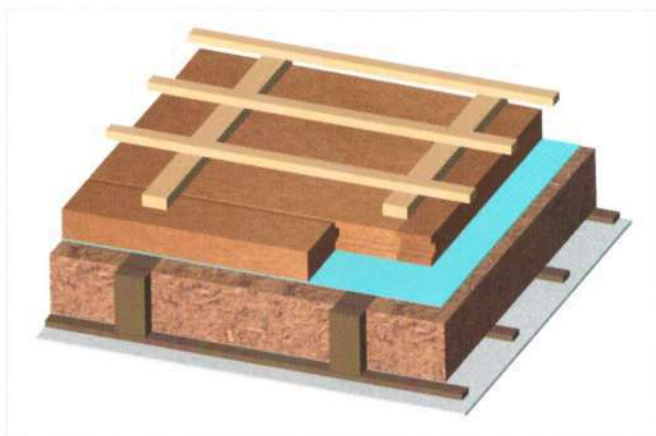
სანირების I ეტაპი: დაქანებული სახურავი და სამერცხლეები

სანირების პირველ ეტაპზე უნდა მოხდეს აგარიული და არასაკმარისად იზოლირებული დაქანებული სახურავის კომბინირებული თბოიზოლაცია ნივნივებსშორისი თბოიზოლაციით 120 მმ-იანი მერქნის ბოჭკოვანი WLG 035 თბოიზოლაციო ფილებითა და ნივნივებსზედა თბოიზოლაციით 160 მმ-იანი მერქნის ბოჭკოვანი WLG 035 თბოიზოლაციო ფილებით. სამერცხლეებსაც იგივე აგებულების თბოიზოლაცია უნდა გაუკეთდეს.

ალტერნატივის სახით შეიძლება სხვა განახლებადი თბოაიზოლაციო მასალის გამოყენება, როგორიცაა ცელულოზა, კანაფი ან ცხვრის მატყლი. განახლებადი საიზოლაციო მასალები უფრო მეტად მიესადაგება ამ ბოლო დროს დიდი მნიშვნელობის მქონე რესურსების დამზოგველ ეკოლოგიურ მშენებლობას; გარდა ამისა, ტრადიციულ საიზოლაციო მასალებთან შედარებით, როგორიცაა პოლისტიროლი და მინერალური ბამბა, ისინი გაცილებით უკეთესია ზაფხულის თბოიზოლაციისათვის.

აგრეთვე გათვალისწინებულია ქარგამძლე შრის ჩაყოლება ჰაერის სითბური დანაკარგების შესამცირებლად. ახალ სამერცხლის ფანჯრებზე მოეწყობა სამმაგი თბოიზოლაციური შემინვა გარედან დამაგრებული მზის დამცავით, რომელიც ზაფხულში სითბოს მოდინებას შეამცირებს.

დაქანებული სახურავის ფარგლებში ტარდება ასევე შემდეგი ღონისძიებები: სხვენის ფანჯრების შეცვლა, სხვენის იატაკის ფილის თბოიზოლაცია ქვევიდან. ფრონტონის ქვედა ნაწილში არსებული დაქანებული სახურავის არეში ჩაჭირხვნიტ თბოიზოლაცია ცელულოზით. ყველა ფანჯარაზე სახურავის ზონაში მოეწყობა გარეთა ასახვევი ან ასაკეცი უაღუზი.



ილუსტრაცია 181: ნივნივებსზედა და ნივნივებსშორისი კომბინირებული თბოიზოლაცია შერენის ბოჭკოს საიზოლაციო ფილებით.
(წყარო: გუტესი)



ილუსტრაცია 182: ნივნივების თბოიზოლაციისათვის გამოიყენეს 180 მმ სისქის შერენის ბოჭკოს თბოიზოლაცია. (ფოტო: პ.რაიფი)



სანირების II ეტაპი: სარდაფის ქერის იზოლაცია

ძველი შენობების სართულთშორის გადახურვებს ძირითადად არ გააჩნიათ ფეხის ხმის საწინააღმდეგო იზოლაცია და აქვთ ძალიან ცუდი სითბოს გატარების U კოეფიციენტი. ამიტომ სანირების მეორე ეტაპზე რეკომენდებულია სარდაფის ქერის იზოლაცია 120 მმ მინერალური ბამბით WLG 035, ვინაიდან ეს ღონისძიება მნიშვნელოვნად ამცირებს სითბოს მიმოცვლით გამოწვეულ ენერგეტიკულ დანაკარგებს და მას კარგი ღირებულება-სარგებლობის თანაფარდობა აქვს. ამ ღონისძიების განხორციელება, როგორც წესი, არ საჭიროებს ხარაჩოს და მისი შესრულება შეუძლია თავად ხელობაში განაფულ სახლის მფლობელსაც. თბოსაიზოლაციო ღონისძიების ჩატარებამდე სასურველია სარდაფის ქერის შეჭიდების უნარის კვალიფიციური შემოწმება. ალტერნატივის სახით სარდაფის ქერის თბოიზოლაციისათვის შესაძლებელია განახლებადი თბოსაიზოლაციო მასალების - ცელულოზის, კანაფის და მერქნის ბოჭკოს თბოიზოლაციის გამოყენება.



ილუსტრაცია 183: სარდაფის ქერის თბოიზოლაცია მინერალური ბამბით. (ფოტო: ჰ. რაიფი)

სანირების III ეტაპი: ფანჯრები და ასახვევი ჭაღუზის გარსაცმი

ობიექტს გააჩნია სხვადასხვა წელს ჩაშენებული ფანჯრები. რეკომენდებულია ძველი, 1995 წელს ჩაშენებული მეტალოპლასტმასის ფანჯრების შეცვლა ახლით, ვინაიდან ისინი 2 ფაქტორით უარესია თანამედროვე სტანდარტულ ფანჯრებზე, რომლებსაც აქვთ ორმაგი სითბოდაცავი შემინვა და სითბოს გატარების U კოეფიციენტი $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. ფანჯრების შეცვლის პარალელურად უნდა მოხდეს ასახვევი ჭაღუზის ყველა გარსაცმის თბოიზოლაცია შიდა მხრიდან 20-30 მმ სისქის პოლიურეთანის ქაფპლასტის ფილებით, პოლისტიროლის ან მერქნის ბოჭკოს თბოსაიზოლაციო ფილებით.



ილუსტრაცია 184: სამმაგი შემინვა თბოიზოლაციით. (გრაფიკა: მ. ტყემელაშვილი)

იმ შემთხვევაში, თუ გარე კედლის სითბოს გატარების კოეფიციენტი უფრო დაბალია, ვიდრე ფანჯრისა, შესაძლებელია სამმაგი შემინვის მქონე თბოიზოლირებული ფანჯრების დამონტაჟება. ძირითადად რეკომენდებულია, რომ ფანჯრების განახლება და გარე კედლის იზოლაცია მოხდეს ერთდროულად. მოცემულ მაგალითში ფინანსური მოსაზრებებით უპირატესობა მიენიჭა ფანჯრების ნაწილობრივ განახლებას. მინიმალური ინვაზიური ღონისძიების სახით საჭიროა ფანჯრის ღიობების შიდა გვერდების თუნდაც ოთახის მხრიდან იზოლაცია 20 მმ საიზოლაციო მასალით. (იხ. 6.5. თავი)

სანირების IV ეტაპი: ფასადი

რეკონსტრუქციის შემდეგ ეტაპს წარმოადგენს არაიზოლირებული გარე კედლების თბოიზოლაცია 160 მმ მინერალური ბამბის, WLG 035 გარე კედლის თბოსაიზოლაციო სისტემით (WDVS). ეს ღონისძიება მიზანშეწონილია, თუ ფასადის ბათქაში ბევრ ადგილასაა დაზიანებული და ისედაც ხელახალ დამუშავებას საჭიროებს. ასეთ შემთხვევაში გარე კედლების თბოიზოლაცია ეფექტურია ეკონომიური თვალსაზრისითაც. გარე კედლების თბოიზოლაცია მათი დიდი ფართობის გამო საკმაოდ ძვირი ჯდება, თუმცა ის ამცირებს ენერგოხარჯს, ზრდის კომფორტს, ამცირებს სითბურ ხიდეებს, ზრდის შიდა კედლების ზედაპირის ტემპერატურას და იცავს კონსტრუქციას. ალტერნატივის სახით თბოსაიზოლაციო მასალაებად შეიძლება გამოვიყენოთ განახლებადი ნედლეული - კანაფი, ცხვრის მატყლი ან მერქნის ბოჭკოს თბოიზოლაცია. მერქნის ბოჭკოს საიზოლაციო მასალები ხელს უწყობს საბაფხულო სითბოდაცვის ზრდას.



ილუსტრაცია 185: დაზიანებული ფასადი.
(ფოტო: ჯ. რაიფი)



ილუსტრაცია 186: გარე კედლის თბოსაიზოლაციო სისტემის (WDVS) სტემატური გამოსახულება.
(წყარო: iStock)



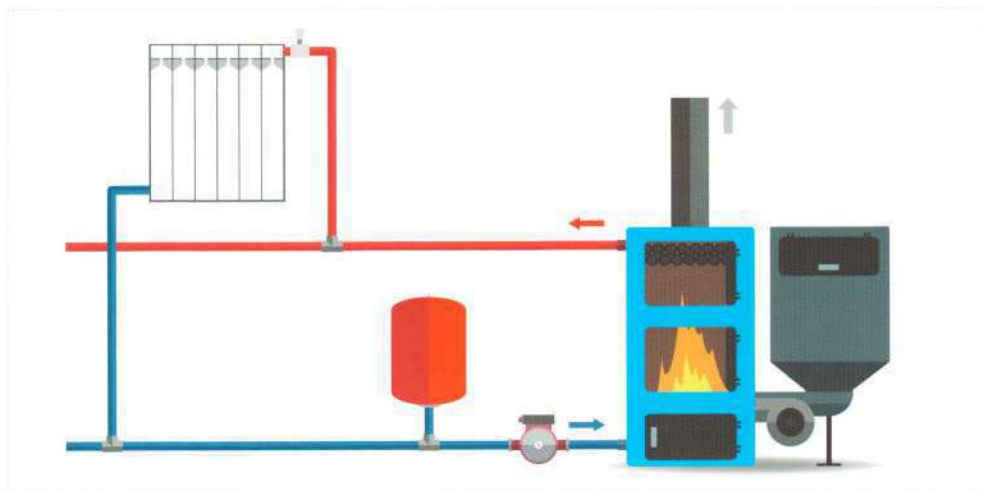
სანიერების V ეტაპი: გათბობა

სანიერების მეხუთე ეტაპზე რეკომენდებულია პელეტის გათბობის სისტემის დამონტაჟება სითბოსა და ცხელი წყლის გამოსამუშავებლად, აგრეთვე ჰიდრავლიკური გათანაბრების მიღწევა გათბობის სისტემების ეფექტურობის ოპტიმიზაციისათვის. პელეტის გათბობის სისტემის დამონტაჟებამდე უნდა დაანგარიშდეს გათბობის დატვირთვა და ცხელი წყლის მოთხოვნა, რათა გათბობის სისტემა სითბური მოთხოვნის შესაბამისად ჩამოყალიბდეს და არ წარმოიშვას გაუთვალისწინებელი დამატებითი ხარჯები.

ზედმეტი სითბური დანაკარგების თავიდან ასაცილებლად, გაუმთბარ სათავსებში უნდა მოხდეს არაიზოლირებული ან არასაკმარისად იზოლირებული გათბობის მილების, გათბობის სისტემის ტუმბოების, მართვის პულტებისა და ჰიდრავლიკური გადასართავი ხელსაწყოების თბოიზოლაცია.

პელეტების მოსამარაგებლად გასათვალისწინებელია მშრალი სარდაფის ან საწყობის ქონა, რომელიც მიწის დონეზე მდებარეობს.

გარდა ცენტრალური გათბობის სისტემისა, შეიძლება აგრეთვე ავტონომიური შეშის ღუმელების ან მზის თერმული კოლექტორების დამონტაჟება სახურავზე გათბობის და ცხელი წყლით მომარაგების უზრუნველსაყოფად.



ილუსტრაცია 187: ხის პელეტების გათბობის სისტემა საცავითა და ხრახნული კონვეიერით. (წყარო: Shutterstock)



ილუსტრაცია 188:
საწვავი: ხის პელეტები.
(წყარო: iStock)

11.3. სანირების ღონისძიებების ენერგეტიკული და ეკონომიკური შეფასება

ქვემოთ წარმოგენილია შენობის ენერგოსანირების ღონისძიებები, რომლებიც ხორციელდება თანმიმდევრულად. მასში შედარებულია ფაქტიურ მდგომარეობაში შენობის ენერგომოხმარება და ხარჯები შესაბამის მაჩვენებლებთან როგორც სანირების ცალკეული ღონისძიებების ჩატარების, ასევე სანირების ყველა ეტაპის განხორციელების შემდეგ.

ფაქტიური მდგომარეობა	საბოლოო ენერგიის მოხმარება	ენერგო-ხარჯები				
	76.365 კვტ.სთ/წლ	4.744 ევრო/წლ				
/	საბოლოო ენერგიის მოხმარება სანირების შემდეგ	საბოლოო ენერგიის მოხმარების დაზოგვა	სანირების შემდეგ	ენერგო ხარჯების დაზოგვა		ამოგების ვადა
სანირების ღონისძიებები	[კვტ.სთ/წლ]	[კვტ.სთ/წლ]	[%]	[ევრო]	[%]	წლები
სახურავი ახალი	55.205	21.159	28	1.299	27	23
სარდაფის ქერი 120 მმ მინერალური ბამბა	44.250	32.115	42	1.972	42	20
1995 წლამდე შეცვლილი ახალი ფანტრები + სახლის კარი	41.307	35.058	46	2.153	45	20
ქუჩის მხარეს გარე კედლის თბოიზოლაცია + ფრონტონი	33.512	42.853	56	2.633	55	21
ბელეტის გათბობის სისტემა	40.017	36.348	48	2.906	61	24

ცხრილი 29. ენერგიისა და ხარჯების დაზოგვა რეკონსტრუქციის შემდეგ. (წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)

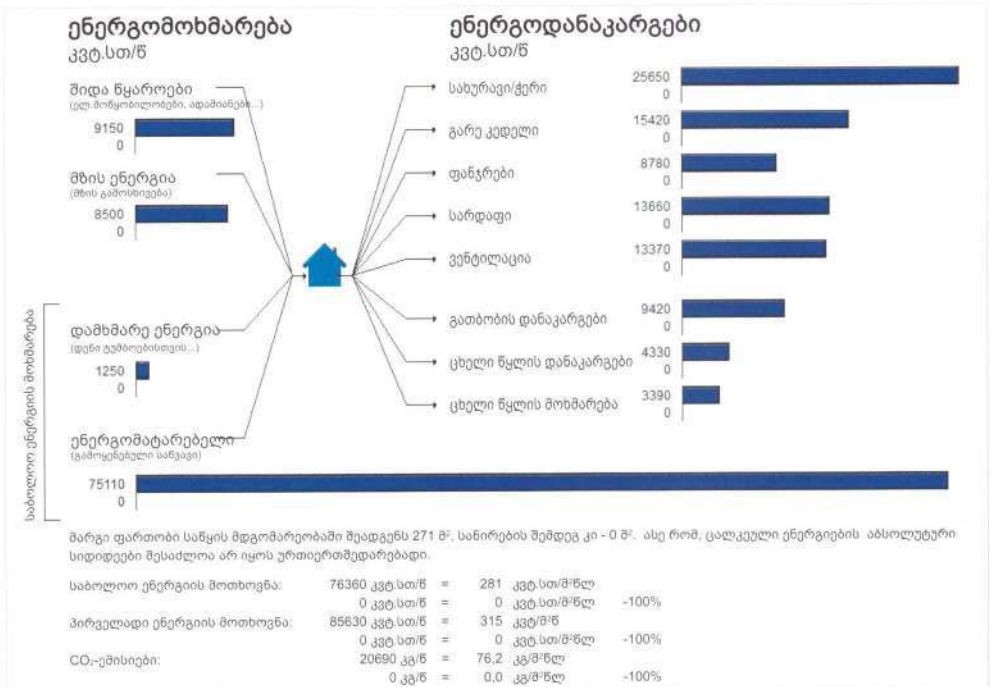
აღებულ ენერგოხარჯებში იგულისხმება ბრუტო ხარჯები

ენერგობალანსი - პრაქტიკული ანალიზი

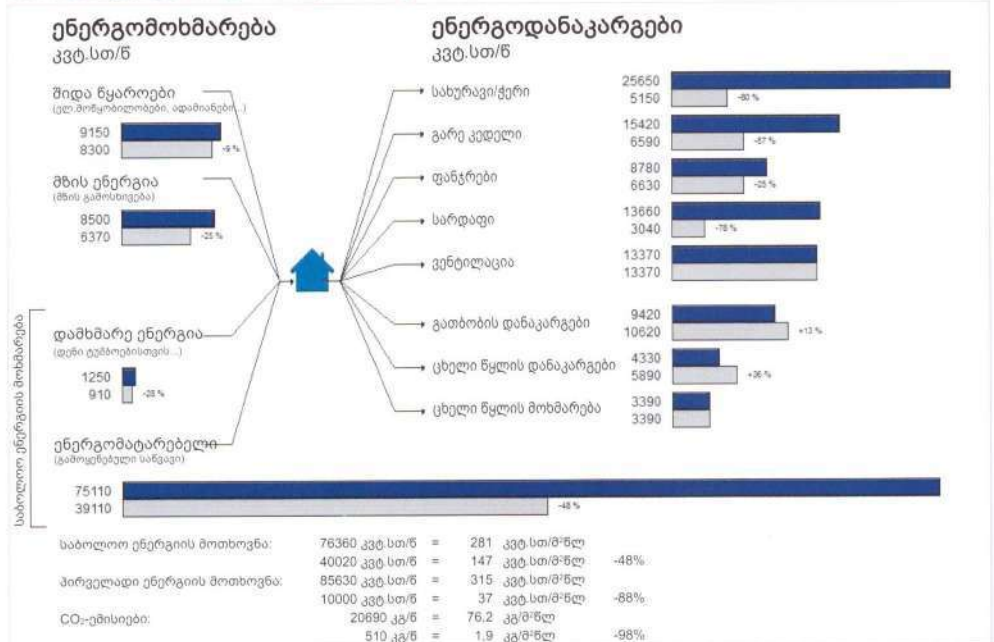
მოცემულ დიაგრამაში წარმოდგენილია 2-ოჯახიანი საცხოვრებელი სახლის ენერგობალანსი საწყის მდგომარეობაში (ილუსტრ. 70) და ენერგოსანირების ღონისძიებების გატარების შემდეგ (ილუსტრ.71). ილუსტრაცია 71-ში ქვედა ცალკეული ნაცრისფერი ზოლი აღნიშნავს ენერგოსანირების ღონისძიების ზემოქმედებასა და მის შედეგად მიღებულ ეკონომიას.



11. ენერგომოხმარების კონსულტაცია



ილუსტრაცია 189. საცხოვრებელი შენობის ენერგომოხმარებისა და ენერგოდანაკარგების შედარება საწყის (სანირებაშდე) მდგომარეობაში (წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)



ილუსტრაცია 190. საცხოვრებელი შენობის ენერგომოხმარებისა და ენერგოდანაკარგების შედარება და-ქანებული სახურავისა და სამერცხლის ენერგოსანირების შემდეგ (წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)

პრაქტიკული მაგალითი 11.2. თავში აღწერს ობიექტის სანირებას სხვადასხვა განხორციელებული ენერგოდაზოგი ღონისძიებების მეშვეობით.

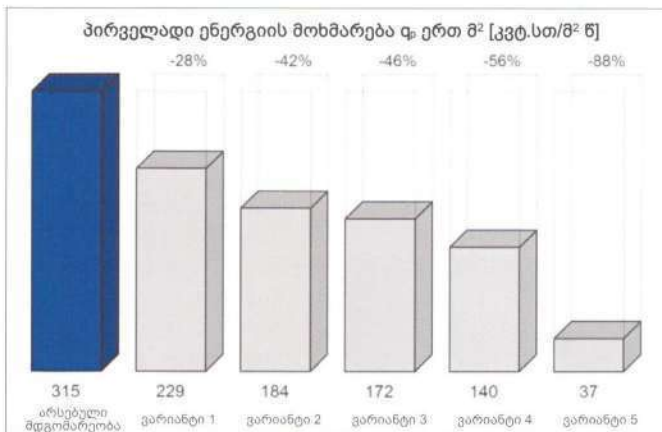
11.4. ენერგიის, მაგნე ნივთიერებებისა და ხარჯების დაზოგვა

ქვემოთ მოცემული დიაგრამა გვაჩვენებს ერთმანეთის თანმიმდევრულად განსახორციელებელ სანირების ნაბიჯებს შემდეგ საკითხებთან მიმართებაში:

- პირველადი ენერგიის მოთხოვნა
- საბოლოო ენერგიის მოთხოვნა
- გათბობის მოთხოვნა
- გარემოსთან სითბოცვლით განპირობებული მოხმარება
- CO₂-ემისიები
- მთლიანი ინვესტიცია

სანირების ეტაპები მოცემულია შემდეგი თანმიმდევრობით:

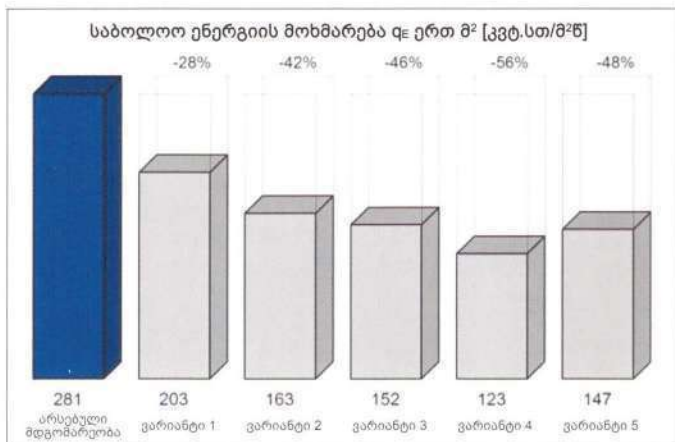
- ფაქტიური მდგომარეობა
- ვარიანტი 1: სანირებული სახურავი
- ვარიანტი 2: სანირებული სახურავი, სარდაფის ქერის თბოიზოლაცია
- ვარიანტი 3: სანირებული სახურავი, სარდაფის ქერის თბოიზოლაცია, ახალი ფანჯრები + შესასვლელი კარი
- ვარიანტი 4: სანირებული სახურავი, სარდაფის ქერის თბოიზოლაცია, ახალი ფანჯრები + შესასვლელი კარი, ქუჩის მხარეს გარე კედლის თბოიზოლაცია + ფრონტონი
- ვარიანტი 5: სანირებული სახურავი, სარდაფის ქერის თბოიზოლაცია, ახალი ფანჯრები + შესასვლელი კარი, ქუჩის მხარეს გარე კედლის თბოიზოლაცია + ფრონტონი, პელების გათბობის სისტემა.



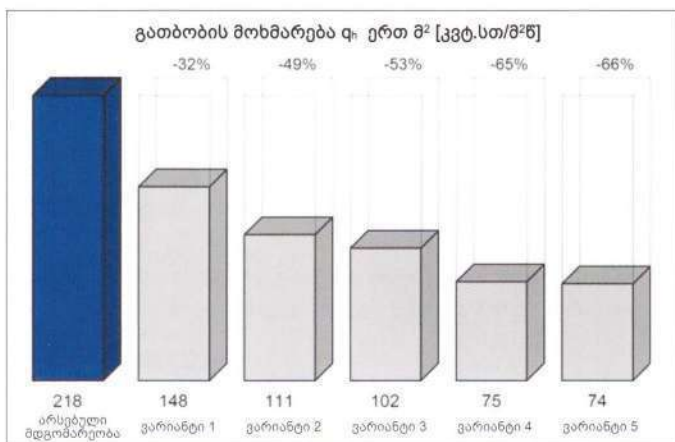
ილუსტრაცია 191: სვეტები-ანი დიაგრამა: პირველადი ენერგიის მოთხოვნა სანი-რების 1-5 ვარიანტების-თვის (წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBER-ATER 18599 3D PLUS-Ver-sion 8.4.5.16)



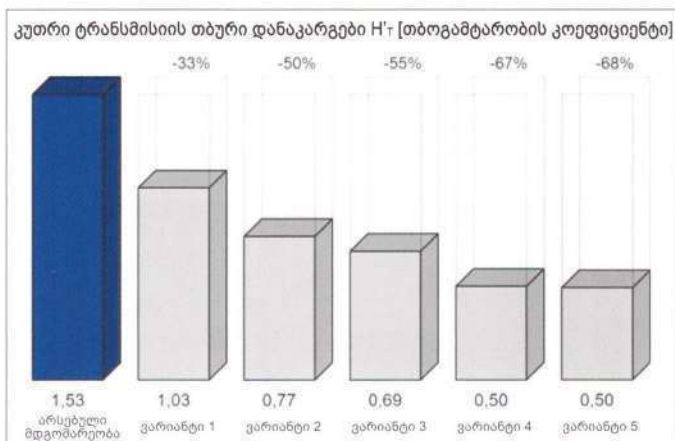
11. ენერგომომხმარებლის კონსულტაცია



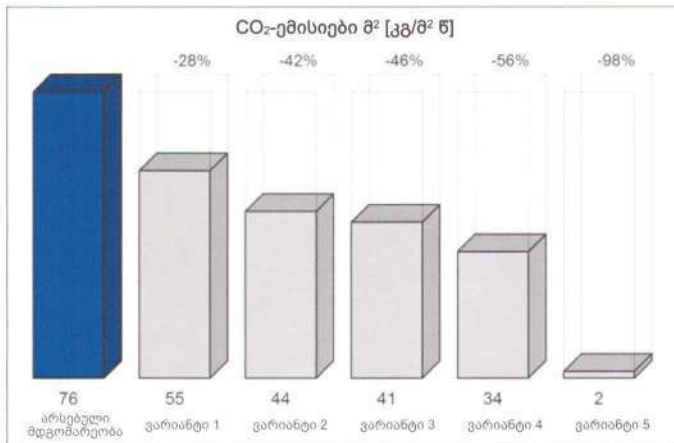
ილუსტრაცია 192: სვეტების დიაგრამა: საბოლოო ენერგიის მოთხოვნა სანიტების 1-5 ვარიანტებისთვის.
(წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)



ილუსტრაცია 193: სვეტების დიაგრამა: გათბობის მოთხოვნა სანიტების 1-5 ვარიანტებისთვის.
(წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)



ილუსტრაცია 194: სვეტების დიაგრამა: გარემოსთან სითბოცვლით განპირობებული მოხმარება H_T სანიტების 1-5 ვარიანტებისთვის. (წყარო: Hottgenroth Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)



ილუსტრაცია 195: სვეტების დიაგრამა; CO₂-ემისიები საწარმოების 1-5 ვარიანტებისთვის.
(წყარო: Hottgenrath Software, ENERGIEBERATER 18599 3D PLUS-Version 8.4.5.16)

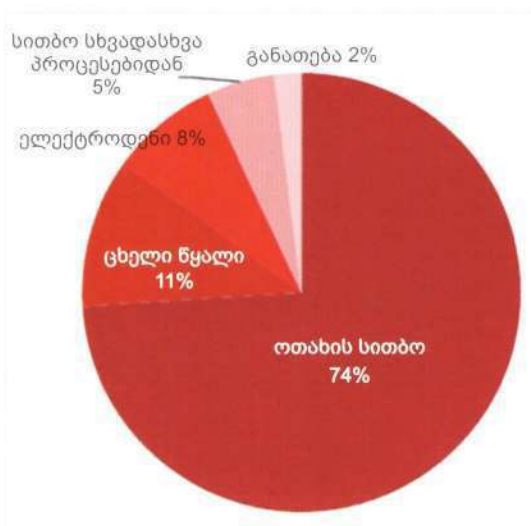
11.5. ენერგეტიკული საწარმოების სიკეთეები

- ცხოვრების სტანდარტის ხანგრძლივი დროით უზრუნველყოფა პროგნოზირებადი გათბობის ხარჯის მეშვეობით
- ხარჯების მდგრადობა ენერგიის ფასების მერყეობაზე ნაკლებად დამოკიდებულების გამო
- ობის სოკოს გაჩენის დაბალი რისკი ზედაპირების მაღალი ტემპერატურის გამო
- იმიჯის ამაღლება და წვლილის შეტანა სოციალური გარემოს გაუმჯობესებაში
- კარგი ეკოლოგიური სინდისი ეკოლოგიურად გამართული შენობის გამო
- ფასადის თბოიზოლაციის, საზაფხულ სითბოდაცვის და ხმაურის იზოლაციის გაუმჯობესება
- დაქანებულ სახურავში მერქნის ბოჭკოს თბოსაიზოლაციო მასალის გამოყენების შედეგად ზაფხულში სითბოს შემოდინების საგრძნობი შემცირება. გარდა ამისა, რეკომენდებულია ასახვევი ჭალუხების მოწყობა სახურავის ყველა ფანჯარასა და სამერცხლეზე
- საცხოვრებელი ღირებულებისა და კომფორტის დონის გაზრდა
- განახლებადი მერქნის ბოჭკოს თბოსაიზოლაციო მასალით სახურავის მაღალხარისხიანი თბოიზოლაცია მკვეთრად აუმჯობესებს საცხოვრებელ პირობებს ზამთარსა და ზაფხულში.

ენერგოდამზოგი ღონისძიებების გატარებით შესაძლებელია სამომავლოდ ზრდადი ენერგოხარჯების კომპენსირება, პირველადი ენერგომომხმარებლის კლება, CO₂-ის გამოფრქვევების შემცირება და ობიექტის ღირებულების გაზრდა.



11.6. საყოფაცხოვრებო ენერგომომხმარება



ილუსტრაცია 196: საბოლოო ენერგიის საყოფაცხოვრებო მოხმარების სტრუქტურა გერმანიაში 2005 წ. (წყარო: VDEW 2007)

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საცხოვრებელ სახლებში მთავარ ენერგომომხმარებლებს წარმოადგენენ:

- გათბობა და გაგრილება
- ცხელწყალმომარაგება
- საყოფაცხოვრებო ტექნიკა
- სინათლე

ბინაში მთლიანი ენერგომომხმარების დაახლოებით ორი მესამედი მოდის ოთახის გათბობაზე. დანარჩენი ენერგია იხარჯება წყლის გაცხელებაზე, აგრეთვე დენზე საყოფაცხოვრებო ტექნიკისათვის და სინათლეზე. ენერგომომხმარების ხარჯებს აქვს მუდმივად მზარდი ტენდენცია და მზარდ ფინანსურ ტვირთად აწვება ოჯახებს.

მიდინარე ენერგოეფექტურ ღონისძიებებში ასხვავებენ შეღავათიან და ძვირადღირებულ ღონისძიებებს.

ენერგიის დაზოგვა ზოგ შემთხვევაში შესაძლებელია ხარჯების გაწევის გარეშეც კეთილგონივრული და მიზანმიმართული სამომომხმარებლო ქცევის შედეგად:

- ბევრი ელექტრომონოწილობა - უპირველეს ყოვლისა გასართობი ელექტრონიკა - თავისით კი არ ითიშება, არამედ გადადის მოლოდინის (stand-by) რეჟიმში, ეს არის ექსპლუატაციის რეჟიმი, რომლის დროსაც მაინც იხარჯება გარკვეული ელექტროენერგია. ჩვენ შეგვიძლია დავზოგოთ 5-10% ელ.ენერგია და წლიურად 50 ევრო ელ.ენერგიის გადასახადი, თუ მოწყობილობას საერთოდ გამოერთავთ და არ გადავიყვანთ მოლოდინის ანუ „თვლემის“ რეჟიმში. ამაში დაგვეხმარება ე.წ. ენერგოდამზოგები. ენერგოდამზოგი შეერთებული მოწყობილობის გამოუყენებლობის დროს მთლიანად თიშავს მას ქსელიდან. რეაქტივაცია ხდება მოწყობილობის ინფრანითელი დისტანციური მართვის მეშვეობით. ამავე მიზანს ემსახურება მრავალშტეფსელიანი დამაგრძელებელი ჩამრთველით.



- პატარა ზომის ტელევიზორები ხშირად უფრო მეტ ელ.ენერგიას მოიხმარენ, ვიდრე დიდები. ტელევიზორის ყიდვამდე საჭიროა ზუსტად შევადაროთ მოწყობილობების ელ.ენერგიის მოხმარება. მაგალითად, საშუალო ბრტყელეკრანიანი ტელევიზორი 140 სმ დიაგონალით მოიხმარს დაახლ. 178 კვტ.სთ. წელიწადში, ძალზე ეკონომიური კი მხოლოდ 93 კვტ.სთ.-ს. წლიური დანაზოგი შეადგენს 25 ცეროს.
- წყლის ასადუღებლად ქვაბის ნაცვლად გამოვიყენოთ წყლის ელექტრომაღუღარა. ის პირდაპირ ადუღებს წყალს და უფრო ეფექტურიცაა. არავითარ შემთხვევაში არ ხარშოთ თავსახურის გარეშე. მრავალი კერძი შესაძლებელია ეკოლოგიურად და ენერგოეფექტურად მოვამზადოთ ქვაბ-აგროკლავში.
- ყოველთვის სრულად დაგტვირთოთ სარეცხის მანქანა, რათა დაგზოგოთ დენი და წყალი. არ გამოვიყენოთ გამოსარშვის რეჟიმი.
- მზის ენერგიის პანელების ან თანამედროვე ცენტრალური გათბობის სისტემის არსებობის შემთხვევაში სარეცხის მანქანა პირდაპირ უნდა მიუერთდეს ცხელ წყალს, რათა წყალი აღარ ცხელდებოდეს სარეცხის მანქანის ვარგარის ჩხირის მეშვეობით. ეს უფრო ეკოლოგიურიცაა და იაფიც. ე.წ. სტარტერი იცავს სარეცხს მაღალი ტემპერატურისაგან. დანაზოგი, სარეცხის მანქანიდან და ოჯახიდან გამომდინარე, შეადგენს 50-დან 90%-მდე.
- ჭურჭლის სარეცხ მანქანაში მოწესრიგებულად უნდა ჩალაგდეს ჭურჭელი და რეგულარულად გამოეცვალოს ფილტრი. ეს განაპირობებს უკეთეს შედეგს და მანქანასაც იშვიათად გამოვიყენებთ.
- ჭურჭლის სარეცხი მანქანა მიუერთეთ ცხელ წყალს (მზის პანელების არსებობის შემთხვევაში), რათა წყალი აღარ ცხელდებოდეს მანქანის ვარგარის ჩხირის მეშვეობით. ეს უფრო ეკოლოგიურიცაა და იაფიც. საამისო წინაპირობა ცხელი წყლის გამოსამუშავებლად მზის ენერგიის პანელები ან თანამედროვე ცენტრალური გათბობის სისტემაა.
- ნათურების ანთება მხოლოდ მათი სინათლის წყაროდ გამოყენების მიზნითაა სასურველი. ეს ეხება ენერგოდამზოგ ნათურებსაც და ჰალოგენის ნათურებსაც.
- მოვერიდოთ დამატებითი გამათბობლების გამოყენებას. სრულიად უნდა უარვყოთ გარეთა გათბობა („გათბობის სოკო“ და სხვა). ისინი უზომოდ დიდი რაოდენობის ენერგიას ხარჯავენ და თან შედარებით არაეფექტურები არიან.
- გავაკონტროლოთ ენერგოინტენსიური მოწყობილობების გამოყენება. მაგალითად, თერმოსი-ჩაიდნები გაცილებით უკეთესია, ვიდრე ყავის მანქანები გამაცხელებელი ქვესადგამით.
- უნდა უარვყოთ ტორშერიდან ჭერისკენ მიშვერილი ანარეკლი სინათლე. მისი შუქგაცემა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე მის მიერ მოხმარებული ელექტროენერგია (ხშირად 300 ვატი!). ანარეკლი სინათლე საჭიროების შემთხვევაში ფონური განათებისთვის უნდა იქნას გამოყენებული, ზოგადი განათებისთვის კი ყოველთვის პირდაპირი სინათლე უნდა გამოვიყენოთ.
- ელექტრომოწყობილობების ყიდვისას ყურადღება უნდა მივაქციოთ მათ ენერგოეფექტურობას. ეს უმეტესად მსხვილ ტექნიკას ეხება (მაგ.: მაცივარი, სარეცხის მანქანა, საშრობი). მათ უნდა ჰქონდეთ ენერგოეფექტურობის კატეგორიები A+, A++, A+++. ახალი ტექნიკის საშუალო ენერგოდამზოგვა ძველთან შედარებით შეადგენს A+-თვის 20%-ს, A++-თვის 40%-ს, და A+++-თვის 60% -ს.
- პატარა ზომის მოწყობილობებსაც კი, როგორიცაა მაღვიძარა, ფაქსი, როტური, ტელეფონი, ექსპლუატაციის პერიოდში (მუდმივი მზადყოფნის რეჟიმში)



საკმაოდ დიდი ხარჯი აქვთ. აქაც გასათვალისწინებელია ენერგოეფექტურობა.

- გასაგრილებელი მოწყობილობების შესაბამისი მოხმარებით შესაძლებელია ელექტროენერგიისა და ფულადი სახსრების დაზოგვა: მაცივრის კარი დიდხანს არ უნდა დავტოვოთ ღია, არ უნდა შევდგათ მაცივარში ცხელი კერძები. ყველაზე ძლიერი გაგრილება ხდება მაცივრის ქვედა ზონაში. მაცივარში არ უნდა დავყენოთ ძალზე დაბალი ტემპერატურა.

ეფექტურად გათბობა

საცხოვრებლის მიკროკლიმატზე ტენიანობასთან ერთად გავლენას ახდენს ბინაში გაბატონებული ტემპერატურა. სწორი გათბობა და ვენტილაცია ურთიერთს განაპირობებენ, თუ კი ყურადღება მიექცევა ქვემოთ მოყვანილ ღონისძიებებს. ამ შემთხვევაში ნაკლები დანახარჯით ჰაერის შესანიშნავი ხარისხი მიიღწევა და გათბობის ხარჯიც იზოგება.

- ფანჯარის გაღებისას რადიატორი უნდა გამოირთოს
- ღამით გათბობის სიმძლავრე უნდა შემცირდეს
- სახლიდან გასვლისას გათბობის თერმოსტატის ვენტილს უნდა დაენიოს
- დაყენდეს ან შეიცვალოს გათბობის ვენტილები
- უნდა მოხდეს გათბობის სისტემის ოპტიმიზაცია (გათბობისა და ცხელი წყლის მილების თბოიზოლაცია და ა.შ.)
- უნდა მოხდეს გათბობის სისტემის შეცვლა ან ოპტიმიზაცია

სწორი ვენტილაცია:

გათბობის პერიოდში სწორი ვენტილაცია გვცავს ნესტით გამოწვეული დაზიანებების წარმოქმნისაგან, ქმნის ჯანმრთელ კლიმატს ოთახში და ხელს უშლის ჯანმრთელობისათვის მავნე ობის სოკოს გაჩენას ბინაში. ბინისა და ცალკეული ოთახების კლიმატი დამოკიდებულია ჰაერსა და ტემპერატურაზე. მასში არსებული ნესტი გაჩენის ადგილას დაუყოვნებლივ უნდა „განიავდეს“. ჰაერის ტენიანობის გადამოწმება შეიძლება ჰიგრომეტრის მეშვეობით.

- ყველა ოთახი უნდა განიავდეს მათი დანიშნულებისა და გამოყენების შესაბამისად
- აუცილებელია განიავება ჰაერის დანესტიანებისა და ცუდი სუნის წარმოქმნისას
- გათბობის პერიოდში აუცილებელია დღეში 3-5ჯერ დაახლ. 5-10 წუთის მანძილზე მთლიანად გაღებული ფანჯრების მეშვეობით ინტენსიური განიავება
- უნდა მოვერიდოთ მუდმივად ზემოდან გადმოწეულ ფანჯრებს

სხვა ღონისძიებები საყოფაცხოვრებო ენერგოეფექტურობის ასამაღლებლად:

- გარედან მოწყობილი მზის დაცვა, ასევე ღამით განიავება, იცავს ბინას გადახურებისაგან. კონდიციონერები შთანთქმავს ელექტროენერგიას
- სინათლის მართვის მეშვეობით შეგვიძლია შევამციროთ ხელოვნური განათების საჭიროება: ასე მაგალითად, შესაძლებელია დღის სინათლე ათინათების გარეშე გადატანილ იქნას ოთახის სიღრმეში.
- მიმდებარე ტერიტორიაზე მზის პანელების დამონტაჟება ელექტროენერგიის მოსაპოვებლად, რომელიც კვებავს ყველა ტიპის გარე განათებას, აგრეთვე ტბორებისა და შადრევნის ტუმბოს და გამოიმუშავებს ცხელ წყლს

ყველაზე სუფთა და იაფი ენერგია არის ის, რომელსაც არ სჭირდება მოპოვება.

(ეკონომიკისა და ენერგეტიკის ფედერალური სამინისტრო)



12. მდგრადი ეკოლოგიური მშენებლობის განზომილებები

„მდგრადი განვითარება ნიშნავს ეკოლოგიური ასპექტების სოციალურ და ეკონომიკურ ასპექტებთან თანაბრად გათვალისწინებას, რათა მომავალ თაობებს გადავცეთ ეკოლოგიურად, სოციალურად და ეკონომიკურად გამართული სტრუქტურა“¹⁶.

შენობების აშენებითა და ამასთან დაკავშირებული რესურსების, ნედლეულისა და ენერგიის, ინტენსიური გამოყენებით ადამიანი დიდ გავლენას ახდენს გარემოზე და ცვლის არსებულ ეკოსისტემას.

სამშენებლო სექტორს, როგორც რესურსების ყველაზე დიდ მომხმარებელს, გააჩნია დიდი პოტენციალი იმისა, რომ მთელი მსოფლიოს მასშტაბით შეამციროს ენერგიის, ფართობებისა და მასალების გამოყენება, რადგან მსოფლიოს მასშტაბით სწორედ ამ სფეროზე მოდის CO₂-ემისიის 30% და პირველადი ენერგიის მოხმარების 40% . სამშენებლო მასალების წარმოება და ტრანსპორტირება, მშენებლობის პროცესი და შენობის ექსპლუატაცია საჭიროებს ნედლეულს და ენერგიას, აბინძურებს ჰაერს და წყალს, წარმოქმნის ხმაურს და ნაგავს, იკავებს მიწის ნაკვეთებს და მეტწილად „აკონსერვებს“ მათ მყარი საფარით.

მდგრადი მშენებლობის მიზნები ეფუძნება მდგრადობის სამ ძირითად კრიტერიუმს: ეკოლოგიურს, ეკონომიკურს და სოციალურს. აქედან გამომდინარე, ყალიბდება მიზნები, რომელთა დაცვაც აუცილებელია. ესენია:

- ბუნებრივი რესურსებისა და ეკოსისტემები
- სასიცოცხლო ციკლის ხარჯის შემცირება, ასევე ეკონომიურობის გაუმჯობესება ღირებულებისა და კაპიტალის შენარჩუნებით
- ჯანმრთელობის დაცვა, უსაფრთხოება და კომფორტი, ფუნქციონირების უზრუნველყოფა, ასევე არქიტექტურული და ქალაქმშენებლობითი ხარისხის განმტკიცება

ამრიგად, მთავარია, რაც შეიძლება მცირე დანახარჯებითა და გარემოზე ნაკლები ზემოქმედებით მაღალ სამომხმარებლო ხარისხთან ერთად მივაღწიოთ შენობის მაღალ ხარისხს და მაქსიმალურად ხანგრძლივი დროით შევინარჩუნოთ იგი. შენობა მთელი თავისი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე, დაწყებული დაპროექტებით, ასევე აშენებისას, ექსპლუატაციისას და ბოლოს დემონტაჟის დროს, უნდა იქნას ოპტიმიზებული. მინიმუმამდე უნდა იქნას დაყვანილი ენერგიისა და რესურსების მოხმარება და უნდა შემცირდეს გარემოს დატვირთვა. ამ საკითხთან დაკავშირებით ბოლო წლებში ჩამოყალიბდა მრავალი სასერტიფიკაციო სისტემა. ასეთებია, მაგ.: BREEAM, LEED და DGNB. მათი მიზანია გამჭვირვალე და სანიმუშო გახადონ მდგრადობა არქიტექტურაში.



12.1. მდგრადი მშენებლობის ეკოლოგიური განზომილება

ეკოლოგიური მშენებლობის დროს ბუნებრივი რესურსების დაზოგვასა და პირველადი ენერგიის მოხმარების შემცირებას ხელს შეუწყობს შემდეგი ღონისძიებები:

1. სამშენებლო რესურსების მეშვეობით
 - სამშენებლო პროდუქტების, კონსტრუქციებისა და შენობების ექსპლუატაციის ვადის გახანგრძლივება
 - მრავალჯერადი გამოყენების ან გადამუშავებას დაქვემდებარებული სამშენებლო პროდუქტების/მასალების გამოყენება
 - მასალების უსაფრთხო რეცირკულაცია ნივთიერებათა ტექნიკურ თუ ბუნებრივ წრებრუნვაში
 - რესურსების მოთხოვნის შემცირება შენობის აღმართვისა და ექსპლუატაციისას
 - მდგრადი წარმოებით მიღებული განახლებადი ნედლეულის გამოყენება ბიომრავალფეროვნების გათვალისწინებითა და შენარჩუნებით
2. არასამშენებლო რესურსების მეშვეობით
 - წვიმის ან მცირედ დაბინძურებული ჩამდინარი წყლის გამოყენება, ასევე სასმელი წყლის მოხმარების შემცირება
3. ენერგეტიკული რესურსების მეშვეობით
 - სამშენებლო მასალებისა და კომპონენტების ტრანსპორტირების ხარჯის შემცირება
 - ექსპლუატაციის ფაზაში ენერგომოხმარების შემცირება
 - რეგენერაციული ენერგიის გამოყენება
4. ბიოლოგიურად მრავალფეროვანი მიწის ფართობების რესურსების მეშვეობით
 - შენობის მიერ მიწის ფართობის ათვისების მინიმუმამდე დაყვანა
 - მაკომპენსირებელი ღონისძიებების გატარება

12.2. მდგრადი მშენებლობის ეკონომიკური განზომილება

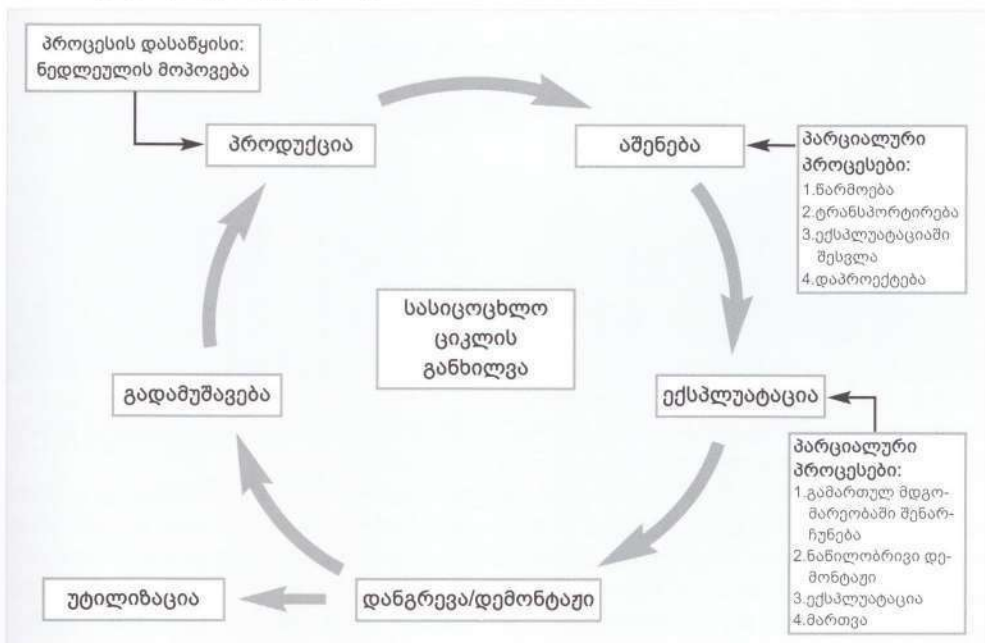
მდგრადობის ეკონომიკურ განზომილებაში პირველადი შეძენის ხარჯებისა და მშენებლობის ხარჯების გარდა, მოიაზრება აშენების შემდგომი ხარჯებიც. ყურადღების ცენტრში ექცევა შენობის სასიცოცხლო ციკლის ხარჯები, ასევე ეკონომიურობა და ღირებულების სტაბილურობა. მრავალი პრაქტიკული მაგალითი გვაჩვენებს, რომ აშენების შემდგომი ხარჯები შესაძლოა მნიშვნელოვნად აღემატებოდეს მშენებლობის ხარჯებს. სასიცოცხლო ციკლის ხარჯების ყოვლისმომცველი ანალიზი საშუალებას გვაძლევს, მრავალი გამოცდილი მეთოდის მეშვეობით დაპროექტების ფაზაშივე განვსაზღვროთ ხარჯების ეკონომიის მნიშვნელოვანი პოტენციალი.

შენობის სასიცოცხლო ციკლი შედგება ექვსი ფაზისგან:

1. პროექტირების ფაზა
 - პროექტის შემუშავება
 - დაგეგმვა



2. სამშენებლო ფაზა
 - აშენება
 - ექსპლუატაციაში შეყვანა
3. ექსპლუატაციის პირველი ფაზა
 - შენობის გამართულ მდგომარეობაში შენარჩუნება
 - ექსპლუატაცია
 - მართვა
 - სარგებელი
4. მოდერნიზების ფაზა
 - რეკონსტრუქცია
 - გამართვა
 - მოდერნიზება
5. ექსპლუატაციის მეორე ფაზა
 - გამართულ მდგომარეობაში შენარჩუნება
 - ექსპლუატაცია
 - მართვა
 - სარგებელი
6. დემონტაჟის ფაზა
 - დემონტაჟის გეგმა
 - დემონტაჟი
 - გადამუშავება/უტილიზაცია



ილუსტრაცია 197: შენობის სასიცოცხლო ციკლის ანალიზის ფაქტორები. (წყარო: ენერგოკომპიტირებული მშენებლობა, თ. დუცია, რ. მუხა, გვ.61, ილუსტრ.52)



12.3. მდგრადი მშენებლობის სოციალურ - კულტურული განზომილება

მდგრადობის სოციალური და კულტურული კრიტერიუმი ესთეტიკისა და გაფორმების საკითხების გარდა, გულისხმობს ჯანმრთელობის დაცვისა და კომფორტის ასპექტებსაც. ზაფხულისა და ზამთრის თბოიზოლაცია ისეთსავე როლს ასრულებს კომფორტის საკითხში, როგორსაც ხმაურის იზოლაცია და სხვა. სამშენებლო მასალების მიზანმიმართული შერჩევით (მაგ.: ნაკლები ემისიების მქონე პროდუქტები) შეგვიძლია ჯანმრთელობისათვის ზიანის მიყენებისაგან დავიცვათ მგრძნობიარე და ალერგიისადმი მიდრეკილი ადამიანები, ბავშვები და მოხუცები.

მდგრადობის სოციალური და კულტურული განზომილების ფარგლებში ყალიბდება დასაცავი მიზნები შემდეგ სფეროებში:

1. გაფორმება და ესთეტიკა
 - არქიტექტურული და ქალაქთმშენებლობის ხარისხით (გაფორმება, ოთახების გეომეტრიული მახასიათებლები, მატერიალური და ფერადოვანი გადაწყვეტა და ა.შ.)
 - მომხმარებლის იდენტურობის და აღიარების საკითხებით
 - მომხმარებლის კმაყოფილებით და საზოგადოებრივი აღიარებით
2. შეზღუდული შესაძლებლობის პირთათვის წინაღობებისგან თავისუფლება
 - დემოგრაფიული ცვლილებების გათვალისწინებით
3. ჯანმრთელობა და კომფორტი
 - თერმული კომფორტით (ოთახის ტემპერატურა, ოთახში ჰაერის ტენიანობა)
 - ჰიგიენური კომფორტით (ოთახში ჰაერის ხარისხი, ჰაერის მოძრაობა)
 - აკუსტიკური კომფორტით (სამშენებლო აკუსტიკა, ხმაურის ზემოქმედება)
 - ოპტიკური და ვიზუალური კომფორტით (განათება)
 - პრობლემური ნივთიერებებისთვის თავის არიდებით

12.4. ადგილობრივი ეკოლოგიური სამშენებლო მასალების გამოყენება და პერსპექტივა საქართველოში

მდგრადობის მოსაზრებებიდან გამომდინარე, უახლოეს წლებში მოსალოდნელია მშენებლობის სფეროში მოთხოვნილების გაზრდა განახლებადი ნედლეულით დამზადებულ თბოსაიზოლაციო მასალებზე. ამ მხრივ საქართველოში მერქნის ნარჩენებისა და ჩალის გარდა, უმთავრესი ინტერესის საგანს წარმოადგენს ცხვრის მატყლი. საქართველოში განვითარებულია მეცხვარეობა, ცხვრის მატყლის გადამამუშავებით კი შესაძლებელია შესანიშნავი თბოსაიზოლაციო მასალის დამზადება.

მატყლის თბოსაიზოლაციო მასალა მისი დრეკადობის გამო შესანიშნავად გამოდგება ხის კონსტრუქციებში. მატყლს გააჩნია კარგი თბოსაიზოლაციო თვისებები, არის დრომდეგი/გამძლე, ბუნებრივად ცეცხლის შემაკავებელი და ფაქტობრივად - ლპობა-გამძლე. ვინაიდან მატყლს შეუძლია საკუთარი წონის 33% ნესტის შთანთქმა და მისი კვლავ აორთქლება თბოისაზოლაციის უნარის დაკარგვის გარეშე, იგი ოთახში ტენიანობასაც არეგულირებს. მისი გამოყენების არეალი იწყება სახურავის ქანობიდან და ქერის თბოიზოლაციიდან და ვრცელდება გარე კედლების თბოიზოლაციამდე.



მატყლი არ იწვევს ალერგიას და ჯანმრთელობის თვალსაზრისით მას არაერთი დადებითი მხარე მოეპოვება; პირველ რიგში კი ის, რომ ჰიპოალერგენული სახლების აშენებისას მატყლის თექას გააჩნია განსაკუთრებული დანიშნულება: ის ამცირებს ბუნებრივ ალერგენებსა და გამაღიზიანებელ ნივთიერებებს.

საქართველოში თბოსაიზოლაციო მასალების წარმოების განვითარების უპირატესობებია:

- მატყლისაგან დამზადებული თბოსაიზოლაციო მასალების ეკოლოგიური მდგრადობა, რესურსების დაზოგვის შესაძლებლობა და ენერგოეფექტურობა
- სხვა ქვეყნებისაგან ეკონომიკური დამოუკიდებლობის ხელშეწყობა
- ადგილობრივი მეცხვარეობის მხარდაჭერა: სასოფლო-სამეურნეო კულტურის შენარჩუნება
- ახალი სამუშაო ადგილების შექმნა
- ექსტენსიური სოფლის მეურნეობის ხელშეწყობა შესაბამისი დადებითი ეკოლოგიური ეფექტით



ილუსტრაცია 198: ცხვრის ფარა საქართველოში.
(წყარო: Shutterstock)



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან

წინამდებარე რესურსების დამზოგი არქიტექტურული პროექტები და კონცეფციები განხორციელდა გერმანიაში და წარმოდგენას გვიქმნის მდგრადი ენერგოეფექტური მშენებლობისა და ქმედების შესაძლო გადაწყვეტილებათა შესახებ, რომელიც მიმართულია პროგრესირებადი გლობალური დათბობის წინააღმდეგ.

ათასწლეულების მანძილზე ადამიანები მთელ მსოფლიოში ცდილობდნენ სხვადასხვა მეთოდებით აეშენებინათ ნაგებობები, რომლებიც მათ დაიცავდა საფრთხეებისა და კლიმატური ზემოქმედებისაგან. 1973 წელს, როდესაც თავი იჩინა ნავთობის კრიზისმა, დასავლეთის სახელმწიფოებისთვის პირველად გახდა თვალსაჩინო, რომ წიაღისეულ რესურსებს აღარ გააჩნდა არც ხანგრძლივი პერსპექტივა და არც შეღავათიანი ფასი. შემუშავდა სამართლებრივი ინსტრუმენტები, რათა შესაძლებელი გამხდარიყო შენობების ენერგომოხმარების დაანგარიშება და შემცირება.

მოსალოდნელ რესურსების დეფიციტზე რეაგირების სახით 1977 წელს გერმანიაში ძალაში შევიდა პირველი სამთავრობო განკარგულება თბოდაცვის შესახებ (WSVO) შენობების ენერგოეფექტური თბოდაცვისათვის, რომელიც განსაზღვრავდა მინიმალურ მოთხოვნებს შენობის გარსის მიმართ სითბოს ხარჯის შესამცირებლად. 1995 წელს მიღებული თბოდაცვის შესახებ მესამე განკარგულება საგანგებოდ არეგულირებდა მოთხოვნებს ენერგომოხმარების უზრუნველყოფი ტექნიკური დანადგარების მიმართ. 2002 წელს იგი ჩაანაცვლა ენერგიის დაზოგვის განკარგულებამ (EnEV), რომელიც პირველად მოიხზრებდა შენობას, როგორც ერთიან სისტემას და რომელიც საყოფაცხოვრებო ტექნიკისა და შენობის გარსის ზემოქმედებას ენერგოეფექტურობაზე ერთიანობაში განიხილავდა. ამჟამად მოქმედი EnEV 2014-ის პირველადი ენერგობალანსი, რომელიც ყველა ენერგომატარებელს მათ მიერ კლიმატზე ზემოქმედების მიხედვით განიხილავს, აფართოებს ოპტიმიზაციის შესაძლებლობებს ისეთი განახლებადი ენერგომატარებლებისა და ენერგიის წყაროების გამოყენების მეშვეობით, როგორიცაა მზის ენერგია, გარემოს სითბო და ბიომასა. შესაბამისად, საბოლოო ენერგიის მოხმარებასთან ერთად პირველადი ენერგორესურსის წლიური მოხმარება (QP) არის ამ განკარგულების მეორე მთავარი მოთხოვნა.

13.1. შენობის სტანდარტები

შენობების ენერგობალანსირების საუძველზე გერმანიაში უკანასკნელ წლებში გამოიკვეთა მიმართულებები, რომელთა მთავარი მიზანია გადაწყვიტოს, თუ როგორ შეამციროს პირველადი ენერგიისა და გათბობის ენერგიის მოხმარება. ენერგოდაზოგვის განკარგულება EnEV განსაზღვრავს ძირითად ეფექტურობის დონეს, რომელიც ევროკავშირის კანონმდებლობის თანახმად მუდმივად აქტუალიზდება.

საცხოვრებელი ფართის გაანგარიშების შესახებ (WoFIVO) დებულების თანახმად,



ენერგომოხმარება შენობის მარგ ფართობთან (AN) ან გასათბობ საცხოვრებელ ფართობთან მიმართებაში განიხილება. გარდა ამისა, ასხვავებენ გათბობის სითბოს მოხმარებასა და ენერგომართარებელზე დამოკიდებულ პირველადი ენერგიის მოხმარებას.

- სტანდარტული გათბობის სითბოს მოხმარება Q_h
- პირველადი ენერგიის მოხმარება Q_P
- საბოლოო ენერგიის მოხმარება Q_e
- გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული სითბური დანაკარგები H_T

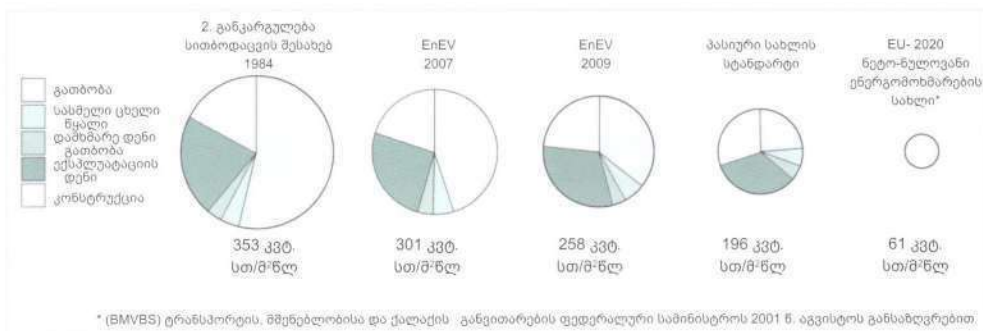
შენობის ენერგოსტანდარტი განსაზღვრავს, თუ რა რაოდენობის ენერგიის მოხმარება დასაშვებია m^2 ენერგომოხმარების ფართობზე წელიწადში.

სტანდარტი	გათბობის სითბოს მოხმარება Q_h	პირველადი ენერგიის მოხმარება Q_P	გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული დანაკარგი H_T
გაურემონტებელი საცხოვრებელი სახლი, აშენების წელი 1960-1980	300 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)		
საშუალოდ გერმანია 2002	160 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)		
განკარგულება სითბოდაცვის შესახებ (WSVO 77)	≤ 250 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)		
განკარგულება სითბოდაცვის შესახებ (WSVO 82)	≤ 150 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)		
განკარგულება სითბოდაცვის შესახებ (WSVO 95)	≤ 100 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)		
დაბალი ენერგომოხმარების სახლი (EnEV 2002)	≤ 70 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)		
KfW-60-ენერგოეფექტური სახლი (EnEV 2004)		≤ 60 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)	
KfW-40-ენერგოეფექტური სახლი (EnEV 2004)		≤ 40 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)	
KfW-ენერგოეფექტური სახლი-70 (EnEV 2007)		≤ 60 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)	$\leq 70\%$ მაქსიმუმ EnEV 2007
KfW-ენერგოეფექტური სახლი-55 (EnEV 2007)		≤ 40 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$)	$\leq 55\%$ მაქსიმუმ EnEV 2007
KfW-ენერგოეფექტური სახლი-85 (EnEV 2009)	≤ 55 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$) ¹	$\leq 85\%$ მაქსიმუმ EnEV 2009 (დაახ. 50 კვტ.სთ/ ($m^2 \cdot \text{წლ}$))	$\leq 100\%$ მაქსიმუმ EnEV 2009

ცხრილი 30: განკარგულებების განვითარება 1960-2016 წწ.



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან



ილუსტრაცია 199: სხვადასხვა ენერგოსტანდარტების მქონე საცხოვრებელი სახლებისათვის შინაოთახური კიბეებზე ენერგიის მოხმარება (გრაფიკა: მ. ტყემელაშვილი).
წყარო: აქტიური სახლი, საფუძვლები, მანდრედ ჰეგერი და სხვ. გვ. 66)

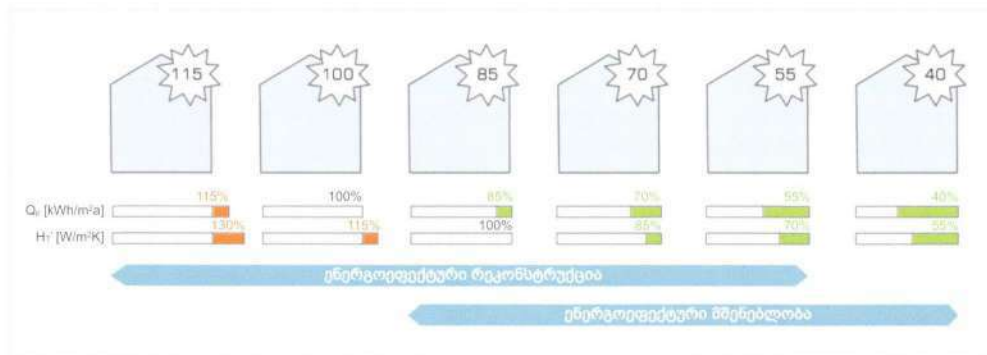
13.1.1. KfW ენერგოეფექტური სახლები

იმისათვის, რომ ენერგიის დაზოგვისა და ემისიების შემცირებასთან დაკავშირებულ პოსტულირებულ მიზნებს ეროვნული და საერთაშორისო დონისთვის მიეღწია, გერმანიაში შემუშავდა სხვადასხვა წამახალისებელი სახელმწიფო პროგრამა. დოტაციები უბიძგებს კერძო მშენებლებს, სამშენებლო კომპანიებს და სხვ., რომ, როგორც ახალმშენებლობებში, ასევე უკვე არსებულ შენობებში, შენობის ენერგოსტანდარტის უფრო მაღალი ხარისხით შესასრულებლად, ინვესტიციები კანონით გათვალისწინებული მოთხოვნების ფარგლებში განახორციელონ. ამასთან დაკავშირებით შემუშავდა ექვსი სხვადასხვა KfW ენერგოეფექტური სახლის და ერთი ენერგოეფექტური კულტურული ძეგლი. მიღწეული სტანდარტის მიხედვით მათ განსხვავებულ მხარდაჭერას უწევს KfW -ბანკი (Kreditanstalt für Wiederaufbau).

მშენებელსა და ბანკს შორის შუამავლად ინიშნება სპეციალური განათლების მქონე კვალიფიციური ენერგოკონსულტანტი/ენერგოეფექტურობის ექსპერტი კონსულტაციის, შუამდგომლობის, ზედამხედველობისა და ხარისხის უზრუნველყოფის განსახორციელებლად.

სტანდარტი	პირველადი ენერგიის მოხმარება Q_p [კვტ.სთ/მ²·წ]	გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული დანაკარგები H' [კვტ/მ²·K]
ენერგოეფექტური სახლი 40	40%	55%
ენერგოეფექტური სახლი 55	55%	70%
ენერგოეფექტური სახლი 70	70%	85%
ენერგოეფექტური სახლი 85	85%	100%
ენერგოეფექტური სახლი 100	100%	115%
ენერგოეფექტური სახლი 115	115%	130%
ენერგოეფექტური სახლი, ძეგლი	160%	175%

ცხრილი 31: ენერგოეფექტური სახლების სტანდარტები



ილუსტრაცია 200. ენერგოეფექტური სანირების/მშენებლობის სტანდარტები.

(გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი, წყარო: მ. ჰეგერი, ქ. ფაფლოვი, ი. ჰეგერი, აქტიური სახლი, საფუძვლები, და სხვ. გვ. 84)

13.1.2. პასიური სახლები

პასიური სახლი, როგორც მსოფლიოში საყოველთაოდ ცნობილი და მრავალ ქვეყანაში განხორციელებული შენობის სტანდარტი, რომლის გაანგარიშებაც „პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტი“ (PPHP) გარკვეული ხარისხის კრიტერიუმების თანახმად ხდება, შემუშავებული იქნა ქ.დარმშტატში მდებარე პასიური სახლის ინსტიტუტში, მისი დამფუძნებლის, პროფ. დოქტორ ვოლფგანგ ფაისტის ხელმძღვანელობით. პირველი პასიური სახლი ევროპაში, როგორც სადემონსტრაციო პროექტი, დაიგეგმა, აშენდა და მეტროლოგიურად აღიჭურვა 1990 წელს ქ.დარმშტატში ჩვეულებრივ დასახლებული მრავალბინიანი სახლის სახით, რომლის გათბობის ენერგიის მოხმარებაც 12 კვტ.სთ/(მ²წლ)-ზე ნაკლებს შეადგენდა.

პასიური სახლი გამოირჩევა განსაკუთრებით მაღალი კომფორტის დონით ძალზე დაბალი ენერგომოხმარების პირობებში. სახლს ეწოდება „პასიური“, ვინაიდან სითბოს მოხმარების მეტი წილი იფარება „პასიური“ წყაროებიდან, როგორიცაა მზის გამოსხივება, ადამიანების და ტექნიკური მოწყობილობების მიერ გამოცემული სითბო.

გათბობის ხარჯი მოთხოვნილი ფუნქციონირების პრინციპიდან გამომდინარე, ძალზე დაბალია - გათბობის სითბოს მოხმარება პასიურ სახლში შეადგენს 15 კვტ.სთ/(მ²წლ)-ზე ნაკლებს. ეს შეესაბამება არაუმეტეს 1,5 ლ თხევად საწვავს ან 1,5 მ3 ბუნებრივ აირს საცხოვრებელი ფართის მ²-ზე წელიწადში.

პასიურ სახლში გადამწყვეტ როლს ასრულებს შენობის გარსისა და შენობის ტექნიკური აღჭურვილობის ხარისხი. ხარისხის უზრუნველსაყოფად პასიური სახლის ინსტიტუტი (PHI) გვთავაზობს სხვადასხვა სახის სერტიფიცირებას დამპროექტებლისათვის, კონსულტანტისათვის, ხელოსნისა და პროდუქტებისთვის.

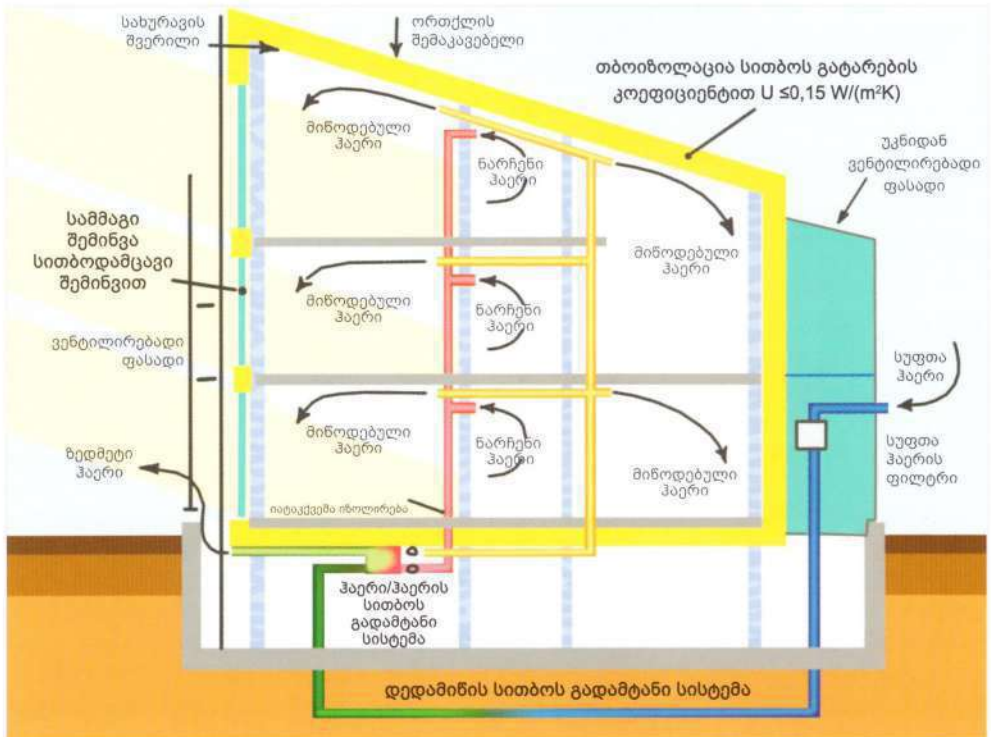
პასიური სახლის ფუნქციონირების პრინციპი ეფუძნება:

- მაღალეფექტურ თბოიზოლაციას (ჰაერის ჰერმეტიკულობის გაზომვა აერო-კარის მეშვეობით)
- სათანადოდ თბომაიზოლირებულ ფანჯრებს თბოდამცავი სამმაგი შემინვით
- მზის გამოსხივების გამოყენებას სამხრეთის მხარეს დიდი ფანჯრების მეშვეობით

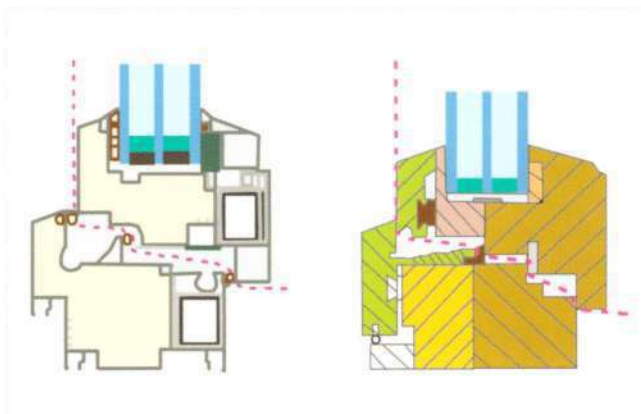


13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან

- სითბური ხიდების თავიდან აცილებას
- სავენტილაციო მოწყობილობას ოთახის ვენტილაციის კონტროლის ფუნქციით და ნარჩენი სითბოს 80-95%-იან გამოყენებას
- ხშირ შემთხვევაში ოთახებში ჰაერის მიწოდებას დედამიწის სითბოს გადამტანი სისტემის მეშვეობით
- გათბობას დარჩენილი მოთხოვნილებისათვის, მაგ.: პელეტის გათბობით და სხვ.



ილუსტრაცია 201: პასიური სახლის სქემატური გამოსახულება. (გრაფიკა: შ.ტყეშელაშვილი, წყარო: <https://de.wikipedia.org/wiki/Passivhaus>, 08.2016-ის მდგომარეობით)



ილუსტრაცია 202: პასიური სახლის ფანჯრების სქემატური გამოსახულება. (გრაფიკა: შ.ტყეშელაშვილი, წყარო: <https://de.wikipedia.org/wiki/Passivhaus>, 08.2016-ის მდგომარეობით)

უკანასკნელი 25 წლის მანძილზე პასიური სახლის სტანდარტით მთელ მსოფლიოში აშენდა სხვადასხვა დანიშნულების ახალი შენობები, ან მოხდა უკვე არსებული შენობების პასიური სახლის სტანდარტის მიხედვით სანირება. ესენია: საცხოვრებელი სახლები, დასახლებები, საწარმოთა შენობები, სკოლები, საბავშვო ბალები, მოხუცებულთა სახლები, კლინიკები, სახანძრო სამსახურის შენობები, მუზეუმები, აგრეთვე სპეციალური ნაგებობები.

ამჟამად ქ. ნიუი-ორკში მანჰეტენზე შენდება 27-სართულიანი ცათამბტენი პასიური სახლის სტანდარტით.

13.1.3. ნულოვანი და პლუს ენერგოსახლები

შეიძლება ითქვას, რომ შენობები ფლობენ პოტენციალს და ინფრასტრუქტურას, რათა საჭირო ენერგია თავად გამოიმუშაონ ადგილზე. აქ იგულისხმება ნულოვანი ენერგომოხმარების ან აქტიური სახლი, რომლებიც უკვე საკმარისდ მომრავლდა მსოფლიოში და გერმანიაშიც. მათ უწოდებენ „პლუს ენერგოსახლებს“, „ნულოვანი ემისიების სახლებს“, „ენერგოეფექტურ სახლ პლუსს“, „აქტიურ პლუს სახლს“, „მზის ენერგიის აქტიურ სახლს“ ასევე აღნიშნავენ საერთაშორისო სახელწოდებებით „(net) zeroenergybuilding“, „carbon neutral home“, „EquilibriumTMHouse“ „Bâtiment à énergie positive“.

მათი ნორმატიული განსაზღვრება ჯერ არ არსებობს. ევროკავშირის შენობების დირექტივის - „Energy Performance in Buildings Directive (EPBD)“ აქტუალიზაციის შედეგად 2010 წელს ევროკავშირმა „Nearly Zero-Energy Buildings“ დასაბა მიზნად და წევრი სახელმწიფოებისაგან მოითხოვს ამ არცთუ ზუსტად დაკონკრეტებული სტანდარტის დაცვას ახალმშენებლობებში 2020 წლიდან, ანუ სულ რაღაც 4 წელიწადში.

13.2. არქიტექტურული კონცეფციების მდგრადი განხორციელების მაგალითები

ამ თავში ქ. კიოლნში და მის შემოგარენში სანიმუშოდ განხორციელებულ ენერგოეფექტურ შენობებთან ერთად გაშუქებულია არქიტექტურული პროექტები IBA – Hamburg საერთაშორისო სამშენებლო გამოფენიდან, რომელიც ეძღვნება საკითხს - თანამედროვე ქალაქი კლიმატის ცვლილების პირობებში.

13.2.1. უმანქანო დასახლება ქ. კიოლნში

ქ. კიოლნის ნიპეს უბანში 4 ჰექტარ მიწის ფართობზე, ყოფილი რკინიგზის დეპოს ტერიტორიაზე, 2006-2013 წწ-ში გაშენდა ყველაზე დიდი უავტომობილო დასახლება გერმანიაში 430 საცხოვრებელი ერთეულითა და 1.000 მაცხოვრებლით. დასახლება მოიცავს სხვადასხვა ტიპის საცხოვრებლებს: საკუთარ ბინებს, კერძო სახლებს, გასაქირავებელ ბინებს, ბინებს შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირთათვის თანმხლებ ადამიანებთან ერთად და ასევე - სახლს სხვადასხვა თაობის ადამიანთა თანაცხოვრებისათვის. ამ



კონცეფციის მიზანი იყო საცხოვრებელი პირობებისა და ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესება და საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოება, განსაკუთრებით იქ მცხოვრები ბავშვებისათვის; აგრეთვე იყო მოთხოვნა აქტიურ მებობლურ თანაცხოვრებაზე.

მაცხოვრებელთა მობილობა რომ არ შეზღუდულიყო, დასახლების მომიჯნავედ უზრუნველყოფილ იქნა კარგი კომუნიკაცია საზოგადოებრივ ტრანსპორტთან, მოეწყო ველობილიკები და მანქანის ერთობლივი სარგებლობის სერვისი.

ავტომანქანის „არ ყოლა“ წერილობით დამოწმებულია ყველა ქირავნობის, საარენდო და ყიდვა-გაყიდვის ხელშეკრულებაში. ვინაიდან ამ კონცეფციის თანახმად უარი ეთქვა ავტოსადგომების, გარაუებისა და მისასვლელი გზების მშენებლობას, მკვეთრად შემცირდა მშენებლობის ხარჯები და მეტი ფართი დარჩა გაშვანებისა და დასასვენებელი არეებისთვის. გამომდინარე იქიდან, რომ ეკოლოგიური და მდგრადი მშენებლობა თავიდანვე ჩადებული იყო კონცეფციაში, ზოგი შენობა აშენდა მზის ენერგიის-პასიური სახლის სტანდარტით.

დათვალიერებისას სანიმუშოდ წარმოადგინეს ერთი მწკრივული 1-ოჯახიანი სახლი და ერთი ბინა მრავალბინიან სახლში, რომლებიც შესრულებული იყო როგორც მზის ენერგიის-პასიური სახლი.

მზის ენერგიის-პასიური მწკრივული სახლები



ილუსტრაცია 203: მწკრივული პასიური სახლები მზის პანელებით, ხედი ბალის მხრიდან, (ფოტო:ხ. სიჭინავა)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: მწკრივული 1-ოჯახიანი სახლი

მშენებლობის ღირებულება: 1.100 ევრო/მ² (ბრუტო)

ენერგიის მოხმარების ფართობი პასიური

სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP) მიხედვით: 1.060 მ²

კონსტრუქციის ტიპი: მასიური



ენერგოსტანდარტი: პასიური სახლი (პასიური-მზის ენერგიის-საცხოვრებელი სახლი)

თერმული გარსი:

გარე კედელი (გკ)

(გკ) 1: პირველი და მეორე სართული, კირ-ქვიშა ქვის წყობა, გარე კედლის თბოიზოლაციის სისტემით (WDVS), გარე ფასადის ბათქაში

(გკ) 2: მანსარდა, ხის-მანუეტური ფასადი

თბოგადაცემის საშუალო კოეფიციენტი $U = 0,15 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

სარდაფის ქერი/იატაკის ფილა

თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,15 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

სახურავი

თბოიზოლაცია ხორციელდება ცელულოზის ფანტელის ჩაჭირხვნიტ, რაც უზრუნველყოფს ხმის კარგ დაცვას და საზაფხულო სითბოდაცვას. სახურავი, ინვესტორის ეკოლოგიური მოსაზრებიდან გამომდინარე, შესრულებულია მწვანე სახურავის სახით.

თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,138 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

პასიური სახლი-მეტალოპლასტმასის ფანჯრები: სამმაგი შემინვა

თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,84 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

ტექნიკური მოწყობილობები

ვენტილაცია ყველა სახლში: მაღალეფექტური სავენტილაციო სისტემა ნარჩენი სითბოს გამყენებით, 100 მ-მარილხსნარის-გრუნტის სითბოს გადამტანი სისტემა (გრუნტის არხი სახლის ქვეშ) და ჰაერის მატემპერირებელი ცენტრალური გამათბობელი ელემენტი ძირითადი მოხმარებისთვის; თითოეულ ოთახს გააჩნია ცალკე ჰაერის მიმწოდებელი არხი - არანაირი „ტელეფონის“ ეფექტები (ხმის გადატანა საჰაერო არხებით), იოლი გაწმენდის შესაძლებლობა, ძალზე მარტივი, სწრაფი და საიმედო მონტაჟი.

გათბობა: პელეტის ღუმელი საცხოვრებელ ოთახში

ცხელი წყალი: 6 მ² მზის კოლექტორები სპეციალურ ფოლადის კონსტრუქციაზე, დამონტაჟებული სამხრეთის ფასადზე 400 ლ მზის ენერგიის აკუმულატორით და შემდგომი ელექტროგაცხელებით, აგრეთვე საჭიროებისამებრ მართვადი ცირკულაციით.

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: მანფრედ ბრაუნემი, MB Planungs GmbH

დამკვეთი: მანფრედ ბრაუნემი, MB Planungs GmbH

მშენებლობის დასრულების წელი: 2006

ადგილმდებარეობა: ვერკშტატშტრასე, 50733 ქ. კიოლნი, ნიჰესი.

პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP) პარამეტრები (მწკრივული სახლი) ჰერმეტიულობა $n_{50} = 0,6/\text{სთ}$

გათბობის სითბოს მოხმარება: 10 კვტ.სთ/(მ²·წ)

პირველადი ენერგიის მოხმარება: 96 კვტ.სთ/(მ²·წ) გათბობისათვის, ცხელწყალმომარაგებისათვის, დამხმარე და საყოფაცხოვრებო ელექტროენერგიისათვის





ილუსტრაცია 204 და 205: პელეტის ღუმელი და პელეტის ტოშრები (ფოტო: შაიერ-ვ, ბ.დ.)

მრავალბინიანი სახლი



ილუსტრაცია 206: მრავალბინიანი სახლი, (წყარო: Shutterstock)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: მრავალბინიანი სახლი, 21 საცხოვრებელი ერთეულით

მშენებლობის ხარჯი: 1.094 ევრო/მ² (ბრუტო)

ენერგიის მოხმარების ფართობი პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP)

მიხედვით: 1.513 მ²



კონსტრუქციის ტიპი: მასიური

ენერგოსტანდარტი: პასიური სახლი (მზის ენერგიის-პასიური საცხოვრებელი სახლი)

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: მანფრედ ბრაუნგემი, MB Planungs GmbH

დამკვეთი: მანფრედ ბრაუნგემი, MB Planungs GmbH

მშენებლობის დასრულების წელი: 2006

ადგილმდებარეობა: ვერკშტატტერასე, 50733 ქ. კიოლნი, ნიჰესი.

თერმული გარსი

გარე კედელი (გკ)

გკ-1: სარდაფი, ბეტონის კონსტრუქცია

გკ-2: პირველიდან მესამე სართულამდე კირ-ქვიშა ქვის წყობა გარე კედლის თბოიზოლაციის სისტემით (WDVS), გარე ფასადის ბათქაში

გკ-3: პენტჰაუზი ფირფიცრის-მონოკოკური-კონსტრუქცია + ხის ფასადი, თბოგადაცემის საშუალო კოეფიციენტი $U = 0,14 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

სარდაფის ქერი/იატაკის ფილა: ბეტონის კონსტრუქცია + თბოიზოლაცია
თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,14 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

სახურავი

თბოიზოლაცია ხორციელდება ცელულოზის ფანტელის მჭიდრო ჩაჭირხვნით, რაც უზრუნველყოფს უნაკლო თბოიზოლაციას, ხმის კარგ დაცვას და საზაფხულო სითბოდაცვას.

გარდა ამისა, სახურავი, ინვესტორის ეკოლოგიური მოსაზრებიდან გამომდინარე, მსრულებულია მწვანე სახურავის სახით.

თბოგადაცემის კოეფიციენტი $= 0,1 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

პასიური სახლის მეტალოპლასტმასის ფანჯრები: სამმაგი არგონის შემინვა
თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,84 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

ენერგოკონცეფცია/ტექნიკური მოწყობილობები

ვენტილაცია: ცალკეული ბინების მიხედვით ვენტილაციის განცალკევებული სისტემები ნარჩენი სითბოს ხელახალი გამოყენებით და დეცენტრალიზებული გარე და ზედ-მეტი ჰაერის მართვით.

გათბობა: თერმოსტატის მეშვეობით რეგულირებადი, დეცენტრალიზებული გათბობა ბინებში ვენტილაციის სისტემისა და თბილი წყლის გამათბობელი ელემენტის მეშვეობით, სითბოს წარმოება პელეტის ქვაბის მეშვეობით სარდაფში, მზის ენერგიით წინასწარ შეთბობასთან კომბინაციაში, რასაც უზრუნველყოფენ თერმული კოლექტორები ბუფერული შრეებიანი საცავით.

ცხელი წყალი: მზის თერმული კოლექტორები შრეებიანი საცავითა და სუფთა წყლის ცენტრალური სადგურით, შემდგომი გაცხელება ავტონომიური გათბობით, საჭიროებისამებრ მართვადი ცირკულაცია.

პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP) პარამეტრები (მრავალბინიანი სახლი)
ჰერმეტიულობა $n50 = 0,6/h$





გათბობის სითბოს მოხმარება: 13 კვტ.სთ/ (მ²წლ)

პირველადი ენერგიის მოხმარება: 116 კვტ.სთ/(მ²წლ) გათბობისათვის, ცხელი წყლისათვის, დამხმარე და საყოფაცხოვრებო ელექტროენერგიისათვის

ილუსტრაცია 207: ბინების გათბობის ქვეგამანაწილებელი. (ფოტო: მაიერ-ვ, ბ.დ.)



ილუსტრაცია 208: ჰაერის მოდინებისა და განოვის ხვრელი (ფოტო: მაიერ-ვ, ბ.დ.)

13.2.2. აქტიურ-პასიური ცხოვრება

სამშენებლო ჯგუფების აქ მოცემულმა კონცეფციამ შესაძლებლობა მისცა კერძო დამკვეთებს სპეციალურად გამოყოფილ 6 ჰექტარ მიწაზე, რომელზეც ადრე ქ.კიოლნის მუნიციპალური ბავშვთა პანსიონი მდებარეობდა, ინვესტორებისა და დეველოპერებისაგან დამოუკიდებლად, საკუთარი საჭიროებისთვის 20-30%-ით იაფად აეშენებინათ კერძო საცხოვრებელი სახლები მაქსიმალური ინდივიდუალობითა და კომუნის ჩამოყალიბების პერსპექტივით.

სამწლიანი ინტენსიური დაპროექტება-მშენებლობის შემდეგ სამშენებლო გაერთიანება „ზულცერ ფროინდე“, რომელიც 16 დამკვეთისგან - 31 ზრდასრულისა და 27 ბავ-



შვისგან - შედგებოდა, 2012 წლის თებერვალში შესახლდა 17 საცხოვრებელი ერთეულის მქონე ორ შენობაში.

ქ. კიოლნის კლიმატის წრის მხარდაჭერით აშენდა მრავალბინიანი სახლი ენერგეტიკული, კონსტრუქციული და ინოვაციური საერთო კონცეფციის თანახმად, რომელიც სამომავლოდ ეკოლოგიურად სუფთა ქალაქის სანიმუშო მოდელის პროექტი იქნებოდა. აღნიშნული პროექტის საფუძველზე წარმოგიდგენთ, თუ როგორ შეიძლება თითქმის უემისიო პასიური სახლის ხარისხი ძალზე ეკონომიურად განხორციელდეს ჩვეულებრივი მასიური თბოსაიზოლაციო ფენების გარეშე პერლიტის თბოიზოლაციის მქონე დიდმანომოებლური ღრუებიანი აგურით, სადაც დანარჩენი საჭირო ენერგია მხოლოდ განახლებადი ენერგონყაროებისგან მიიღება.



ილუსტრაცია 209 და 210: გარე ხედები: ქუჩა და ბაღი. (ფოტო: მაიერ-ვ, ბ.დ.,
წყარო: http://www.passivhausprojekte.de/#d_2458)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: მრავალბინიანი სახლი 17 საცხოვრებელი ერთეულით (ორი ერთმანეთის საპირისპიროდ მდგარი შენობათა ბლოკები)

მშენებლობის ხარჯი: უცნობია

ენერგიის მოხმარების ფართობი: 1.864 მ²

კონსტრუქციის ტიპი: მასიური

ენერგოსტანდარტი: პასიური სახლი

თერმული გარსი:

გარე კედელი (გკ): შიდა ბათქაში 1,5 სმ, აგური „Poroton T8“ პერლიტის ჩანაყარით 49 სმ WLG 080, გარე ბათქაში 2 სმ.

საშუალო სითბოსგატარების კოეფიციენტი $U = 0,16$ ვტ/(მ²·K)

ფანჯრები: სამმაგი შემინვა, Thermix შუასადებით, Interpane-ს მინა

სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U_w = 0,79$ ვტ/(მ²·K)



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან

სარდაფის ქერი: ხის იატაკი/კერამიკული ფილები, ცემენტის მოჭიმვა 6 სმ, ფეხის ხმის საწინააღმდეგო იზოლაცია 3 ცსმ WLG 035, თბოიზოლაცია 20 სმ WLG 035, ბეტონის გადახურვა 25-30 სმ, მრავალშრიანი ფილა 10 სმ WLG 035
საშუალო სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,107 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$
სახურავი: შიდა ბათქაში 1 სმ, რკინაბეტონის გადახურვა 18/20 სმ, თბოიზოლაცია საშუალოდ 35 სმ WLG 035, ჰერმეტიზაცია/ფილების ფენილი, ხის ფენილი საშუალო თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,097 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

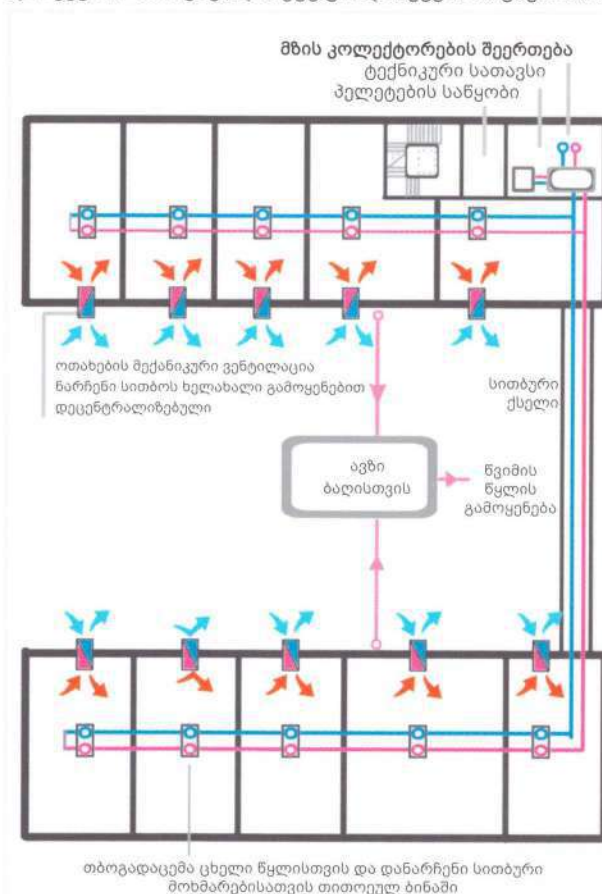
ენერგოკონცეფცია/ ტექნიკური მოწყობილობები

ვენტილაცია: ბინების კონტროლირებადი ვენტილაცია დეცენტრალიზებული მოწყობილობით თითოეულ საცხოვრებელ ერთეულზე

გათბობა: ცენტრალური გათბობის სისტემა პელეტის ქვაბის მეშვეობით, გათბობა რადიატორებით; ცენტრალური ცხელი წყლის მიღება პელეტის ქვაბის მეშვეობით და დამატებით მზის სითბური ენერგიით ($18 + 17 \text{ მ}^2$), ბრტყელი კოლექტორები

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორი: კლაუს ცელერის არქიტექტორთა ბიურო
დამკვეთი: სამშენებლო ჯგუფი, დამკვეთთა გაერთიანება



აშენების წელი: 2012

მდებარეობა: ჰაინ-მონენ

პლაც 23, 50937 ქ. კიოლნი

სერტიფიკატები/ჯილდოები

მთავარი პრიზი: დოიჩერ ცი-გელპრაის 2015

პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP) პარამეტრები

ჰერმეტიულობა: $n_{50} = 0,32/\text{სთ}$

სითბოს მოხმარება: 16

კვტ.სტ/($\text{მ}^2 \cdot \text{წლ}$)

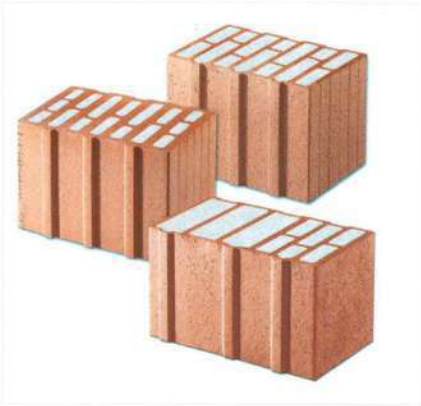
შენობის გათბობის დატვირთვა: 10 ვტ/ მ^2

პირველადი ენერგიის მოხმარება: 84 კვტ.სტ/($\text{მ}^2 \cdot \text{წლ}$) გათბობისთვის, ცხელი წყლისთვის, დამხმარე და საყოფაცხოვრებო ელ.ენერგიისათვის.

ილუსტრაცია 211;

ენერგოკონცეფცია.

(გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)



ილუსტრაცია 212:
მონოლითური აგური პერლიტის იზოლაციით
(გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი)

13.2.3. „პასიური სახლის“ პრინციპით აშენებული სკოლა, ირისვეგ კიოლნ-ცუნდორფი

საცხოვრებელი უბნის პერიფერიაზე მდებარე ცალკე მდგომი, რელიეფური აგურის ფასადის მქონე ზოგადი განათლების დაწყებითი სკოლა სამ-სამი პარალელური კლასით, ირისვეგში (კიოლნ-ცუნდორფი) 2007 წელს გაიხსნა, როგორც პასიური სახლის ტიპის ახალი შენობა. L-სებრი ფორმის ნაგებობას გააჩნია სპორტული დარბაზი და დიდი კეთილმოწყობილი სათამაშო მოედანი, რომელიც გადის ხეხილის ბაღში.

„ორსართულიანი სკოლის შენობაში საკლასო ოთახები განლაგებულია ორ წყებად, ხოლო ადმინისტრაციული ნაწილი, საპირფარეშოები და მნეს ოთახი ერთ წყებად. საკლასო ოთახების სართულზე ცენტრალურ დერეფანში მოწყობილია ფერადი დასაჯდომი ნიშები, რომლებიც „სასწავლო გარემოს“ ნაწილია და ქმნის დამატებით მყუდრო სიცვრცეს მოსწავლეებისათვის“¹⁷.



ილუსტრაცია 213: ირისვეგის დაწყებითი სკოლა, შესასვლელი.
(ფოტო: ნ. მეფარიშვილი)

17 - წყარო: www.heiermannarchitekten.de/schulen/articles/grundschule_irisweg.html





ილუსტრაცია 214: ირისვეგის დაწყებითი სკოლა, სკოლის ეზო. (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი, წყარო: <http://www.lernraeume-aktuell.de/einrichtungen/ggs-irisweg.html>)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: სკოლა მნეს ბინით

მშენებლობის ხარჯი: უცნობია

ენერგიის მოხმარების ფართობი: 2.530 მ²

კონსტრუქციის ტიპი: მასიური

ენერგოსტანდარტი: პასიური სახლი

თერმული გარსი

გარე კედელი (გკ):

გკ-1: კლინკერი, შიდა ბათქაში, რკინაბეტონი, 240 მმ მინერალური ბოჭკო

გკ-2: გარე კედლის თბოიზოლაციის სისტემა (WDVS), შიდა ბათქაში, რკინაბეტონი 240 მმ, თბოიზოლაციის სისტემა (WDVS) (მიწებებული) 300 მმ ცოკოლის დასაცავად და გარე ბათქაში

საშუალო სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,14$ ვტ/(მ²·K)

ფანჯრები: სამმაგი შემინვა თბოიზოლაციით არგონით შევსებული

სითბოს გატარების საერთო კოეფიციენტი $U = 0,14$ ვტ/(მ²·K)

სარდაფის ქერი/იატაკის ფილა: ფენილი, მოჭიმვა + ფეხის ხმის საწინააღმდეგო იზოლაცია 30 მმ (ფირი) თბოიზოლაცია 240 მმ, რკინაბეტონის იატაკის ფილა 300 მმ, თბოიზოლაცია 120 მმ

თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,09$ ვტ/(მ²·K)

სახურავი: დახრილი სახურავი გოფირებული თუნუქით, რკინაბეტონის ქერი, ორ-თელგაუმტარი შრე, თბოიზოლაცია + ძელები ჯვარედინი წყობით 160 + 120 მმ, თბოიზო-



ლატცია 120 მმ გოფრირებული თუნუქის საშორით

თბოგადაცემის კოეფიციენტი $U = 0,12 \text{ ვტ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{K})$

ენერგოკონცეფცია/დანადგარების კონცეფცია:

ვენტილაცია: სისტემა მრავალი სავენტილაციო მოწყობილობით

გათბობა: გაზის მაღალი წარმადობის ქვაბი, ბუფერული ავზი, გათბობის სითბოს განაწილება რადიატორების მეშვეობით თითოეულ ოთახში

სერტიფიკატები/ჯილდოები

ნორდრაინ-ვესტფალიის ფედერალური მიწის სკოლის მშენებლობის პრიზი 2008 - ჯილდო სანიმუშო სკოლის შენობისათვის

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: ჰაიერმანის არქიტექტორთა ბიურო

დამკვეთი: ქალაქი კიოლნი, საბინაო-კომუნალური მეურნეობა

აშენების წელი: 2006

მდებარეობა: ირისვეგ 2, 51143 ქ. კიოლნი (ცუნდორფი)

პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP) პარამეტრები

ჰერმეტიკობა: $n50 = 0,22/\text{სთ}$

სითბოს მოხმარება: $14 \text{ კვტ.სთ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{წლ})$

შენობის გათბობის დატვირთვა: $10 \text{ ვტ}/\text{მ}^2$

პირველადი ენერგიის მოხმარება: $63 \text{ კვტ.სთ}/(\text{მ}^2 \cdot \text{წლ})$ გათბობისთვის, ცხელი წყლისთვის, დამხმარე და საყოფაცხოვრებო ელექტროენერგიისათვის.



ილუსტრაცია 215: ირისვეგის დაწყებითი სკოლის ფოიე. (ფოტო:ხ. სიჭინავა)



ილუსტრაცია 216: ირისვეგის დაწყებითი სკოლის ფოიედან დანახული სასწავლო გარემო. (ფოტო: მაიერ-გ. ბ.დ.)





ილუსტრაცია 217: დერეფნები, სასწავლო გარემო (ფოტო: მაიერ-გ. ბ.დ.)



ილუსტრაცია 218: კომუნიკაციების სათავსი, ვენტილაციის სისტემა ირისვეგის დაწყებით სკოლაში.
(ფოტო: მაიერ-გ. ბ.დ.)

13.2.4. „პასიური სახლის“ საგანმანათლებლო ცენტრი „კარი მსოფლიოში“ ("Tor zur Welt")

საგანმანათლებლო ცენტრი ხელმისაწვდომია ყველა მოქალაქისათვის მიუხედავად ასაკისა, წარმოშობისა და განათლების დონისა და თავისი კონცეფციით მოწოდებულია ხელი

შეუწყოს ადამიანთა უწყვეტ განათლებას და კულტურულ ურთიერთგაცვლას. არქიტექტურული თვალსაზრისით აღსანიშნავია ცალკეული შენობების განლაგება ცენტრალური შეხვედრების სივრცის, ე.წ. „ლუზის მოედნის“ გარშემო. საგანმანათლებლო ცენტრის არქიტექტურისთვის სახასიათოა აგრეთვე ე.წ. „ცოდნის ქუჩა“. ცალკეული შენობები ერთსართულიანი ბრტყელსახურავიანი კონსტრუქციის მეშვეობით ერთმანეთს ორ დონეზე უკავშირდებიან. სახურავი სკოლის ეზოს ერთგვარ გაგრძელებას წარმოადგენს და მასზე სამოძრაო სივრცეა შექმნილი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია სხვადასხვა შენობაში მოხვედრა.

ყველა ახალი შენობა, გარდა ერთსართულიანი შესვენების დარბაზისა, შესრულებულია პასიური სახლის სტანდარტის მიხედვით და აღჭურვილია ფოტოვოლტაიკის პანე-



ლებით. ცენტრალური ენერგომანაწილებელი ბლოკის სახურავზე და სამხრეთ ფასადზე მდებარეობს აგრეთვე მზის ენერგიაზე მომუშავე გათბობის სისტემა.



ილუსტრაცია 219: საგანმანათლებლო ცენტრი „კარი მსოფლიოში“ („Tor zur Welt“), (წყარო: IBA Hamburg GmbH, Bernadette Grimmerstein)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: დაწყებითი სკოლა, რეგიონალური საგანმანათლებლო და საკონსულტაციო ცენტრი, მეტყველების დეფექტის გამოსასწორებელი სკოლა, გიმნაზია, მრავალფუნქციური ცენტრი ქალაქის უბნისათვის, გარემოს დაცვის ცენტრი 1-6 კლასებისათვის, წინა სასკოლო სასწავლებელი და ბაგა-ბაღი, სამეცნიერო ცენტრი და სკოლა & ბიზნეს-ცენტრი გიმნაზიაში, მედიასახელოსნო, ცენტრალური ენერგომანაწილებელი ბლოკი.

მოცულობა: 1.600 მოსწავლე და მნახველი

მშენებლობის ხარჯი: 60 მლნ. ევრო

შენობის სართულის საერთო ფართი: ახალი შენობა 20.500 მ², არსებული: 12.335 მ²

კონსტრუქციის ტიპი: კომპაქტური კონსტრუქცია

ენერგოსტანდარტი: ახალმშენებლობა პასიური სახლი

სერტიფიკატები/ჯილდოები

გამარჯვებული „არქიტექტურა ენერგიით“, ეკონომიკისა და ენერგეტიკის ფედერალური სამინისტროს ჯილდო ენერგოოპტიმიზებული მშენებლობისათვის (EnOB) 2009

არქიტექტორთა და ინჟინერთა კავშირის (AIV) წლის ნაგებობა 2013

გერმანელ არქიტექტორთა კავშირის (BDA) ჰამბურგის არქიტექტურის პრიზი, მე-2 ადგილი

გერმანელ არქიტექტორთა კავშირის (BDA) ჰამბურგის არქიტექტურის პრიზი 2014, პუბლიკის არქიტექტურის პრიზი მე-3 ადგილი

შლეზვიგ-ჰოლშტაინის და ჰამბურგის ხის კონსტრუქციის პრიზი 2015, პრიზი ახალ-მშენებლობისთვის

სამშენებლო სტენდი

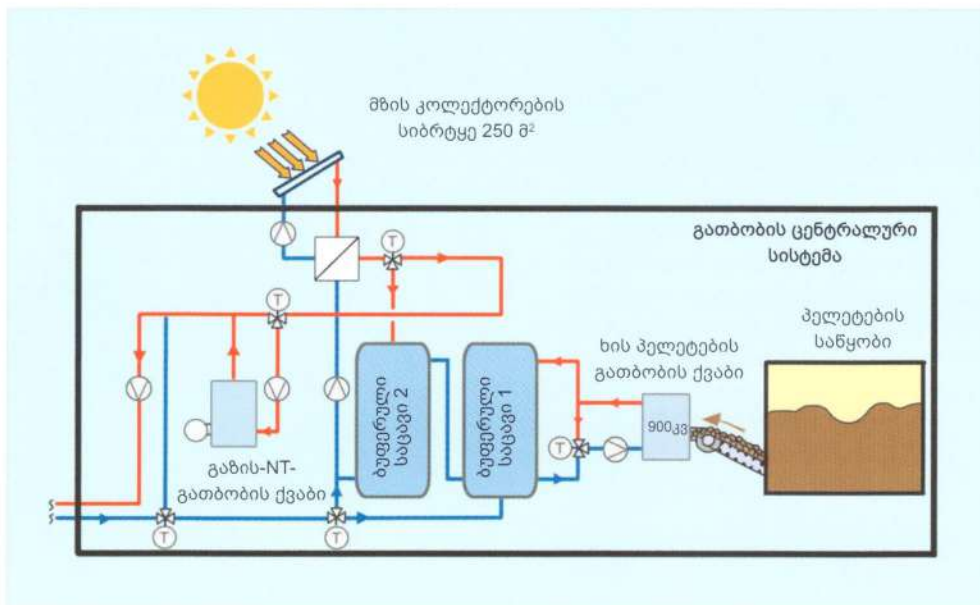
არქიტექტორები: hof-არქიტექტორები ბრაიმანის და ბრუნის ლანდშაფტის არქი-



ტექტორებთან ერთად, ჰამბურგი
 დამკვეთი: GMH| შპს ჰამბურგის შენობის მენეჯმენტი
 აშენების წელი: 2012
 მდებარეობა: კრიტერშტრასე 5, 21109 ჰამბურგი

ენერგოკონცეფცია/მონწყობილობების კონცეფცია:

ვენტილაცია: მექანიკური ვენტილაცია ნარჩენი სითბოს ხელახალი გამოყენებით
 გათბობა: ხის პელეტების ქვაბი ნარჩენი აირების გაწმენდის ყველაზე თანამედ-
 როვე მონწყობილობით
 ცხელი წყლის წარმოება: მზის ენერგოსისტემა
 ელ. ენერგია: ფოტოვოლტაიკის პანელები



ილუსტრაცია 220: მონწყობილობის სქემა. (გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)



ილუსტრაცია 221: საგან-
 მანათლებლო ცენტრის
 „ტარი მსოფლიოში“ („Tor
 zur Welt“) ცენტრალური
 ენერგომანანაღებელი
 ბლოკი.
 (ფოტო: ნ. მეფარიშვილი)

13.2.5. WOODCUBE ხის კუბი, ქ. ჰამბურგი

„ხეშ, როგორც სამშენებლო მასალამ, დიდი მნიშვნელობა შეიძინა ბოლო წლებში. რესურსებთან სათუთი მოპყრობის შეგნებამ და ეკოლოგიური პრინციპების დაცვამ შეცვალა შეხედულებები მშენებლობის სფეროშიც. თუ რა პერსპექტივები გააჩნია მშენებლობაში ხის გამოყენებას და როგორ ხდება ხის მასიური მშენებლობის ტრადიციული მეტოდეების ახლებური ინტერპრეტაცია, საკმაოდ შთამბეჭდავად წარმოგვიდგენს IBA-პროექტი - ხის კუბი (WOODCUBE).

ხუთსართულიანი საცხოვრებელი სახლი „ხის კუბი“ თითქმის მთლიანად შედგება ხისგან. არ არის გამოყენებული არც წებო და არც რაიმე დამცავი საფარი. დაუმუშავებელი, ბუნებრივად დაძველებული ხის ფასადიდან გამომწვევრილია ხის აივნები, რომლებიც ასევე განსაზღვრავენ შენობის არქიტექტურულ სახეს. ხის კუბის ხის სამშენებლო მასალა არა მხოლოდ გარედან, არამედ შიგნიდანაც მაქსიმალურად ხილვადია. ქერის, გარე კედლებისა და იატაკების ზედაპირი ხისაა. აბსოლუტურ სიახლეს წარმოადგენს, მაგალითად, მასიური შიდა კიბის უკრედის გარშემო განლაგებული შეუმოსავი ხის გარე კედლები ყოველგვარი აფსკისა და წებოს გამოყენების გარეშე. შენობის სტატიკის გარდა, 32 სმ სისქის მასიური ხის კედლები თავის თავზე იღებს შენობის მთლიან თბოსაიზოლაციო ფუნქციასაც.

ხის კუბი არის შენობა, რომელიც მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე არ გამოაფრქვევს არავითარ სათბურ გაზებს და სრულიად ექვემდებარება ბიოლოგიურ გადამუშავებას. შემოწმდა შენობის ყველა სამშენებლო მასალის CO₂-პოტენციალი და მათი სამშენებლო-ბიოლოგიური შეთავსებადობა. როგორც რეკონსტრუქციის ბანკის (KfW) ენერგოეფექტური სახლი 40, ხის კუბის მშენებლობაში არ გამოყენებულა არაგანახლებადი ნედლეული. ელექტროენერგიისა და სითბური ენერგიის მოპოვება ხდება CO₂-ნეიტრალური განახლებადი წყაროებიდან.¹⁸



ილუსტრაცია 222: ხის კუბი
(ფოტო:ხ. სიჭინავა)

18 - www.iba-hamburg.de/projekte/bauausstellung-in-der-bauausstellung/smart-material-houses/woodcube/projekt/woodcube.html



ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: ხუთსართულიანი საცხოვრებელი შენობა 8 საცხოვრებელი ერთეულით
მშენებლობის ხარჯები: უცნობია

შენობის სართულების საერთო ფართობი: 1.479 მ²

კონსტრუქციის ტიპი: ხის მასიური კონსტრუქცია

ენერგოსტანდარტი: KfW ენერგოეფექტური სახლი 40

(სითბური დატვირთვა: 18 კვტ.სთ/მ²წლ)

ენერგომომარაგება: ფოტოვოლტაიკა, ოთახების ვენტილაცია ნარჩენი სითბოს გა-
მოყენებით

სერტიფიკატები/ჯილდოები

კონკურსის „შესანიშნავი ადგილები იდეების ქვეყანაში“ გამარჯვებული 2013/2014
გერმანიის ეკოლოგიური მდგრადობის ჯილდო 2013: ნომინაცია სპეციალურ პრიზ-
ზე „მდგრადი მშენებლობა“

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: ქ. შტუტგარტის არქიტექტურული სააგენტო. ბერლინი/დარმშტატის
ურბანული ხით მშენებლობის ინსტიტუტთან თანამშრომლობით

დამკვეთი: WOODCUBE Hamburg GmbH

აშენების წელი: 2013

მდებარეობა: ამ ინზელპარკ 7, 21109 ჰამბურგი



ილუსტრაცია 223: გარე კედლის
სტრუქტურა ნებოსა და ხრახნის გარეშე
(ფოტო: მაიერ-გ. ბ.დ.)

13.6.6. BIQ წყალმცენარეების სახლი

წყალმცენარეების სახლი ერთ-ერთია იმ თორმეტი პროექტიდან, რომლებიც წარ-
მოდგენილი იყო „საერთაშორისო სამშენებლო გამოფენაზე“ (IBA) და რომელიც აშენდა
მდგრადი მშენებლობისა და თანაცხოვრების სადემონსტრაციოდ. BIQ - წყალმცენარე-
ების სახლი მსოფლიოში პირველი ნაგებობაა, რომლის სამხრეთ-დასავლეთითა და სამ-



ხრეთ-აღმოსავლეთით მიმართული ბიორეაქტორული ფასადი წარმოადგენს მთლიანი რეგენერაციული ენერგოკონცეფციის ნაწილს. ფასადის მინის ელემენტებში მრავლდება მიკროსკოპული წყალმცენარეები, რომლებიც ფოტოსინთეზისა და მზის თერმული ენერგიის მეშვეობით აწარმოებენ ბიომასას და სითბოს. შენობა სითბოს გათბობის ენერგიად იყენებს პირდაპირ სითბოს გადამტანი სისტემის მეშვეობით, ბიომასის ენერგეტიკული უტილიზაცია კი ხდება სხვაგან.

ბალანსი

BIQ-ს გააჩნია 200 მ²-ის მქონე წყალმცენარეების ფასადი. თითოეულ მ²-ზე დღიურად შესაძლებელია 15 გრ მშრალი მასის მოპოვება, ამ ბიომასის ბიოგაზად გარდაქმნით წელიწადში მიიღება დაახლოებით 4.500 კვტ.სთ ნეტო ენერგომოგება. შედარებისთვის: ოთხსულიანი ოჯახი წელიწადში მოიხმარს 4.000 კვტ.სთ-ს. ამგვარად, წყალმცენარეების ფასადს შეუძლია მთლიანად უზრუნველყოს ოჯახი „ბიოდენით“.



ილუსტრაცია 224:
წყალმცენარეების სახლის ბიორეაქტორული ფასადი ქ. ჰამბურგში.
(წყარო: iStock)

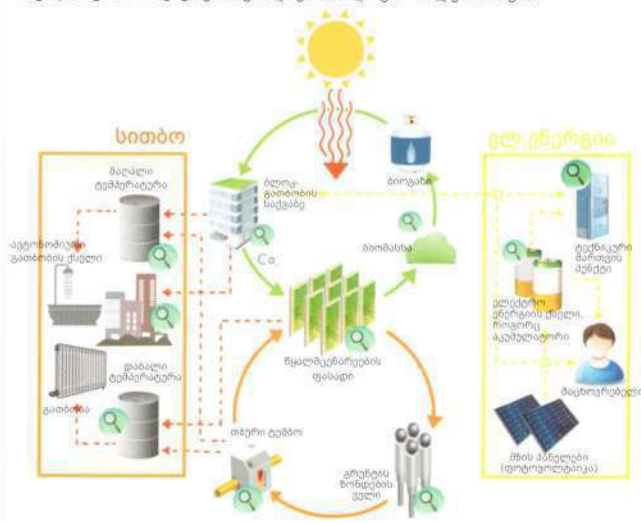


ილუსტრაცია 225: ქ. ჰამბურგში წყალმცენარეების სახლის უკანა ფასადის ხედი.
(წყარო: www.biq-willhelmsburg.de, BIQ-Ai-genhaus_Bernadette-Grimme.jpeg)

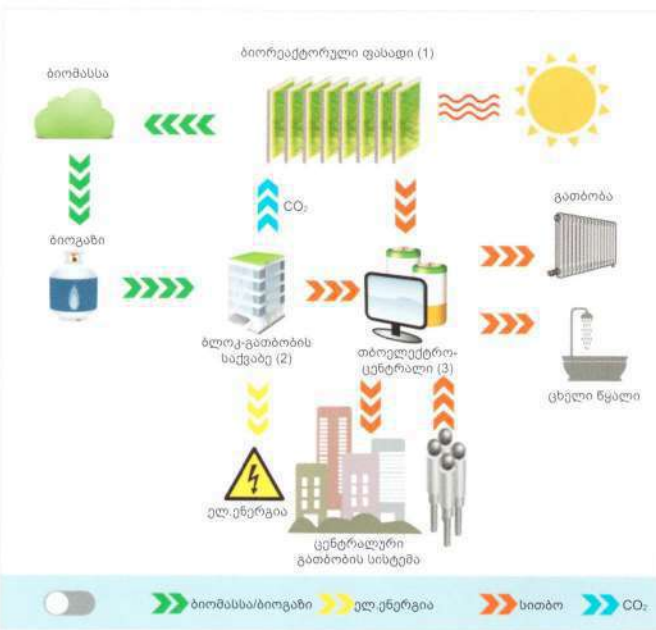


13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან

თბოელექტროცენტრალი წარმოადგენს ენერგეტიკული პროცესების მიმდინარეობის ცენტრს. მისი მეშვეობით ხდება მთელი იმ ტექნიკის მართვა, რომელიც საჭიროა ბიორეაქტორული ფასადის ფუნქციონირებისა და სხვადასხვა სახის ენერგიის გარდაქმნისა და განაწილებისათვის.



ილუსტრაცია 226: ქ. ჰამ-ბურგში წყალმცენარეების სახლის ენერგოკონცეფცია. (გრაფიკა: მ. ტყემელაშვილი)



ბიორეაქტორულ ფასადში (1) ხდება მიკროსკოპული წყალმცენარეების გამრავლება, რომლებიც ფოტოსინთეზისა და მზის თერმული ენერგიის მეშვეობით ანარმობენ ბიომასასა და სითბოს. ბიომასას 80 პროცენტი შეე ბიომასის დანადგარში გარდაიქმნება მეთანად (ბიომეტანად). მიკროსკოპული წყალმცენარეებისაგან საჭირო ნახშირორჟანგის (CO_2) სანარმოებლად ხდება თერმოელექტროგენერატორის (2) ექსპლუატაცია, რის მეშვეობითაც ბიომეტანი გარდაიქმნება ელ. ენერგიად და სითბოდ.

გარდა ამისა, ბიორეაქტორულ ფასადში ფოტოსინთეზისა და მზის თერმული ენერგიის მეშვეობით, რომელსაც არ მოიხმარენ წყალმცენარეები, წარმოიქმნება სითბო, ისევე როგორც მზის თერმულ მოწყობილობაში. თბოენერგოცენტრალის (3) მეშვეობით ხდება ამ სითბოს ართმევა და მისი მიწოდება ცენტრალური გათბობის ქსელისათვის, ან ბუფერიზაცია გრუნტში.

ილუსტრაცია 227: ქ. ჰამ-ბურგში წყალმცენარეების სახლის ენერგოციკლი. (გრაფიკა: მ. ტყემელაშვილი)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: მრავალბინიანი სახლი 15 საცხოვრებელი ერთეულით

მშენებლობის ხარჯი: 5 მლნ. ევრო

შენობის სართულის მთლიანი ფართობი: 1.600 მ²

კონსტრუქცია: მასიური

ენერგოსტანდარტი: ბიო-მასიური სახლი, CO²-მწირი, თვითუზრუნველმყოფი სახლი
ენერგომომარაგება: „BIQ - წყალმცენარეების სახლს გააჩნია ერთიანი ენერგოკონცეფცია, რომელიც გულისხმობს დენისა და სითბოსათვის აუცილებელი ენერგიის მთლიანად მოპოვებას რეგენერაციული წყაროებიდან. წყალმცენარეებისგან ბიომასის მიღების შედეგად BIQ - წყალმცენარეების სახლს შეუძლია თავად აწარმოოს ენერგია. ამასთანავე, ფასადი იღებს ენერგიას, რამდენადაც იგი შთანთქმავს იმ სინათლეს, რომელსაც არ იყენებენ წყალმცენარეები და მზის თერმული დანადგარის მსგავსად გამოიმუშავებს სითბოს, რომელიც შემდგომ ან უშუალოდ ცხელი წყლის მისაღებად და გასათბობად გამოიყენება, ანდა მარილხსნარით ავსებული 80 მ სიღრმის ჭაბურღილის გეოთერმული ზონდების მეშვეობით ხდება მისი შუალედური დაგროვება ნიადაგში. ამგვარად, ამ განსაკუთრებით პერსპექტიულ ენერგოკონცეფციას უნარი შესწევს ერთ ციკლში მოაქციოს მზის ენერგია, გეოთერმია, მაღალი წარმადობის გათბობის ქვაბი, ავტონომიური გათბობა და ბიორეაქტორული ფასადიდან ბიომასის მიღება“.¹⁹

სერტიფიკატები/ჯილდოები

პუბლიკის რჩეული 2013/2014



სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: Splitterwerk, Arup

GmbH, B+G ingenieure, Immosolar,

ინვესტორი: KOS wolff Imomo-

bilienGmbH

თანაინვესტორი: Strategic Science

Consult GmbH

ამშენების წელი: 2013

მდებარეობა: ამ ინზელპარკ 15,

21109 ქ. ჰამბურგი

ილუსტრაცია 228: ქ. ჰამბურგში
წყალმცენარეების სახლის ბიორეაქტორული ფასადი, ამონარიდი.
(ფოტო: მაიერ-ვ. ბ.დ.)

19 - www.iba-hamburg.de/projekte/bauausstellung-in-der-bauausstellung/smart-material-houses/biq/projekt/biq.html



13.2.7. ენერგოკომპეტენციის ცენტრი (EkoZet)

ენერგოკომპეტენციის ცენტრი (ეკოცეტი) მდებარეობს კერპენ-ჰორემში და წარმოადგენს ინფორმაციულ და საგანმანათლებლო ცენტრს, სადაც შეისწავლიან ენერგოეფექტურობისა და განახლებადი ენერგიის საკითხებს, განსაკუთრებული აქცენტი კი აქ კეთდება მშენებლობაზე, სანიერებასა და ცხოვრებაზე. ამ დაწესებულების კურსდამთავრებულებს ენიჭებათ სისტემური ინჟინრისა და ბაკალავრის ხარისხი. აქვე ტარდება კერძო მშენებლებისათვის ენერგოკონსულტაციები.

ნებისმიერ მსურველს, ადგილობრივსა თუ უცხოელს, მოყვარულსა თუ ექსპერტს, შეუძლია დაესწროს სემინარებს, მოხსენებებსა და გამოფენებს ენერგოეფექტურობისა და ენერგომომარაგების შესახებ მშენებლობაში. გარდა ამისა, ეკოცეტი სასწავლო ცენტრის ფარგლებს გარეთ პროფესიული განათლების მიღების მსურველებსა და სკოლის მოსწავლეებს სთავაზობს პრაქტიკულ საწყის ცოდნას ენერგოეფექტურობის, განახლებადი ენერგიისა და კლიმატის დაცვის საკითხებზე.

სწავლების პროცესში გამოიყენება ეკოცეტის ფუნქციონირებადი ექსპონატები, ექსპერიმენტული ლაბორატორია და თავად ეკოცეტის პასიური სახლის ტექნიკა. გათბობის სხვადასხვა სისტემებზე, ფოტოვოლტაიკისა და მზის თერმული ენერგიის დანადგარებზე,

ასევე სახურავის, კედლებისა და ფანჯრების თბოსაიზოლაციო სისტემებზე ექსპლუატაციის პროცესში შესაძლებელია ცდების ჩატარება, ურთიერთშედარება და შეფასება.



ილუსტრაცია 229:
ენერგოკომპეტენციის
ცენტრი კერპენ-ჰორემში.
(ფოტო: მაიერ-გ, ბ.დ.)

ეკოცეტის განკარგულებაშია:

- პელეტის გათბობის ქვაბი
- პელეტის ღუმელი
- მაღალი წარმადობის საქვაბეები
- მინი და მიკრო სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურები (BHKW)
- ელექტრული სითბური ტუმბო
- აირისა და სითბური ტუმბო
- მზის თერმული დანადგარი
- მზის ენერგიით გაგრილების სისტემა
- ბეტონის გულის აქტივაციის სისტემა
- ენერგოეფექტური განათება
- მრავალრიცხოვანი შენობის ავტომატიზაცია

ეკოცენტის ექსპონატები:



ილუსტრაცია 230: სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურები (BHKW). (ფოტო: ი. ფომ შტაინი)



ილუსტრაცია 231 და 232: მზის ენერგიით გაგრილების სისტემა. (ფოტო: ი. ფომ შტაინი)



ილუსტრაცია 233: მზის ენერგიის დანადგარი ცხელი წყლის რეზერვუარით. (ფოტო: შაიერ-გ. ბ.დ.)





ილუსტრაცია 234: პელეტის გათბობის სისტემის დიდი ქვაბი პელეტის ტომრით.
(ფოტო: ნ. მეფარიშვილი)



ილუსტრაცია 235: გათბობის სისტემის მოდელი გამანაწილებლით, რადიატორებით, ტუმბოთი, ვენტილაციით და სხვ.
(ფოტო: მაიერ-ვ. ბ.დ.)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: ინფორმაციული და საგანმანათლებლო ცენტრი საკონფერენციო დარბაზებითა და აუდიტორიებით
მშენებლობის ხარჯი: 2,7 მლნ. (ბრუტო)
კონსტრუქციის ტიპი: მასიური

ენერგოსტანდარტი: პასიური სახლი

სერტიფიკატები/ჯილდოები

უცნობია

მშენებლობის სტენდი

არქიტექტორები: ჰალფმანის არქიტექტორთა ბიურო, ქ.კიოლნი

დამკვეთი: რაინ-ერფთ-კრაის, ოლქის ადმინისტრაცია

აშენების წელი: 2011 წლის დეკემბერი

მდებარეობა: ენერგოკომპეტენციის ცენტრი, შპს რაინ-ერფთ-კრაის ვილი -
ბრანდტ პლაც 1, 50126 ბერგჰაიმი

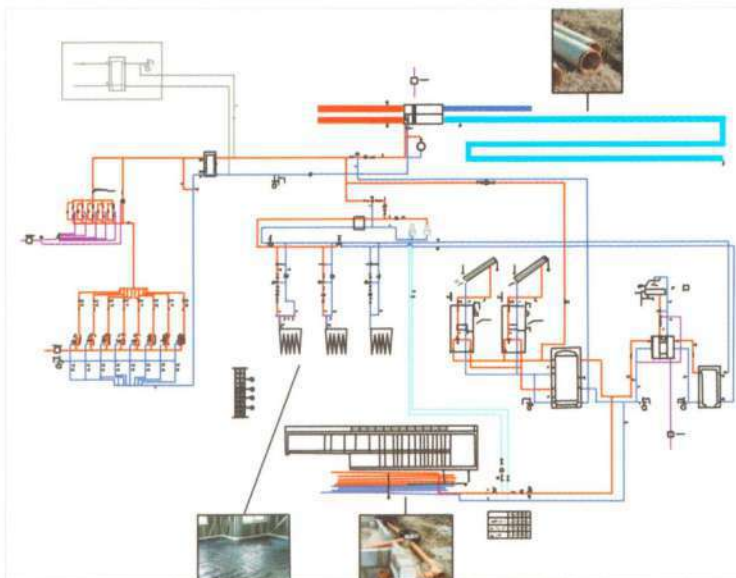
ენერგოუზრუნველყოფა/ტექნიკური მოწყობილობები:

გათბობა/გაგრილება: ბეტონის გულის აქტივაციის სისტემის მეშვეობით, გეოთერმი-
ის გამოყენება გეოთერმული კოლექტორებით თბური ტუმბოს მეშვეობით, მზის ენერგი-
აზე მომუშავე აბსორბირული გამაგრილებელი მექანიზმი

ვენტილაციის სისტემა: ნარჩენი სითბოს გამოყენებით
ელ.ენერგიის წარმოება: ფოტოვოლტაიკის დანადგარი

პარამეტრები:

პირველადი ენერგიის მოხმარება 27 კვტ.სთ/მ²წლ

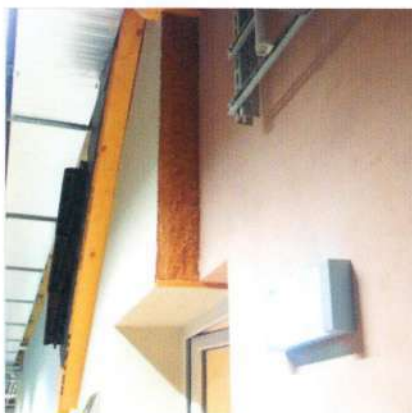


ილუსტრაცია 236:
მოწყობილობების
სქემა. (გრაფიკა:
მ.ტყეშელაშვილი,
წყარო: იორგ ფომ
შტაინი, www.energiebuero-vomstein.de/projekte/neubau-erweiterung.html)





ილუსტრაცია 237: სახლი კლიმატური კამერით. (ფოტო: ნ. შეფარიშვილი)



ილუსტრაცია 238, 239 და 240:
სახლი სხვადასხვა ტიპის თბოიზოლაციით.
(ფოტო: მაიერ-გ. ბ.დ.)





ილუსტრაცია 241: აგურები, სხვადასხვა თბოსაიზოლაციო მასალა. (ფოტო: ხ.სიჭინავა)

13.2.8. Etrium, საოფისე და ადმინისტრაციული შენობა, ქ. კიოლნი

„ეტრიუმი“ 3.751 მ² მარგი ფართობით, ამ მოცულობის ერთ-ერთი პირველი საოფისე შენობაა, რომელიც 2009 წელს პასიური სახლის სტანდარტებით აშენდა ნორდრაინ-ვესტფალიაში, ქ. კიოლნის ტექნო- და ლანდშაფტურ პარკ „ტრიოტოპ“-ში.

გარე კედლების თბოიზოლაცია 28 სმ სისქისაა, ფანჯრების შემინვა კი სამმაგია. შემო-



ილუსტრაცია 242: „ეტრიუმის“ ატრიუმი. (ფოტო: რ.ჯაფარიძე)



ნული ატრიუმისა და სხვა შემინული ფართების წყალობით შენობაში ჭარბად აღწევს დღის სინათლე, რაც ხელოვნური განათების მოხმარებას აცირებს. ატრიუმს სხვა მნიშვნელოვანი ფუნქციაც ენიჭება შენობის ენერგოკონცეფციაში, კერძოდ - ნარჩენი ჰაერის გაწოვის ზონისა: ოფისებში შემოდინებული სუფთა ჰაერის ნაკადი შემდგომ სავენტილაციო არხით გადადის ატრიუმში. აქედან კი ნარჩენი ჰაერი ხვდება სითბოს გადამტან სისტემაში, რომელიც ართმევს მას ნარჩენ ენერგიას და მას ხელახალი მოხმარებისათვის ამზადებს. ნარჩენი ჰა-



ერი ან სავენტილაციო გისოსით შეინოვება, ან მინის სახურავში არსებული გასახსნელი სარქველებით. მთლიანობაში ნარჩენი სითბოს გამოყენების კოეფიციენტი შეადგენს 95%-ს.

ილუსტრაცია 243: „ეტრიუმის“
მინის დიდი სახურავი.
(ფოტო: მაიერ-გ. ბ.დ.)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: ოფისი, ადმინისტრაციული შენობა

მშენებლობის ხარჯი: მონაცემები არ არის

ენერგიის მოხმარების ფართობი: 3.362 მ²

კონსტრუქციის ტიპი: მასიური

ენერგოსტანდარტი: პასიური სახლი

თერმული გარსი

გარე კედელი: მასიური კედლის კონსტრუქცია 28 სმ თბოიზოლაციით (გარე კედლის თბოიზოლაციის სისტემა - WDVS), ფასადი, მისი გაფორმების მოსაზრებებიდან გამომდინარე, მთლიანად დაფარულია მიწებებული დამსხვრეული და გადამუშავებული მინის კენჭებით.

სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,13 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

სარდაფის ქერი/იატაკის ფილა: მასიური იატაკის ფილა ხიმიწოვანი საძირკვლით, შენობის ერთი ნაწილის ქვეშ მდებარეობს სარდაფი

სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,16 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

სახურავი: მასიური ბრტყელი სახურავი დახრილი იზოლაციით, მწვანე სახურავი

სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,09 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

ფანჯრები: პასიური სახლის სამმაგი შეშინვით
სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,85 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

ენერგოკონცეფცია/ ტექნიკური მოწყობილობები

ვენტილაცია: ცენტრალური სავენტილაციო სისტემა 95%-იანი ნარჩენი სითბოს გამოყენების კოეფიციენტით

ატრიუმი: ცენტრალური გაწოვის ფუნქცია და დღის სინათლის ოპტიმალური მოხმარება

გათბობა: შემდგომი შეთბობა სუფთა ჰაერის მეშვეობით, სითბოს რეკუპერაცია გრუნტის წყლების 48 კვტ სიმძლავრე სითბური ტუმბოს მეშვეობით

გაგრილება: ინოვაციური გაგრილების კონცეფცია გრუნტის წყლების მეშვეობით და ჰაერით ტემპერირებული ბეტონის გადახურვით

ცხელი წყლის მიღება: მზის ენერგიის ცხელი წყლის ბოილერის მეშვეობით, აგრეთვე დეზენტრალიზებული ელექტროფოტოვოლტაიკის დანადგარით და ქარის პატარა ტურბინებით: წლიურად 30000 კვტ.სთ ელექტროენერგიის წარმოება წვიმის წყლის გამოყენება ტუალეტების ჩასარეცხად

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: ბენთემ ქრუველის არქიტექტორთა ბიურო, ამსტერდამი/აახენი

დამკვეთი: HIBA Grundbesitz GmbH & Co.KG

აშენების წელი: 2008 წ. დეკემბერი

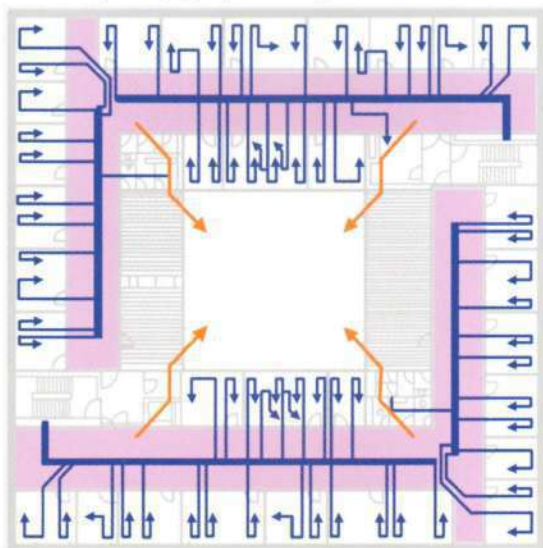
მდებარეობა: ამ ვასერმან 36, 50829 ქ. კიოლნი

სერტიფიკატები/ჯილდოები

2012 BREEAM სერტიფიკატი „შესანიშნავი“

2009 PROM მე-2 ადგილი (პრიზი ენერგოეფექტურობისა და ეკოლოგიური მდგრადობისათვის)

გერმანიის მდგრადი მშენებლობის საზოგადოების ოქროს ხარისხის ნიშანი მდგრადი მშენებლობისათვის



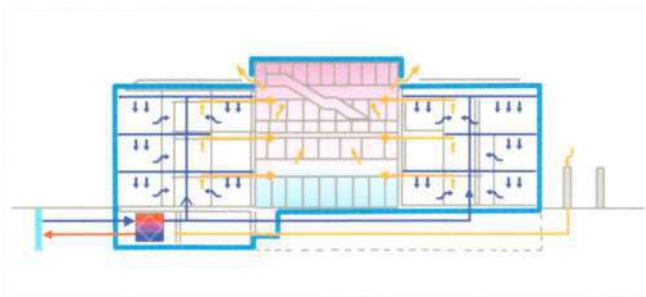
სერტიფიცირება ოქროს ხარისხის ნიშნით გერმანიის მდგრადი მშენებლობის საზოგადოების მიერ

პასიური სახლის კრიტერიუმების დაკმაყოფილება პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP) თანახმად

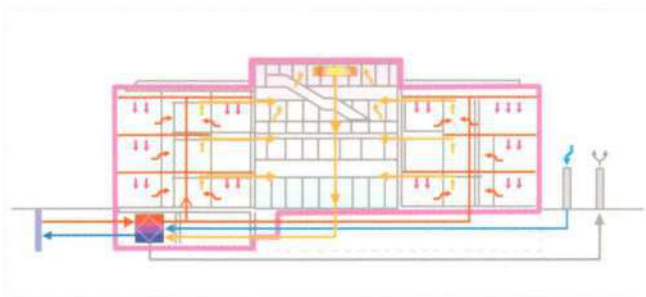
ილუსტრაცია 244: „ეტრიუმის“ ვენტილაციის კონცეფციის სქემატური წარმოდგენა.

(გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)





ილუსტრაცია 245: ეტრიუმის
ვენტილაცია ზაფხულში.
(გრაფიკა:
მ.ტყეშელაშვილი)



ილუსტრაცია 246: ეტრიუმის
ვენტილაცია ზამთარში.
(გრაფიკა:
მ.ტყეშელაშვილი)

პასიური სახლის დაპროექტების პაკეტის (PHPP) კრიტერიუმები

ჰერმეტიულობა: $n_{50} = 0,6/h$

სითბოს მოხმარება: $10 \text{ კვტ.სტ}/(\text{მ}^2\text{წლ})$

შენობის გათბობის დატვირთვა: $12 \text{ W}/\text{m}^2$

პირველადი ენერგიის მოხმარება: $63 \text{ კვტ.სტ}/(\text{მ}^2\text{წლ})$ გათბობისათვის, ცხელი წყლისათვის, დამხმარე და საყოფაცხოვრებო ელექტროენერგიისათვის.





ილუსტრაცია 247, 248 და 249: კომუნიკაციების სათავსი, ეტრიუმის სავენტილაციო სისტემა. (ფოტო: მაიერ-ვ. ბ.დ.)

13.2.9. სასტუმრო Wälderhaus, ქ. ჰამბურგი

„ველდერჰაუსი“ არის მრავალფუნქციური საგამოფენო და სასტუმრო შენობა, რომელიც აშენდა 2012 წლის საერთაშორისო სამშენებლო გამოფენის (IBA) ფარგლებში. შენობა ვიზუალურად გამოირჩევა თავისი ლარიქსის ხის ფასადის მქონე დიზაინით.

„შენობა, რომელიც მთლიანად ეძღვნება „ტყის“ თემას - ეს არის „ველდერჰაუსი“ ვილ-ჰელმსბურგის ცენტრში. ამასთან ერთად ტყისა და მერქნის თემა ორმაგად მნიშვნელოვან როლს თამაშობს: ერთი მხრივ მერქანი, როგორც ეკოლოგიურად მდგრადი მასალა გამოიყენება შენობის სტრუქტურაში და საფასადე მასალად, ხოლო მეორე მხრივ



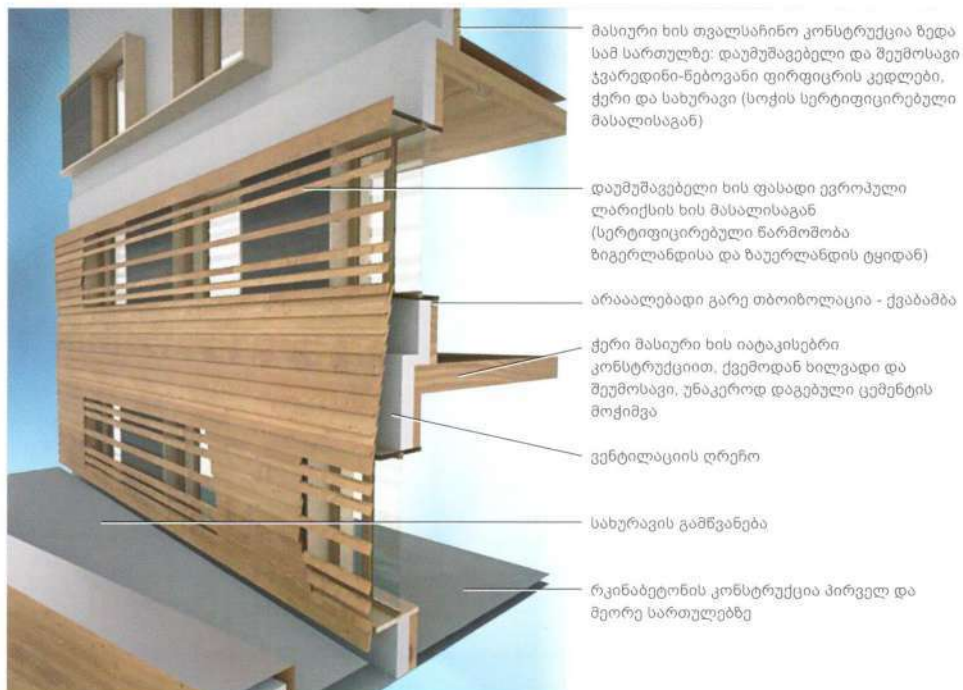
„ველდერჰაუსი“ მასპინძლობს გამოფენას, რომელიც ტყის, ქალაქისა და მისი მაცხოვრებლების ურთიერთობას განიხილავს“.²⁰

ილუსტრაცია 250: ველდერჰაუსი, ფასადის ხედი. (ფოტო: BernadetteGrimenstein.jpeg)

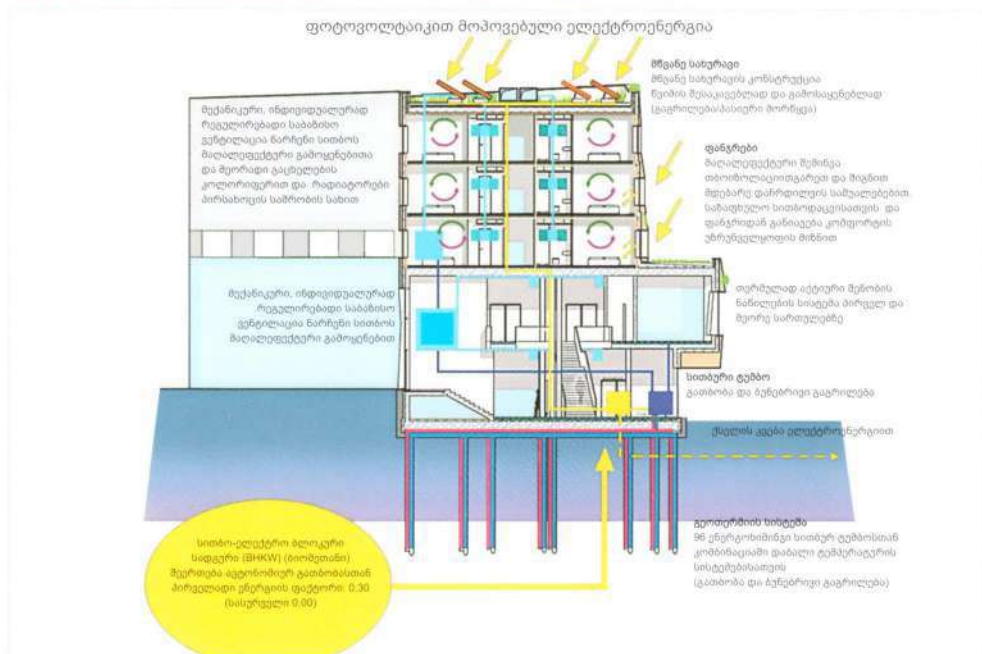
20 - www.iba-hamburg.de/projekte/wilhelmsburg-mitte/eingangskomplex-am-inselpark/waelderhaus/projekt/waelderhaus.html



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან



ილუსტრაცია 251: ველდერჰაუსის ფასადის კონსტრუქცია. (წყარო: Bernadette Grimmstein)



ილუსტრაცია 252: ველდერჰაუსის ენერგოკონცეფციის სტრუქტურული ასახვა. (გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: სამეცნიერო ცენტრი „ტყე“, გამოფენა, რესტორანი, აუდიტორიები,
82 სასტუმრო ოთახი

პროექტის მთლიანი ღირებულება: 16,9 მლნ.ევრო

საერთო ფართობი: 5.910 მ²

კონსტრუქციის ტიპი:

გარე კედელი (გკ)

გკ-1: პირველი და მეორე სართულები მასიური რკინაბეტონის

გკ-2: 2-4 სართულები მასიური ხის კონსტრუქციის მცენარეებისაგან გაკეთებული
ბუდეებით, სადაც დასახლებიან ფრინველები და მწერები.

ენერგოსტანდარტი: EnEV 2009 მინუს 30%

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: ანდრეას ჰელერის არქიტექტორთა და დიზაინერთა ჰამბურგის
ბიურო

დამკვეთი: ჰამბურგის მიწის გერმანიის ტყეების დაცვის ორგანიზაცია „Deutscher
Wald“

აშენების წელი: 2012

მდებარეობა: ინზელპარკის 19, 21109 ჰამბურგი

ენერგოკონცეფცია

ვენტილაცია: ვენტილაციის სისტემა ნარჩენი სითბოს გამოყენებით

გათბობა, გაგრილება: თერმულად აქტივირებული სამშენებლო ნაწილები, 96 ენერ-
გოხიმიწიტი შენობას მიეწოდება გეოთერმული ენერგია, დამატებით ავტონო-
მიური გათბობა და ბიომეტანზე მომუშავე სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგუ-
რი (BHKW)

ფოტოვოლტაიკის დანადგარი: ელექტროენერგიის წარმოება

მწვანე სახურავის კონსტრუქცია: წვიმის წყლის აკუმულირება და მოხმარება, გა-
საგრილებლად და პასიური მორწყვისათვის, ასევე მიკროკლიმატის გასაუმჯო-
ბესებლად.

სერტიფიკატები/ჯილდოები

BDA ჰამბურგის არქიტექტორთა პრიზი 2014, დამსახურების აღიარება.

13.2.10. Greenpeace Energy, ქ.ჰამბურგი

ქ. ჰამბურგის „საპორტო ქალაქში“, ზედ მდინარის პირას, მედიდურადაა განლაგებული სამშენებლო კომპლექსი „Elbarkaden“ (ელბის თაღედები). ერთი შეხედვითაც ცხადად ჩანს, რომ შენობა სამი სხვადასხვა ხასიათის სარგებლობისთვისაა გათვალისწინებული. მასშტაბურ დინამიკურ მიწის მემბრანებთან შეხამებული მისი კლინკერის ფასადი კარგად ერწყმის „საწყობების ქალაქის“ ისტორიულ კონტექსტს.

„გრინფისის“ გერმანიის მთავარი ოფისისა და „დიზაინიქსპორტის“ ატელიეების გარდა, აქ განთავსებულია სხვადასხვა ტიპის საცხოვრებელი ბინები.



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან

შენობის კონცეფცია მთლიანად განახლებადი ენერგიის, „რუხი ენერგიის“ (ენერგიის რაოდენობა, რომელიც რაიმე პროდუქტის წარმოების, ტრანსპორტირების, შენახვისა და გადამუშავებისთვის არის საჭირო), წვიმის წყლის, ნარჩენი სითბოს გამოყენების, აგრეთვე მცენარეებისა და ცხოველებისათვის საკომპენსაციო ფართობების ჩართულობით არის კონცეპირებული.



ილუსტრაცია 253:
„ელბარკადენ“
(ელბის თალედეები).
„გრინფისის“ მთავარი
ოფისი გერმანიაში.
(წყარო: iStock)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: გრინფისის გერმანიის მთავარი ოფისი, „დიზაინიქსპორტის“ ატელიეები, მრავალი საცხოვრებელი ბინა.

მშენებლობის ხარჯი: 150 მლნ. შვეიცარული ფრანკი

ენერგიის მოხმარების ფართობი (ნეტო): 16.818 მ²

ენერგოსტანდარტი: პასიური სახლი

კონსტრუქციის ტიპი: მასიური, კლინკერი მინის მემბრანებთან კომბინაციაში

სერტიფიკატები

გერმანიის ხარისხის ნიშანი მდგრადი მშენებლობისათვის (DGNB), ოქრო ქ.ჰამბურგის „საპორტო ქალაქის“ ეკოლოგიურობის ნიშანი, ოქრო ეკონომიკისა და ენერგეტიკის ფედერალური სამინისტროს პრიზი, Prix Evenir, FIABCI Prix d'Excellence Germany

გერმანიის ეკოლოგიური მდგრადობის პრიზი, გერმანიის არქიტექტორთა კავშირის (BDA) ჰამბურგის არქიტექტურის პრიზი

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: ბოზ გიზინი + პარტნიორები

აშენების წელი: 2013

დამკვეთი: GOD Green office Development

მდებარეობა: ჰონკონგშტრასე 10, 20457 ქ. ჰამბურგი



ენერგოკონცეფცია

ქარის გენერატორები, როგორც განახლებადი ენერგოკონცეფციის ნაწილი, მზის ენერგიასა და გეოთერმიასთან ერთად ამარაგებენ ელბის თალედეებს CO₂-ნეიტრალური ელექტროენერგიით. სწორედ ეს ტექნოლოგიური მიქსი გახდა იმის მიზეზი, რის გამოც ეს შენობა მშენებლობის დაწყებამდე დააჯილდოვეს გერმანიის მდგრადი მშენებლობის ოქროს ხარისხის ნიშნითა (DGNB) და ჰამბურგის „საპორტო ქალაქის“ ეკოლოგიურობის ოქროს ნიშნით. მომხმარებლები არიან გრინფისის გერმანიის ცენტრალური ოფისი, გრინფის ენერჯი და გარემოს დაცვის ფონდი გრინფისი, აგრეთვე დიზაინქსფორტის შემოქმედებითი ბიუროები და iF დიზაინი. გრინფისის მიერ ექსპლუატირებულ შენობის ნაწილში ქარის ახალი გენერატორების გარდა იყენებენ ფოტოვოლტაიკას, გრუნტის ზონდებს, სითბურ ტუმბოსა და ხის პელეტების გათბობის სისტემას. დანარჩენი კომერციული ფართობები და საცხოვრებელი ბინები სითბოთი და ელექტროენერგიით მარაგდება აგრეთვე ეკოლოგიურად მდგრადი რეგენერაციული თბოელექტროსადგურის ან ფოტოვოლტაიკის მეშვეობით. „ელბარკადენ“-ის კონსტრუქციის ტიპი იმის საშუალებას იძლევა, რომ მთლიანობაში, იგი ითხოვს ძალიან ცოტა სითბოს და ელექტროენერგიას.

პირველადი ენერგიის მოხმარება:

პირველადი ენერგიის მოთხოვნა: 84,5 კვტ.სთ/(მ²წლ)

A/V-კოეფიციენტი: 0,11 მ-1

13.2.11. პლუს-ენერგოსახლი Solar Decathlon (2007)

2007 წლის „Solar Decathlon“-ის პლუს-ენერგოსახლის კონკურსის გამარჯვებული გახდა გერმანიის ქ. დარმშტატის უნივერსიტეტის სტუდენტური გუნდი.

„სოლარ დეკათლონი“ ანუ „მზის ათქიდი“ არის აშშ-ის ენერგეტიკის სამინისტროს კონკურსი, რომელსაც ის მსოფლიოს 20 რჩეულ უნივერსიტეტს შორის ატარებს. არქიტექტურული და ენერგეტიკული კონკურსის მიზანი იყო ენერგეტიკულად თვითკმარი შენობის დაპროექტება და აშენება, ანუ ისეთი შენობისა, რომელიც საკუთარ ენერგომოთხოვნას თავადვე წარმოებული ელექტროენერგიით უზრუნველყოფდა. ამ კონკურსის პირობების თანახმად სტუდენტებს უნდა დაეპროექტებინათ და აეშენებინათ მომავალზე ორიენტირებული საცხოვრებლის პროტოტიპი ორი ადამიანისათვის, დადგენილი მოხმარების პროფილითა და მაღალი არქიტექტურული მოთხოვნებით, რომელიც უფრო მეტ ენერგიას აწარმოებს, ვიდრე მოიხმარს.

კონკურსის ენერგეტიკულ მიზანს წარმოადგენდა დადებითი ანუ პლუსენერგობალანსი გათბობის, გაგრილების, ცხელწყალმომარაგების, დამხმარე ელ.ენერგიის, განათების, სხვა საყოფაცხოვრებო მოწყობილობებისა და მობილობისათვის.

მიზნის მისაღწევად შენობა გააჩერებულ იქნა ახალი ტექნოლოგიებითა და კონცეფციებით: ვაკუუმის თბოიზოლაცია (VIP), თერმოაქტიური სამშენებლო კომპონენტების სისტემა Phase Change მასალებით (PCM), ფასადზე და სახურავზე ინტეგრირებული მზის ენერგიის პანელებით (PV) და სხვ., რომელთაც ერთი წლის განმავლობაში უნდა ეზრუნათ განწონასწორებული ენერგობალანსისთვის. გარდა ამისა, სახლი დაპროექტებულ იქნა, როგორც ასაწყობი სახლი, რათა შესაძლებელი ყოფილიყო კონკურსისათვის მისი აშშ-ში ტრანსპორტირება.





ილუსტრაცია 254:
პლუს-ენერგოსახლი
სახლი, 2007 წ. „სოლარ
დეკატლონის“ გამარ-
ჯვებული.
(ფოტო: მაიერ-ვ. ბ.დ.)

ქვემოთ მოყვანილი კონცეფციების კომბინაცია არის წარმატების გარანტია:

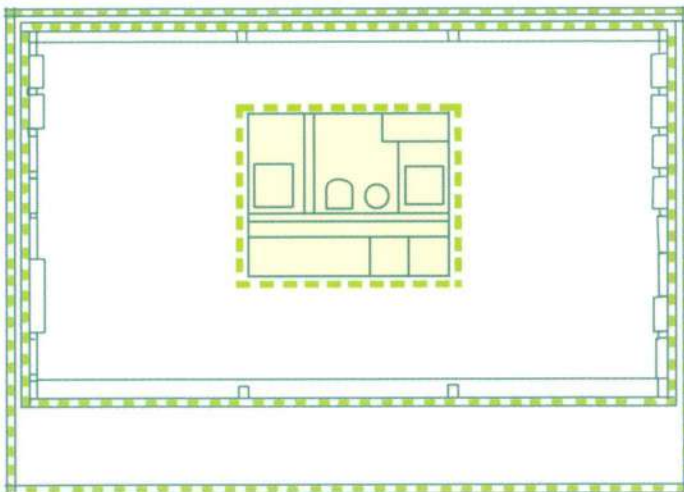
1. პასიური ღონისძიებები

კონსტრუქციის დაპროექტება

- შიგნიდან: ჰორიზონტალური ქრილის ზონირება ტემპერატურული ზონების მიხედვით
- გარედან: კომპაქტური კონსტრუქცია გარსის ზედაპირის ოპტიმიზაციისათვის (A/V-კოეფიციენტი)

გარსის ზედაპირის დაპროექტება

- შენობის გარსის თბოიზოლაცია და ჰერმეტიულობა



ილუსტრაცია 255:
პლუს-ენერგო სახ-
ლის სივრცითი ცენ-
ტრი და გარსის ზე-
დაპირი.
(გრაფიკა:
მ.ტყეშელაშვილი)



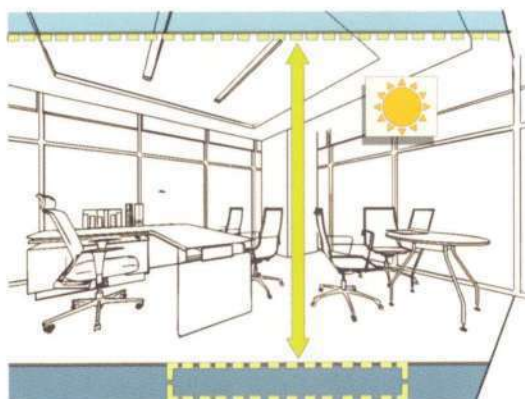
პასიური მზის ენერგიის მიღების მართვა



ილუსტრაცია 256:
მზის სხივების შემოღინება
პლუს-ენერგოსახლში.
(გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი)

ენერგომომარაგება

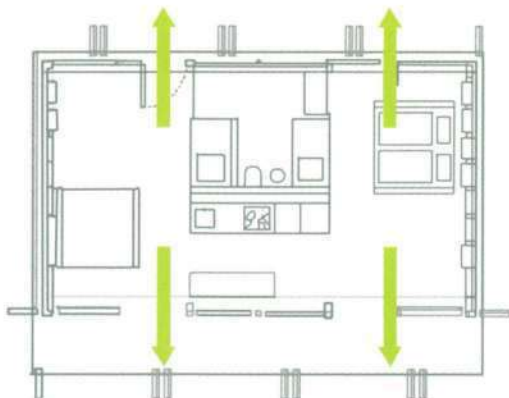
- ფარული სითბოს აკუმულატორი მსუბუქ კონსტრუქციაში
- ვენტილაცია ღამით აკუმულირებული მასის გასაგრილებლად
- დამატებითი ღამის გაგრილების პასიური სისტემა ფოტოვოლტაიკის პანელე-ბის მეშვეობით



ილუსტრაცია 257: ფაზების მონაცვლე
(Phase Change) მასალების აკუმულატო-
რის გაგრილება დღისა და ღამის გან-
მავლობაში პლუს ენერგოსახლში.
(გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი)



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან



ილუსტრაცია 258: ბუნებრივი ორპირი ვენტილაცია პლუს ენერგოსახლში.
(გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)

2. აქტიური სისტემები

ელექტროენერგიის წარმოება ფოტოვოლტაიკის გამოყენებით

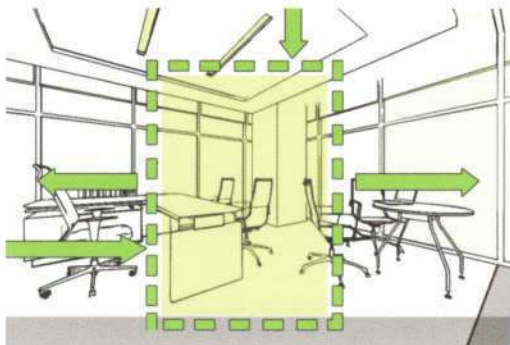
- ფოტოვოლტაიკის სტანდარტული პანელები სახურავზე
- ფოტოვოლტაიკის მინა-მინა პანელები შვერილზე და შვერილს შიგნით სამხრეთის მხარეს
- თხელფენიანი პანელები ჰორიზონტალური ფირფიტების სიბრტყეზე



ილუსტრაცია 259: სხვადასხვა ტიპის ფოტოვოლტაიკის პანელები პლუს-ენერგოსახლში.
(გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)

სითბოს მიღება რეგენერაციული ენერგიის მეშვეობით

- ცხელი წყლის მიღება მზის ენერგიის თერმული კოლექტორების მეშვეობით
- ვენტილაცია, გაგრილება და გათბობა რევერსიული სითბური ტუმბოთი



ილუსტრაცია 260: ტექნიკური დანადგარი; კომპაქტური მოწყობილობა ჯვარედინი სითბოსგადაცემის სისტემით. სითბური ტუმბოთი და სითბოს აკუმულატორით პლუს-ენერგო სახლში.
(გრაფიკა: მ.ტყეშელაშვილი)



ილუსტრაცია 261: ფოტოვოლტაიკა: მინა-მინა და თხელფენიანი პანელები.
(ფოტო: თ. დუცია)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: სანიმუშო საცხოვრებელი ბინა ორი ადამიანისათვის
მშენებლობის ხარჯი: უცნობია

საერთო ფართი: 75 მ²

საცხოვრებელი ფართი: 55 მ²

კონსტრუქციის ტიპი:

გკ: ხის კონსტრუქცია ვაკუუმის საიზოლაციო პანელებით (VIP) 2x3 სმ = 6 სმ VIP-
ფილა, სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

ფანჯარა სამხრეთის ფასადზე: სამმაგი შეშინვა

ფანჯარა ჩრდილოეთის ფასადზე: ოთხმაგი შეშინვა

ფარული სითბოს აკუმულატორი: გადახურების საწინააღმდეგო, პასიური გაგრი-
ლება ფაზების მონაცვლე მასალების (PCM) მეშვეობით (1,5 სმ ფილის სითბოს
დაგროვების უნარი 9 სმ ბეტონის ან 12 სმ აგურის კედლის იდენტურია)

A/V-კოეფიციენტი: 1,15 სმ-1

ენერგოსტანდარტი: პლუს-ენერგოშენობა

სერტიფიკატები/ჯილდოები

2007 წლის „სოლარ დეკატლონის“ გამარჯვებული



სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: დარმშტატის ტექნიკური უნივერსიტეტის გუნდი პროფესორ მან-ფრედ ჰეგერის ხელმძღვანელობით

დამკვეთი: კონკურსი

მშენებლობის დასრულება: 2007

ექსპლუატაციაში შესვლა: 2008

მდებარეობა: ელ-ლისიცკი-შტრასე 3, 64287 დარმშტატი

ენერგოკონცეფცია

ვენტილაცია: ვენტილაცია ნარჩენი სითბოს გამოყენების ჩათვლით

ღამის ვენტილაცია: ორპირი ვენტილაცია ფასადში ღიობი ელემენტის მეშვეობით გათბობა: ჰაერი-ჰაერი სითბური ტუმბო

გაგრილება: აქტიური გაგრილება, რეგენერაციული და პასიური გაგრილება

ფოტოვოლტაიკის დანადგარი: ელექტროენერგიის წარმოება 8,4 kWp მაქსიმალური სიმძლავრით

ცხელი წყლის მომარაგება: მზის თერმული კოლექტორები

პარამეტრები

გათბობის სითბოს მოთხოვნა: 12 კვტ.სთ/(მ²წ)

13.2.12. საწარმოს კლიმატ-ნეიტრალური საბავშვო ბაღი

გერმანიაში პირველად აშენდა კლიმატ-ნეიტრალური საბავშვო ბაღი მთელი წლის ექსპლუატაციის გაწონასწორებული საერთო ენერგობალანსით.

2009 წელს კიოლნსა და დიუსელდორფს შორის მდებარე ქ. მონჰაიმში კომპანია „ბაიერ“-ის შვილობილი კომპანიის ცენტრალური ოფისის კუთვნილ 35 ჰექტარ ფართობზე აშენდა საწარმოს თანამშრომლების შვილებისათვის პირველი კლიმატ-ნეიტრალური საბავშვო ბაღი, რომელიც გათვლილია 6 თვიდან 6 წლამდე ასაკის 60 ბავშვზე.

პასიური სახლის სტანდარტის შენობა დაპროექტების პროცესში „EcoCommercialBuildingProgram“ კონტექსტში დაიხვეწა CO₂-ნეიტრალურ შენობად „ტრ.არქიტექტენ“-ის სპეციალისტების მიერ და ექსპერტთა დასკვნის თანახმად გამარჯვებაც მათ დარჩათ.

შენობას გააჩნია ოპტიმიზებული თბოიზოლაცია, აქცენტს აკეთებს დღის სინათლის-გან მიღებულ კომფორტზე, ხოლო სითბო გამომუშავდება გეოთერმული სითბური ტუმბოთი და მზის თერმული დანადგარით. ბავშვები და აღმზრდელები ძალზე დადებითად აფასებენ სივრცის ეფექტს. გაბნეულ დღის სინათლეს და უპირველეს ყოვლისა, თერმულ კომფორტს. ეს განპირობებულია ერთი მხრივ, მცირე ჰაერის მასით, რომელიც გამჭოლი ქარის გარეშე ხვდება ოთახში და მეორე მხრივ, დიდი, ტემპერირებული ფართობებით, რომლებიც საჭირო სითბოს ძალზე მცირე ტემპერატურული სხვაობით გადსცემენ ოთახს.

ფაქტების პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: საბავშვო ბაღი გათვლილი 60 ბავშვსა და 11 აღმზრდელზე.

მშენებლობის ხარჯი: სარდაფის სართული 300/400 2.200 ევრო/მ² (2009)

შიდა მარგი ფართობი (ნეტო): 969 მ²



კონსტრუქციის ტიპი: მასიური ხის კონსტრუქცია (ასაწყობი და მაღალი ტემპერატურის თბოიზოლაციის მქონე ხის დგარების კონსტრუქცია)

ენერგოსტანდარტი: ნულოვანი ენერგიის-პლუს სახლი

სერტიფიკატები/ჯილდოები

ეკონომიკისა და ენერგეტიკის ფედერალური სამინისტროს პრიზი

„ენერგოოპტიმიზებული მშენებლობა 2009“

ჯილდო „gutter Bauten 2010“, BDA

„Green Building Award 2011“, EU

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: „ტრ.არქიტექტენ“, კიოლნი/ბილფელდი

დამკვეთი: Bayer Real Estate, Leverkusen für Bayer Crop Science, ლანგენფელდი

აშენების წელი: 2009

მდებარეობა: ალფრედ-ნობელ-შტრასე 33, 40789 მონჰაიმი რაინზე

თერმული გარსი

ჰაერშეუღწევი პასიური სახლის კონსტრუქცია

გარე კედელი: სიბრტყის გატარების კოეფიციენტი $= 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

ფანჯარა სამშაგი შემიწვით: თბოგამტარობის კოეფიციენტი $= 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$

სახურავი: თბოგამტარობის კოეფიციენტი $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

იატაკის ფილა: სიბრტყის გატარების კოეფიციენტი $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

ენერგოკონცეფცია რეგენერაციული წყაროების მოხმარებით

ენერგიის თითოეული კილოვატ-საათი, რომელიც გამოიყენება გათბობისთვის, ცხელი წყლისა და ვენტილაციისთვის, განათებისთვის, სამზარეულოს მოწყობილობებისა და კომპიუტერისათვის, წარმოიშვება გეოთერმიიდან და მზის ენერგიიდან. სახურავში ინტეგრირებულია 49 კვტ. სიმძლავრის 345 მ² ფართობის ფოტოვოლტაიკის დანადგარი, გეოთერმული მოწყობილობა ოთხი გრუნტის ზონდით - თითოეული 98 მ და ერთი 28 კვტ. სიმძლავრის სითბური ტუმბო სრულყოფენ ენერგომომარაგებას.

ენერგეტიკული პარამეტრები (მოხმარება):

საბოლოო ენერგია გათბობის სითბოსთვის: 16 კვტ.სთ/მ²წლ

საბოლოო ენერგია ცხელი წყლისთვის: 8 კვტ.სთ/მ²წლ

საბოლოო ენერგია ელექტროდენისთვის: 25 კვტ.სთ/მ²წლ

პირველადი ენერგიის მოხმარება მთლიანად: 80 კვტ.სთ/მ²წლ

პირველადი ენერგიის გამომუშავება (დენი): 116 კვტ.სთ/მ²წლ

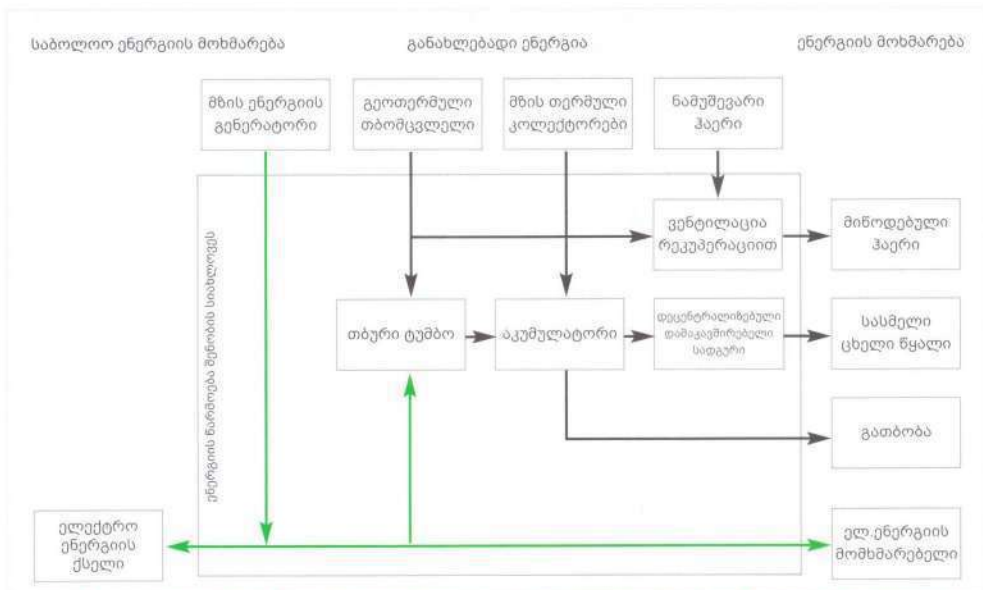
ენერგიის სალდო: + 36 კვტ.სთ/მ²წლ

ენერგობალანსი

პირველსავე წელს შენობამ ზედმეტობით აწარმოა 13.600 კვტ.სთ. ელექტროენერგია - საკმარისი იმისათვის, რომ ოთხსულიანი ოჯახი ერთი წლის მანძილზე უზრუნველყოფდეს ელექტროენერგიით. CO₂-ის დანაზოგმა შეადგინა 50 ტონა, რითაც 9 ტონით გადააჭარბა დამპროექტებლის მოლოდინს.



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან



ილუსტრაცია 262: თიურინგის ბაიერის საწარმოსთან არსებული საბავშვო ბაღის ენერგოკონცეფცია. (გრაფიკა: მ. ტყეშელაშვილი, წყარო: ქ. ფოსი, ე. შუბალი, ნულთვანი ენერგომოხმარების შენობა, გვ.160)

13.2.13. სადურგლო საამქროს ახალი შენობა

ნულთვანი ენერგიის ახალი შენობა - ინოვაციური სადურგლო საამქრო მდებარეობს ქ.მიუნჰენის აეროპორტის სიახლოვეს. კომპაქტური კონსტრუქციისა და აღმოსავლეთის, სამხრეთისა და დასავლეთის მხრიდან დახურული ფასადის მეშვეობით საგრძნობლად



ილუსტრაცია 263: სადურგლო, ქ. ფრაიზინგი. (ფოტოკოლაჟი: მ.ტყეშელაშვილი)

მცირდება სითბური დანაკარგები და გადახურება ზაფხულობით. სამივე მხარე შემოსილია შავი ხის ფირფიტებით, ხოლო ჩრდილოეთის ფასადი წარმოადგენს ერთიან ლენტურ სარკმელს, რომელიც შესრულებულია გადამუშავებული პოლიკარბონატის ფიჭისებრი ფირფიტებით.



ილუსტრაცია 264: ფანჯრების საფარები ფოტოვოლტაიკის პანელებით სადურგლოს სახურავზე ქ. ფრაიზინგში, (ფოტოკოლაჟი: მ.ტყეშელაშვილი)



ილუსტრაცია 265: სადურგლოს საამქროს დარბაზი ქ. ფრაიზინგში, (ფოტოკოლაჟი: მ.ტყეშელაშვილი)

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლოატაცია: საწარმოო დარბაზი

მშენებლობის ხარჯი: უცნობია

მარგი ფართობი: 1.128 მ²

კონსტრუქციის ტიპი: ხის კარკასული კონსტრუქცია, სოჭი

ენერგოსტანდარტი: ნულოვანი ენერგომოხმარების საამქრო

სერტიფიკატები/ჯილდოები

კონკურსის "Holzbau plus" ჯილდო, არქიტექტურული პრიზი შენობაში ინტეგრირებული მზის ენერგოსისტემებისთვის (შერჩევა)



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: Deppisch Architekten, ფრაიზინგი
დამკვეთი: სადურგლო დიზაინი, რიხარდ შტენცელი, პულინგი
აშენების წელი: 2010
მდებარეობა: მარგარეტე-რაიხლ-შტრასე 5, 85354 ფრაიზინგ-ფულინგი

თერმული გარსი

გარე კედელი (გკ)
გკ-1: შავად შეღებილი ხის ფირფიტები მაღალხარისხიანი თბოიზოლაციით
გკ-2: პოლიკარბონატით შემოსილი ჩრდილოეთის ფასადი
სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$
ფანჯრები: სამმაგი შემინვა
სახურავი: სახურავის ნივნივებს შორის სრული თბოიზოლაცია მინერალური ბამბით
სითბოს გატარების კოეფიციენტი $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

ენერგოკონცეფცია:

გათბობა: ერთიანი გათბობა საკუთარი წარმოების ხის პელეტებით
ელ.ენერგია: ფოტოვოლტაიკის პანელები სახურავზე, აწარმოებს 5% ჭარბ დენს

ენერგეტიკული პარამეტრები:

პირველადი ენერგიის მოხმარება: 94 კვტ.სთ/(მ²წლ)
საბოლოო ენერგიის მოხმარება: 276 კვტ.სთ/(მ²წლ)
გათბობის სითბოს მოთხოვნა: 197 კვტ.სთ/(მ²წლ)
ადგილზე წარმოებული ენერგია: 70.000 კვტ.სთ/წლ
ენერგიის სალდო: 45.000 კვტ.სთ/წლ

13.2.14. ყოფილი საჰაერო თავდასხმის საწინააღმდეგო ბუნკერის გადაკეთება ენერგობუნკერად

„ქალაქის სახის მახასიათებელი ელემენტი - ომის დროინდელი საზენიტო ბუნკერი ჰამბურგ-ვილჰელმსბურგში (ფრიდრიხ თამსი, აშენებული 1942 წლის ბოლოსა და 1943 წლის შუა პერიოდში) რეკონსტრუირებულ იქნა 2012 წელს. იგი გამოიყენება როგორც თბოენერგოცენტრალი და მიმდებარე უბანს უზრუნველყოფს დეცენტრალიზებული გათბობითა და ელექტროენერგიით. პროექტი შემუშავდა და დაპროექტდა შპს IBA-ჰამბურგის ფარგლებში. ტექნიკური მართვის ცენტრში გარდაქმნილი სითბოს 85% რეგენერაციული ენერგომატარებლებისგან წარმოიქმნება. განხორციელებული ენერგოკონცეფცია ტრადიციულ კონცეფციებთან და მწარმოებლებთან შედარებით იძლევა CO₂-ის 95%-ით დაზოგვის შესაძლებლობას. ამავდროულად შენობა ხელმისაწვდომია საზოგადოებისათვის.

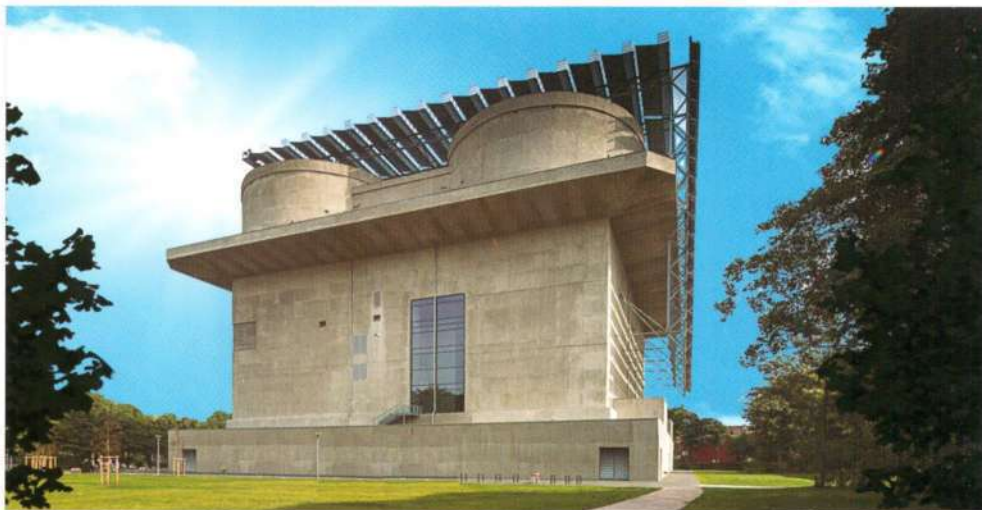
კიდევ ერთი თვალსაჩინო ელემენტი ომის დროინდელი ნაგებობისა ჰამბურგის განახლებადი ენერგიის მოხმარების სიმბოლოდ გადაქცევისა არის მზის პანელების გარსი, რომელიც შენობის კონტურს მოცილებულია და ლითონის კონსტრუქციის სახით გადაჭიმულია სახურავსა და სამხრეთის ფასადზე. კოლექტორების სითბური სიმძლავრე შეადგენს 750 კვტ.-ს. ფოტოვოლტაიკის პანელების სიმძლავრე სამხრეთის ფასადზე შე-



ადგენს დაახლ. 100 კვტ.პიკ-ს.

ენერგობუნკერის ცენტრალურ ელემენტს წარმოადგენს მთავარი ბუფერული საცავი, რომელმაც უკვე საგრძნობლად შეამცირა დასამონტაჟებელი სითბური გენერატორის სიმძლავრე. მთავარი ბუფერული საცავი მოიცავს მთლიანობაში 2 000.000 ლ წყალს და დგას ბუნკერის ცენტრალურ შიდა სივრცეში, რომელიც ომის დასრულებიდან ცოტა ხნის შემდეგ ბრიტანეთის არმიის მიერ შიდა სტრუქტურის აფეთქების შედეგად წარმოიქმნა. ბუფერული საცავი მზის თერმოსისტემის სითბოთი, ბიომეთანის გაზზე მომუშავე სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგურის წარჩენი სითბოთი და შეშის ღუმელით იკვებება.

როგორც მემორიალი და ქალაქის სახის მახასიათებელი ელემენტი, რომელიც საცხოვრებელი უბნის შაუაგულში მდებარეობს, ბუნკერი ახლებური ფუნქციითა და 30 მ სიმაღლეზე მდებარე კაფეთი საზოგადოებისთვის მისაწვდომი გახდა. ამისათვის გაიჭრა ბუნკერის გარსი და მოეწყო პანორამული ფანჯარა ჰამბურგის ხედით. შენობის დიდი ელემენტები: ტექნიკის კათედრალი, ძველი საბრძოლო პლატფორმები და პერიმეტრის კონსოლური ფილა ასევე ხელმისაწვდომია დამთვალიერებლებისათვის. ბუნკერის ისტორიის ამსახველი ფაქტები დეცენტრალიზებულადაა წარმოდგენილი შენობაში მოწყობილ საგამოფენო სტენდებზე.²¹



ილუსტრაცია 266: ენერგობუნკერი ქ.ჰამბურგში ვილჰელმსბურგი.
(ფოტო: Bernadette Grimmstein).

ფაქტები პროექტის შესახებ

ექსპლუატაცია: თბოელექტროცენტრალი, საგამოფენო სივრცე და კაფე ხედით მშენებლობის ხარჯი: სულ 27 მლნ.ევრო, 11,7 მლნ.ევრო დაიხარჯა ტექნიკასა და გათბობის ქსელზე (მზის პანელების კორპუსის გარეშე)

ძირითადი პარამეტრები

თავდაპირველად აშენდა: 1943 წ

აფეთქება შიდა სივრცეში: 1947 წ.

21 - www.hhs.ag/projekte-ausstellung-energiebunker.de.html



13. ენერგოეფექტური შენობების მაგალითები გერმანიიდან

რეკონსტრუქციის დაწყება: 2010

ძირითადი ფართობი 57 x 57 მ

სიმაღლე: 42 მ

გამოფენა და კაფე: 880 მ² + 540 მ²

თბოელექტროცენტრალი: 5.625 მ²

მზის კოლექტორების ფასადი: დაახლ. 1350 მ² (სახურავი); 750 კვტ; 600 მეგავატ
სთ/წლ

სითბური საცავი: 2.000 მ³

საერთო სიმძლავრე

სითბო: 22.400 მეგავატ.სთ. - საკმარისია 3.000 ოჯახისათვის

ელექტროენერგია: 2.850 მეგავატ.სთ. - საკმარისია 1.000 ოჯახისათვის

სერტიფიკატები/ჯილდოები

ექსპონატი გერმანიის პავილიონში, არქიტექტურული ბიენალე 2008, ვენეცია
ევროპული მზის ენერგიის პრიზი 2013, მინიჭებული ორგანიზაცია „ევროსოლარ“-ის
მიერ

„არქიტექტურა ენერგიით“ პრიზის მფლობელი, ეკონომიკისა და ენერგეტიკის სამინისტროს პრიზი ენერგოეფექტურობის მშენებლობისთვის (EnOB) 2009

TGA-ჯილდო 2014

BDA-ჰამბურგის არქიტექტურული ჯილდო 2014, აღიარება

სამშენებლო სტენდი

არქიტექტორები: Heger Heger Schleif HHS Planer + Architekten AG, კასელი

დამკვეთი: IBA-Hamburg GmbH (შენობა)

„HAMBURG ENERGIE“ (ენერგომომარაგება)

აშენების წელი: 2013

მდებარეობა: ნოიჰოფერ შტრასე 7, 21107 ჰამბურგი



ილუსტრაცია 267 და 268: ჰამბურგში ვილჰელმსბურგში მდებარე ენერგობუნკერის პლატფორმა ფოტოვოლტაიკის პანელებით. (ფოტო: ნ. მეფარიშვილი)





ილუსტრაცია 269: ჰამბურგში
ვილჰელმსბურგში მდებარე
ენერგობუნკერის რეზერვუა-
რი. (ფოტო: შაიერ-ვ, ბ.დ.)



14. წყაროები, საგნობრივი საძიებელი, ილუსტრაციები

14.1. გამოყენებული ლიტერატურა

- Akbari, Hashem: Opportunities for saving energy and improving air quality in urban heat islands, London 2007.
- Baehr, Hans Dieter; Stephan, Karl: Wärme- und Stoffübertragung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- Duzia, Thomas: Solarthermie im Denkmalschutz, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2013.
- Duzia, T., Bogusch, N. : Basiswissen Bauphysik; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2. Auflage 2014.
- Duzia, Thomas; Mucha, Rainer: Energetisch optimiertes Bauen, Technische Vereinfachung – nachhaltige Materialien – wirtschaftliche Bauweisen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2016.
- Elkhoul, Sebastian; John, Viola; Zeumer, Martin: Nachhaltig konstruieren. Vom Tragwerksentwurf bis zur Materialwahl: Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren, Institut für internationale Architektur-Dokumentation München 2014.
- Gertis, Karl: „Die Erwärmung von Räumen infolge Sonneneinstrahlung durch Fenster“, in: Sonneneinstrahlung – Fenster – Raumklima, Institut für Technische Physik, Stuttgart 1970.
- Hausladen, Gerhard; de Saldanha, Michael; Liedl, Petra; Sager, Christina: ClimaDesign. Lösungen für Gebäude, die mit weniger Technik mehr können, Verlag Georg D.W. Callwey, München 2005.
- Hegger, Manfred; Fafflok, Caroline; Hegger, Johannes; Passig, Isabell: Aktivhaus, Das Grundlagenwerk, Verlag Georg D.W. Callwey GmbH & Co.KG, München 2013.
- Hegger, Manfred; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin: Energie Atlas. Nachhaltige Architektur, 1. Auflage, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, München, Birkhäuser – Verlag für Architektur, Basel 2008.
- Jung, Ulrich: Handbuch Energieberatung, Recht und Technik in der Praxis – für Energieberater, Bauingenieure und Architekten, Bundesanzeiger Verlag, Köln 2009.
- Marquardt, Helmut: Energiesparendes Bauen. Von der europäischen Normung zur Energieeinsparverordnung, B.G. Teubner Verlag Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden 2004.
- Pfammatter, Ulrich: Bauen im Kultur- und Klimawandel, Green traditions – clean future, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 2012.
- Pfundstein, Margit u. a.: Dämmstoffe: Grundlagen, Materialien, Anwendung; Edition Detail, München 2007.
- Richarz, Clemens; Schulz, Christina: Energetische Sanierung. Grundlagen Details Beispiele, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, München 2011.
- Rühm, Bettina: Energieplushäuser, Nachhaltiges Bauen für die Zukunft, Deutsche Verlagsanstalt, München 2013.
- Sabady, Pierre: Haus & Sonnenkraft, Wissensgrundlage für Solar-Bautechnik, Helion-Verlag, Zürich 1977.
- Voss, Karsten; Musall, Eike: Nullenergiegebäude, Internationale Projekte zum klimaneutralen



Wohnen und Arbeiten, Detail Green Books, München, 2011.

VWEW Energieverlag (Hrsg.): RWE Bauhandbuch, VWEW Energieverlag GmbH, Frankfurt am Main, 13. Auflage 2004.

Werner, H.: Dunkle Wandoberflächen – Ihr Einfluss auf den Wärmeverlust, IBP Mitteilung 110, 13-1986.

14.2. სტანდარტების ჩამონათვალი

დირექტივა 2010/31/EU (ენერგიის საერთო მოხმარების ნორმები)

EnEV-2014 (განკარგულება ენერგიის დაზოგვის შესახებ)

DIN V 18599, ნაწილი 1-11

DIN EN 832: 2003-06 შენობების თბოტექნიკური მახასიათებლები - სითბური ენერგიის მოხმარების გაანგარიშება - საცხოვრებელი სახლი

DIN V 4108-6: 2003-06 თბოიზოლაცია და ენერგიის დაზოგვა შენობებში, ნაწილი 6: წლიური სითბური დატვირთვისა და წლიური სითბური ენერგიის მოხმარების გაანგარიშება

DIN V 4701-10: 2003-08 გათბობისა და კონდიციონირების სისტემების ენერგეტიკული შეფასება - ნაწილი 10: გათბობა, სასმელი წყლის გაცხელება, ვენტილაცია

DIN SPEC 4701-10/A1: 2012-07 გათბობისა და კონდიციონირების სისტემების ენერგეტიკული შეფასება - ნაწილი 10: გათბობა, სასმელი წყლის გაცხელება, ვენტილაცია; ცვლილება A1

DIN EN ISO 13370: 1998-12 სითბოგადაცემა ნიადაგიდან - გაანგარიშების მეთოდი

DIN EN ISO 6946: 2008-04 სამშენებლო ელემენტები - სითბოს გატარების წინააღობა და სითბოს გატარების კოეფიციენტი - გაანგარიშების მეთოდი

DIN EN ISO 10077-1: 2006-12 ფანჯრების, კარებისა და შეერთებების თბოტექნიკური მახასიათებლები, სითბოს გატარების კოეფიციენტის გაანგარიშება # ნაწილი 1: გამარტივებული პროცედურა

DIN V 4701-12: 2004-02 გათბობისა და კონდიციონირების სისტემების ენერგეტიკული შეფასება - ნაწილი 12: სითბოს გენერატორი და სასმელი წყლის გაცხელება

DIN 4108-2: 2013-02 სითბოდაცვა და ენერგიის დაზოგვა შენობებში - ნაწილი 2: მინიმალური მოთხოვნები თბოიზოლაციის მიმართ

DIN 4108-3: 2014-11 სითბოდაცვა და ენერგიის დაზოგვა შენობებში - ნაწილი 3: კლიმატით განპირობებული ნესტისაგან დაცვა, მოთხოვნები, გაანგარიშების მეთოდი და მითითებები დაპროექტებისა და განხორციელებისათვის

DIN V 4108-4: 2004-07 სითბოდაცვა და ენერგიის დაზოგვა შენობებში - ნაწილი 4: სითბო და ნესტდაცვის ტექნიკური გასაზომი პარამეტრები

DIN 4108-5: 1981-08 სითბოდაცვა მაღალსართულიან შენობაში - გაანგარიშების მეთოდი

DIN 4108 დანართი 2: 2006-03 სითბოდაცვა და ენერგიის დაზოგვა შენობებში - სითბური ხიდეები - დაპროექტებისა და განხორციელების მაგალითები

DIN EN 12524: 2000-07 სამშენებლო მასალები და პროდუქტები - სითბო და ნესტდამცავი ტექნიკური თვისებები - გასაზომი პარამეტრების ცხრილები

DIN V 4108-4: 2013-02 სითბოდაცვა და ენერგიის დაზოგვა შენობებში - სითბო- და ნესტდაცვის ტექნიკური გასაზომი პარამეტრები

DIN EN ISO 10456: 201-05 სამშენებლო მასალები და პროდუქტები - სითბური და ნესტტექნიკური თვისებები



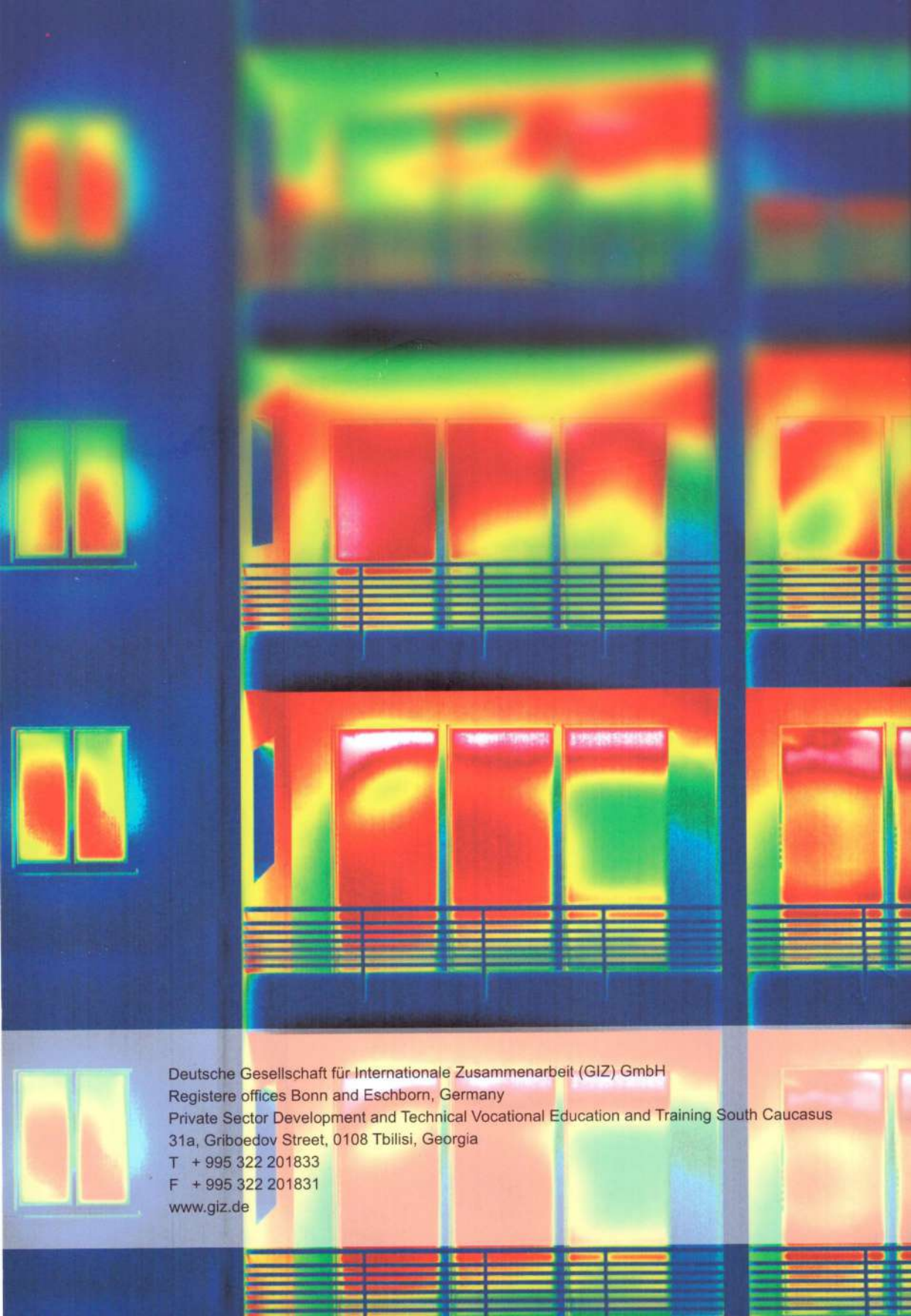
14.3. შემოკლებები და ცნებები

a	წელიწადი
A/Ve	ფართობი/მოცულობა თანაფარდობა - სამშენებლო სხეულის კომპაქტურობის მაჩვენებელი
AW	გარე კედელი
%	პროცენტი
€/m ²	ხარჯები ევროში მ ² -ზე
€/Wp	ხარჯები ევროში ვატპიკ-ზე
μm	10-6 მ
BHKW	სითბო-ელექტრო ბლოკური სადგური
Blower-Door-Messung	აეროკარის გაზომვები, შენობის ჰერმეტიულობის დასაბუთება
ca.	დაახლოებით
cm	სმ
°C	გრადუსი ცელსიუსში
CO ₂	ნახშირორჟანგი
dB	დეციბელი, ხმაურის დონე
DIN	გერმანიის ნორმირების ინსტიტუტი
EN	ევროპული ნორმა
EDV	მონაცემთა ელექტრონული ბაზა
EnEV	განკარგულება ენერგიის დაზოგვის შესახებ
EPS	გაფუებული პოლისტიროლი
ε	ემისიის დონე
EEWärmeG	კანონი სითბოს მისაღებად განახლებადი ენერგიების გამოყენების შესახებ
F, m ²	ფართობი
f _p	პირველადი ენერგიის ფაქტორი
FPA	გამოსხივების დეტექტორის ორგანომომილებიანი წყობა
g/l	გრამი ლიტრზე
H _T	გარემოსთან სითბოცვლით გამოწვეული დანაკარგები, W/(m ² K)
HPL	მაღალი წნევით ლამინირება
K	კელვინი, ტემპერატურული სხვაობა
KUP	სწრაფმზარდი ხის ჭიშების პლანტაცია
kW	კილოვატი
kWh	კვტ.სთ.
kWh/a	კვტ.სთ. წლ
kWh/m ²	კვტ.სთ.მ ²
kWh/(m ² /a)	კვტ.სთ. მ ² /წლ
L	ლიტრი
m	მეტრი (სიგრძე)



m/s	მეტრი წამში (სინქარე)
m ²	კვადრატული მეტრი (ფართობი)
m ³	კუბური მეტრი (მოცულობა)
Mio.	მილიონი
Mm	მმ
Mrd.	მილიარდი
MW	მეგავატი
Pa	პასკალი, წნევის ერთეული (N/m ²)
PCM	ფაზების მონაცვლე მასალა
PUR	პოლიურეტანი
PVC	პოლივინილქლორიდი
PV	ფოტოვოლტაიკა
PV-Anlage	ფოტოვოლტაიკის დანადგარი
PV-Kraftwerke	ფოტოვოლტაიკის ელექტროსადგურები
Q _E	საბოლოო ენერგია
q _e	სპეციფიკური საბოლოო ენერგიის მოხმარება მ ² -ზე წელიწადში
q _H	სპეციფიკური გათბობის ენერგიის მოხმარება მ ² -ზე წელიწადში
Q _P	პირველადი ენერგიის ხარჯი
q _P	სპეციფიკური პირველადი ენერგიის მოხმარება მ ² -ზე წელიწადში
RWE	საბეჭო საზოგადოება „რაინ-ვესტფალიის ელექტროსადგურები“
R	სითბოს გატარების წინაღობა
R _{se}	სითბოს გადასვლის გარე წინაღობა
R _{si}	სითბოს გადასვლის შიდა წინაღობა
S _d	წყლის ორთქლის დიფუზიის ეკვივალენტური ჰაერის შრის სისქე
T _{innen}	ოთახის ტემპერატურა გრადუს ცელსიუსში ან კელვინში
TV	ტელევიზორი
U-Wert	სითბოს გატარების კოეფიციენტი W/(m ² K)
μ	წყლის ორთქლის დიფუზიის წინაღობის კოეფიციენტი
VfW	საცხოვრებელი სახლების ვენტილაციის ფედერალური კავშირი
VOC	აქროლადი ორგანული ნაერთები
W	ვატი
WDVS	გარე კედლის თბოიზოლაციის სისტემა
WLAN	უსადენო ინტერნეტი
WLG	თბოგამტარობის ჯგუფი, თბოაიზოლაციო მასალების თერმული ხარისხი
Wp	ფოტოვოლტაიკის პანელების სიმძლავრის მონაცემები



A thermal image of a building facade, likely a school or institutional building, showing balconies with railings. The image is a composite of several smaller thermal images, creating a grid-like pattern. The colors represent temperature variations, with red and yellow indicating warmer areas and blue and green indicating cooler areas. The balconies are prominent features, with railings visible. The overall image has a high-contrast, abstract quality due to the thermal imaging process.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Register offices Bonn and Eschborn, Germany
Private Sector Development and Technical Vocational Education and Training South Caucasus
31a, Griboedov Street, 0108 Tbilisi, Georgia
T + 995 322 201833
F + 995 322 201831
www.giz.de