

ბირგიტ 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,
თომას დუცია,
ჰოლგერ რაიფი,
ნანი მეფარიშვილი.

რედაქცია, დიზაინი და გრაფიკა:

ინა არჩუაშვილი,
მამუკა ტყეშელაშვილი,
თამაზ ჩხაიძე.

ფოტოები:

ავტორი შითითებულია შესაბამისი ფოტოს ქვეშ.

გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოება (GIZ) პასუხისმგებელი არ არის პუბლიკაციაში მოცემულ ინფორმაციასა და შეხედულებებზე. პუბლიკაციის თითოეული ნაწილი გამოხატავს მხოლოდ ავტორების მოსაზრებებსა და დასკვნებს.

თბილისი, 2017

ISBN 978-9941-0-9612-9

ბირგიტ დ. მაიერ-გ., ხათუნა სიჭინავა, თომას დუცია,
ჰოლგერ რაიფი, ნანი მეფარიშვილი.

ენერგოეფექტურობა მშენებლობაში

თბილისი, 2017

ს ა რ ჩ ე ვ ი

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 თბოსაზოლაციო მასალები.....	39
5.2.1. მინერალური ბამბა.....	41
5.2.2. PS - პოლისტიროლ-ქაფუბლასტი.....	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. კანადი.....	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/Ve 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 შეშენის 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. კონდენსატი 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 FP	110
7.1.3. ამოწურვადი 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. სანავის ენერგიის გარდამქმნელი ელემენტი.....	130
7.3.6. თერმული წყლები.....	132
7.4. ტრადიციული, ელექტური გათბობის სისტემები.....	133
7.4.1. გაზზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების საქვებები.....	133
7.4.2. მაზუთზე მომუშავე წვის მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე საქვებები.....	134
7.4.4. ავტონომიური და ცენტრალური გათბობა.....	135
7.5. სითბოს განაწილება.....	136
7.5.1. სითბოგადაცემა.....	137
7.5.2. სათბობი ხელსაწყოები.....	140
7.5.3. გათბობის ტუმბოები ელექტრონული მართვით.....	141
7.5.4. თერმოსტატები.....	142
7.6. გათბობის სისტემები განსხვავებული თბოგადამტანებით.....	144
7.7. თბური დატვირთვის გაანგარიშება.....	145
7.8. გაგრილების დატვირთვის გაანგარიშება.....	145
7.9. ბინის ვენტილაცია/ჰაერცვლა ბინაში.....	148
7.10. ინოვაციური განახლებადი ენერგიის გამოყენება.....	153
7.11. გაგრილების ეკოლოგიური სისტემები.....	154
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.....	159
8.3.2. შენობის ადგილმდებარეობა და აშენების წელი.....	159
8.3.3. ენერგიის მიღება ფასადის მეშვეობით.....	160
8.4. გათბობის სისტემის დანაკარგები.....	161
8.4.1. ქვაბიდან სითბოს გადინების დანაკარგები.....	161
8.4.2. სისტემის დანაკარგები მაღალი სამუშაო რეჟიმის გამო/ქვების მაღალი სიმძლავრის გამო.....	162
8.4.3. საკვამურიდან სითბოს გადინებით გამოწვეული დანაკარგები.....	162
8.4.4. სითბოს გამანაწილებელი სისტემიდან გაუმთბარ ოთახებში სითბოს გაცემით გამოწვეული დანაკარგები.....	163
8.4.5. არაეფექტური გათბობის სისტემის სხვა მიზეზები.....	164
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.....	166
9.1.2. რეკონსტრუქციის კონტროლი სამშენებლო სამუშაოების დაწყებამდე.....	169
9.1.3. კონტროლი სამშენებლო სამუშაოების შესრულების დროს.....	176
9.2. პერმეტულობის შემოწმება/აეროკარის ტესტი.....	177
9.2.1. პერმეტულობის შემოწმების წესი.....	178
9.3. თერმოგრაფია.....	178
9.3.2. თბური ხიდეები.....	179
9.3.3. თერმოგრაფიის პრინციპები.....	179
9.3.3. ემისიების კოეფიციენტი.....	180
9.3.4. სხვა თერმოგრაფიული სისტემები.....	181
9.3.5. სითბური გამოსახულებები პრაქტიკაში.....	181

10. თბოსაზოლაციო ღონისძიებების ეკონომიურობის შეფასება.....	183
10.1. ენერგოეფექტურობა, ენერგოდაზოგვა, ენერგოგამომუშავება.....	183
10.2. ეკონომიურობა და დაზოგვის პოტენციალი.....	184
11. ენერგომომხმარების 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 გარეში.....	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 ენერგომომხმარება.....	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, ირისვე 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 Wälderhaus, ქ. ჰამბურგი.....	243
13.2.10. Greenpeace Energy, ქ. ჰამბურგი.....	245
13.2.11. პლუს-ენერგოსახლი Solar Decathlon (2007).....	247
13.2.12. სანარმოს კლიმატ-ნეიტრალური საბავშვო ბაღი.....	252
13.2.13. სადურგლო საამქროს ახალი შენობა.....	254
13.2.14. ყოფილი საჰაერო თავდასხმის სანინაღმდეგო 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 კითხვებზე, თუ როგორ გავუმკლავდეთ კლიმატურ ცვლილებებს და როგორ გავიუმჯობოთ საცხოვრებელი პირობები. ეს იმას ნიშნავს, რომ არქიტექტურის ამოცანა ოდითგან იყო ადამიანის დაცვა წვიმის, ქარის, მზისა და სიცხისაგან. 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 საამშენებლო 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...

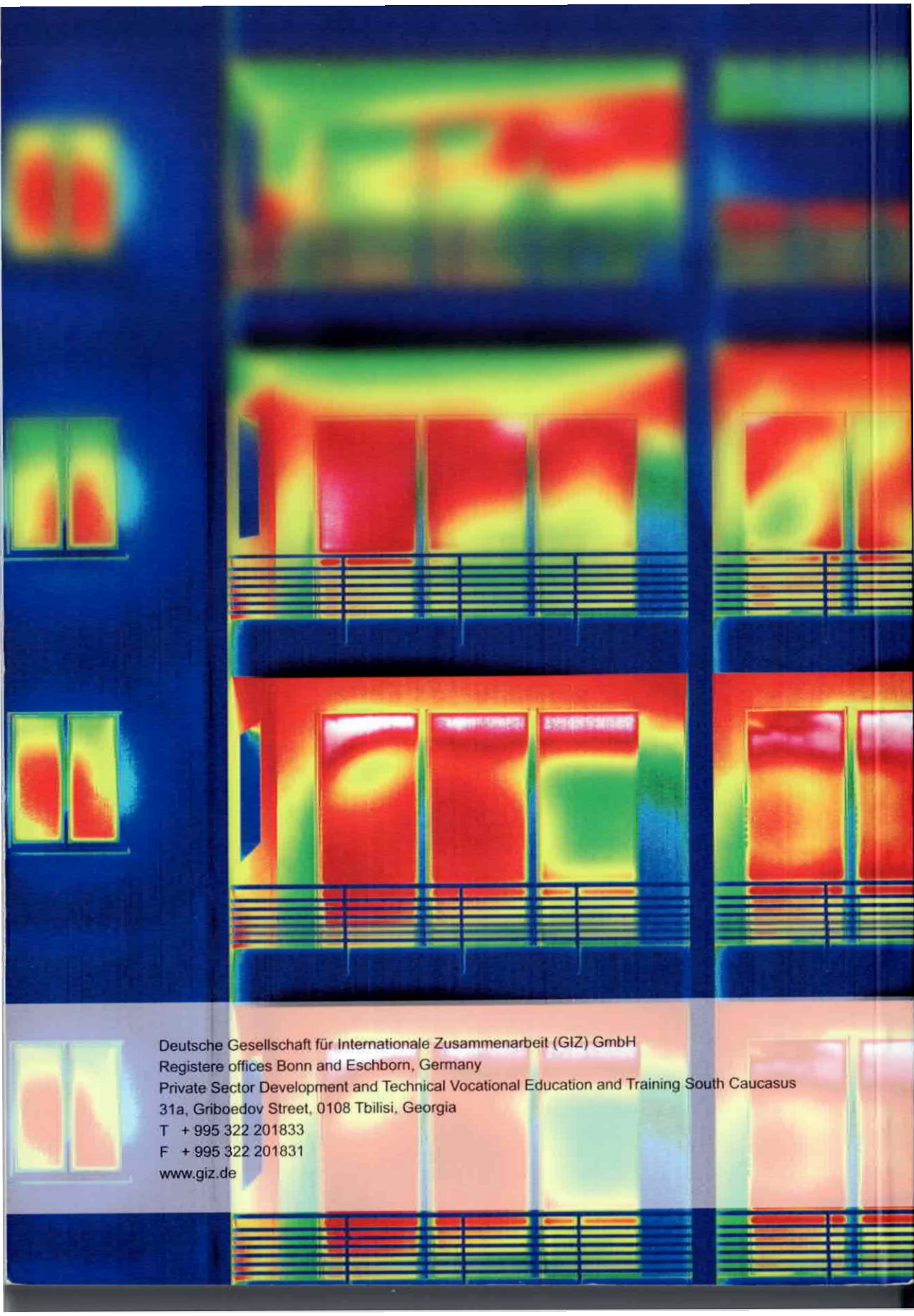
მიუხედავად ამისა, ყველა შენობა-ნაგებობის არსებით ამოცანას წარმოადგენდა გარეშე ფაქტორებისგან დაცვა და დაბალანსებული კლიმატური პირობების უზრუნველყოფა შენობის მომხმარებელთათვის. ამდენად, პირველ რიგში შენობაში გათვალისწინებულია კომფორტული კრიტერიუმები, რომელიც აკმაყოფილებს ადამიანის მოთხოვნებს კომფორტისა და ჰიგიენის მიმართ. ყველა საჭირო კრიტერიუმის გათვალისწინებით, თანამედროვე მშენებლობამ განავითარა კლიმატდიზაინი, რომელმაც საამშენებლო 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; საამშენებლო 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.

საამშენებლო 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 GlZ-ის პროექტის ფარგლებში ქ. თბილისში ჩატარებული ტრენინგების თემატიკას. GlZ-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 საამშენებლო ტრადიციებთან მიმართებაში ენერგოეფექტური მშენებლობის უმნიშვნელოვანესი პარამეტრები და განხილულია საამშენებლო ფიზიკური ურთიერთდამოკიდებულებები რეგიონალური მახასიათებლების გათვალისწინებით. გარდა ამისა, სახელმძღვანელო შეიცავს უკვე განხორციელებულ პროექტებსაც, რომლებიც ითვალისწინებენ კომპლექსურ და თანამედროვე საამშენებლო მიდგომებს, რათა დაიზოგოს ენერგორესურსები და შემცირდეს CO₂-ის გამოფრქვევა ატმოსფეროში.



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, Gribloedov Street, 0108 Tbilisi, Georgia
T + 995 322 201833
F + 995 322 201831
www.giz.de