



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

მიხეილ შენგელია

ცემენტის მარკის დადგენა ევროპული ნორმების შესაბამისობით ადგილობრივ ქვიშაზე

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2022 წ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი სამშენებლო

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით მიხეილ შენგელიას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: ცემენტის მარკის დადგენა ევროპული ნორმების შესაბამისობით ადგილობრივ ქვიშაზე და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიების და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2022 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი არჩილ ჩიქოვანი

რეცენზენტი: _____

რეცენზენტი: _____

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2022 წ

ავტორი: მიხეილ შენგელია

დასახელება : ცემენტის მარკის დადგენა ევროპული ნორმების შესაბამისობით

ადგილობრინ ქვიშაზე

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა _____

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

ავტორის ხელმოწერა _____

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

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

რეზიუმე

წარმოდგენილ სადოქტორო ნაშრომში განხილულია, ცემენტის მარკის დადგენა ადგილობრივ საქართველოს რეგიონებში არსებულ ქვიშებზე.

თანამედროვე პერიოდში ცემენტი არის ძირითადი საშენი მასალა ნებისმიერი დარგის მშენებლობაში.

თემის სიახლე და აქტუალობა იმაში მდგომარეობს, რომ ჩვენი მონაწილეობით მიღებულია სტანდარტული ქვიშა ცემენტის მარკის დასადგენად, შესწავლილია შემკვებები და დანამატები, რომელთა გამოყენებაც განაპირობებს ბეტონის და რკინაბეტონის მაღალ ტექნიკურ თვისებებს, გარდა ამისა ჩვენი მონაწილეობით მიმდინარეობდა და ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში ცდები და კვლევები საქართველოში არსებული ქვიშების გამოყენებით. სწორედ ამ კვლევებით დამზადებული ცემენტის ძელაკების და რაციონალური ტექნოლოგიური პროცესების უზრუნველყოფა წარმოადგენს საკვლევი თემატიკის მეცნიერულ სიახლეს და აქტუალობას.

კვლევების საფუძველზე, ჩვენი მონაწილეობით დადგენილ იქნა ცემენტის სიმტკიცეები, გარდა ამისა გამოკვლეული იქნა ამ ცემენტის ჰიდრაციის პროცესი რამაც 28 დღე-დამის ასაკში შეადგინა ცემენტის საბოლოო რაოდენობის 40–50 %. როგორც ცნობილია დარჩენილი ნაწილი ჰიდრატირდება 2–3 ათეული წლის განმავლობაში, თუ ნაკეთობები იმყოფებიან ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში, რაც იწვევს ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობების სიმტკიცის ზრდას 1,5 – 2-ჯერ.

ქართველ მეცნიერებს შორის ცემენტის წარმოების ტექნოლოგიაში დიდი წვლილი მიუძღვით გიორგი ცისკრელს, პეტრე წულუკიძეს, გიორგი ქარცივაძეს, შიო ნაფეტვარიძეს, ანზორ ნადირაძეს და სხვებს.

კვლევის საფუძველზე დადგენილი იქნა ქვიშის გრანულო-მეტრული შედგენილობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები: სიმკვრივე, მოცულობითი მასა, ტენიანობა, ცარიელობა და მავნე მინარევების

შემცველობა. შესაბამისად დადგენილი იქნა, რომ ეს მასალები მათი ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებებით შეესაბამება სახელმწიფო სტანდარტის გოსტ – 8735–88 „ქვიშა სამშენებლო სამუშაოებისათვის“ მოთხოვნებს.

ამ კვლევებმა საშუალება მოგვცა გავცნობოთ საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული ქვიშებს, რაც გვაძლევს საშუალებას რომ ეს მასალა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ცემენტის მარკის დასადგენად.

საერთო ჯამში ჩატარებული კვლევების შედეგად მიღწეული იქნა მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტი.

Abstract

The presented doctoral thesis deals with the determination of the cement brand on the sands in the local regions of Georgia.

In the modern period, cement is the main building material in the construction of any field.

The novelty and relevance of the topic lies in the fact that, with our participation, a new high-quality quick-setting cement was obtained, fillers and additives were studied, the use of which determines the high technical properties of concrete and reinforced concrete, in addition, with our participation, tests and researches using the sands in Georgia were carried out and conducted in the laboratory of the Technical University of Georgia. . It is the provision of rational technological processes made by these studies that represents the scientific novelty and relevance of the research topic.

On the basis of researches, quick-setting cement was obtained with our participation, in addition, the hydration process of this cement was investigated, which made 40-50% of the total amount of cement at the age of 28 days. In our opinion, the remaining part hydrates for 2-3 decades if the products are under normal operating conditions, which leads to an increase in the strength of concrete and reinforced concrete products by 1.5-2 times.

Among Georgian scientists, Giorgi Tsiskreli, Petre Tsulukidze, Giorgi Kartsivadze, Shio Nafetvaridze, Anzor Nadiradze and others made a great contribution to cement production technology.

Based on the research, the granulometric composition and physical-mechanical properties of both cement and sand were determined: density, volumetric mass, humidity, voids and the content of harmful impurities. Accordingly, it was established that these materials with their physical and technical properties correspond to the requirements of the state standard GOST-8735-88 "Sand for construction works".

These studies allowed us to get acquainted with the sands in the territory of Georgia, which allows us that this material can be used to determine the cement brand.

Overall, as a result of the conducted research, a significant economic effect was achieved.

შინაარსი

შესავალი.....	14
თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა	17
თავი 2. კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა შემკვრელი და დანამატები.....	19
2.1. ცემენტის გამყარების თვისებები -----	19
2.2 ცემენტის სიმტკიცის ასპექტები.....	24
თავი 3. ექსპერიმენტული სამუშაოს მეთოდოლოგია	52
3.1 ცემენტის ფიზიკური-მექანიკური კვლევები -----	52
3.2 საქართველოში არსებული კარიერების მიერ წარმოებული ქვიშის -----	54
თვისებების კვლევა-----	54
დასკვნა.....	126
გამოყენებული ლიტერატურა.....	128

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი N2.1	26
ცხრილი 2.2.....	27
ცხრილი 2.3.....	29
ცხრილი 2.4.....	39
ცხრილი 2.5.....	45
ცხრილი 2.6.....	46
ცხრილი 3.1.....	53
ცხრილი 3.2.....	54
ცხრილი 3.3.....	55
ცხრილი 3.4.....	56
ცხრილი № 3.5	57
ცდა 1, ცხრილი № 3.6.....	59
ცდა 12, ცხრილი № 3.7.....	59
ცხრილი 3.8.....	60
ცხრილი 3.9.....	61
ცხრილი №3.10	62
ცხრილი №3.11	63
ცდა 1, ცხრილი № 3.12.....	65
ცდა 12, ცხრილი № 3.13.....	65
ცხრილი 3.14.....	66
ცხრილი 3.15.....	67
ცხრილი 3.15.....	68
ცხრილი № 3.16	69
ცდა 1, ცხრილი № 3.17.....	71
ცდა 12, ცხრილი № 3.18.....	71
ცხრილი 3.19.....	72
ცხრილი 3.20.....	73
ცხრილი №3.21	74
ცხრილი № 3.22	75
ცდა 1, ცხრილი № 3.23.....	77
ცდა 12, ცხრილი № 3.24.....	77
ცხრილი 3.25.....	78

ცხრილი 3,26	79
ცხრილი №3,27	80
ცხრილი № 3.28	81
ცდა 1, ცხრილი № 3.29	83
ცდა 12, ცხრილი №3.30	83
ცხრილი 3.31	84
ცხრილი 3,32	85
ცხრილი №3.33	86
ცხრილი № 3.34	87
ცდა 1, ცხრილი № 3.35	89
ცდა 2, ცხრილი № 3.36	89
ცხრილი 3.37	90
ცხრილი 3.38	91
ცხრილი №3.39	92
ცხრილი № 3.40	93
ცდა 1, ცხრილი № 3.41	95
ცდა 12, ცხრილი № 3.42	95
ცხრილი 3.43	96
ცხრილი 3.43	97
ცხრილი №3.44	98
ცხრილი № 3.45	99
ცდა 1, ცხრილი № 3.46	101
ცდა 12, ცხრილი № 3.47	101
ცხრილი 3.48	102
ცხრილი №3,50	104
ცხრილი № 3.51	105
ცდა 1, ცხრილი № 3.52	107
ცდა 2, ცხრილი № 3.53	107
ცხრილი 3.54	109
ცხრილი №3.55	110
ცხრილი № 3.56	111
ცდა 1, ცხრილი № 3.57	113
ცდა 2, ცხრილი №3.58	113

ცხრილი 3.59	114
ცხრილი 3.60	115
ცხრილი №3.61	116
ცხრილი № 3.62	117
ცდა 1, ცხრილი № 3.63	119
ცდა 2, ცხრილი № 3.64	119
ცხრილი 3.65	120
ცხრილი 3.66	121
ცხრილი №3.67	122
ცხრილი № 3.67	123
ცდა 1, ცხრილი № 3.68	125
ცდა 2, ცხრილი № 3.69	125

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 2.1 ცემენტის კოლოდაციის პერიოდი.....	20
ნახ. 2.2 ცემენტის კრისტალიზაციის პერიოდი	21
ნახ.2.3 გამყარებული ცემენტის ქვა.....	22
ნახ. 2.4. 3 დღე–ღამის ასაკში გამყარებული ბეტონის სტრუქტურული სქემა	23
ნახ. 2.5. ცემენტის სინჯამლები დიდი ტევადობიდან	48
(ვაგონი, ცემენტმზიდი და ა.შ.) სიგრძე L = 1000 – 2000 მმ;	48
დიამეტრი 40მმ	49
ნახ. 2.6. სინჯის ასალები ჩამჩა: დიამეტრი – 200 მმ,.....	49
სიღრმე – 150 მმ, სახელურის სიგრძე – 180 მმ	49
ნახ. 2.7. მექანიკური შნეკური სინჯამლები:.....	49
1 – 60 მმ დიამეტრის მილი; 2 – შნეკი; 3 – შნეკის ბოლო,	49
რომელიც ცემენტში ჩაძირვისას მოქმედებს როგორც.....	49
წერტილოვანი ზონდი; 4 – განმტვირთი ღარი; 5 – ელექტრო-	49
ძრავი; საერთო სიგრძე დაახლოებით 2000 მმ.....	49
ნახ. 2.8. სტაციონარული მექანიკური შნეკური სინჯამლები:	49
1 – მილი; 2 – შნეკი; 3 – ცემენტის შესასვლელის ხვრეტი;	49
4 – განმტვირთავი ღარი; 5 – მრუდკოტა სახელური (ან.....	49
ალტერნატიული ელექტროძრავის ამძრავი)	50
ნახ. 2.11. ლაბორატორიული ნიმუშების მომზადება 4 ნაწილად დაყოფის მეთოდით: X, Y, Z – ლაბორატორიული ჭურჭელი	51
ნახ. 3.1 ანანურის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი	55
ნახ.3.2 ანანურის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ევროპული სტანდარტით EN 933-2 მიხედვითმიხედვით	56
ნახ 3.3. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	57
ნახ.3.5. ალაიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2. 61	
ნახ.3.6. ალაიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГОСТ 8735- 88-ის მიხედვით.....	61
ნახ. 3.7. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	63
ნახ.3.8 იმირის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით	67
ნახ. 3.9 . ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	69
ნახ.3.10 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი	

EN 933-2 მიხედვით.....	73
ნახ. 3.11 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით	73
ნახაზი 3.12. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	75
ნახ.3.13 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით.....	79
ნახ.3.14 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი 8735-88 მიხედვით	79
.....	81
ნახ. 3.15. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	81
ნახ.3.16 ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით	85
ნახ.3.17 ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით.....	85
ნახ.3.19 თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 ის მიხედვით.....	91
ნახ.3.20 თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით	91
ნახაზი 3.21. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	93
ნახ.3.22 არაგვისპირის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით	97
ნახ.3.23 არაგვისპირის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГОСТ 8735-88 მიხედვით	97
ნახაზი 3.24. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	98
ნახ.3.25 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით	103
ცხრილი 3.50.....	103
ნახ.3.26 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით.....	103
ნახაზ 3.27. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი.....	104
ნახ.3.28 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით.....	109
ნახ.3.29 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГОСТ 8735-88 მიხედვით.....	109
ნახ. 3.30. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	111
ნახ.3.31 ძეგვის კარიერის ქვიშის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით	115

ნახ.3.32 ქეგვის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГOCT 8735-88 მიხედვით	115
ნახაზ 3.33. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი	116
ნახ.3.34 ფოცხოვი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით	121
ნახ.3.35 ფოცხოვი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ГOCT 8735-88 მიხედვით	121

შესავალი

სხვადასხვა ქვეყანაში გამოიყენება ცემენტის ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდი: სიმტკიცე, წყალმოთხოვნილება, შეკვრის ვადები, მოცულობის ცვლილების თანაბარზომიერება, რომლებიც გვაძლევენ განსხვავებულ შედეგს ერთი და იგივე ცემენტის გამოცდისას. ამჟამად ევროპის სტანდარტიზაციის კომიტეტმა (CEN) მიიღო ევროპული სტანდარტი EN 196, რომელიც არეგულირებს EC ქვეყნებისათვის გამოცდის ერთიან მეთოდებს, ცემენტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დასადგენად, პლასტიკურ დუღაბში, პოლიფრაქციული ქვიშის და სპეციალური მოწყობილობების გამოყენებით. აქამდე ქვეყანაში ნორმატიული ბაზა დაფუძნებული იყო ცემენტის იმ მახასიათებლებზე, რომლებიც მიიღებოდა უფრო ხისტ მონოფრაქციულ ქვიშაზე დამზადებულ ნიმუშებზე. ცემენტი ეწოდება მასალას ადჰეზიური და კოჰეზიური თვისებებით, რომელსაც შეუძლია ერთ მთლიან მონოლითად შეაერთოს ცალკეული მინერალური მარცვლები. ასეთი განმარტება მოიცავს სხვადასხვა შემკვრელი ნივთიერებების დიდ რაოდენობას.

მშენებლობისათვის ტერმინი „ცემენტი“ მნიშვნელობა განსაზღვრულია შემკვრელი ნივთიერებით და გამოიყენება ქვის მასალის, ქვიშის, აგურის ბლოკის და სხვა შესაერთებლად.

ბეტონებისათვის გამოიყენება შემკვრელი ნივთიერება, რომელსაც უნარი აქვს შეიკრას და გამაგრდეს წყალში, მასთან ქიმიური რეაქციის შედეგად.

ჰიდრავლიკური შემკვრელები შედგებიან ძირითადად კალციუმის სილი-კატებისა და ალუმინატებისაგან, მათ მიეკუთვნება რომანცემენტი, პორტლანდ-ცემენტი, თიხა-მიწოვანი ცემენტი და სხვ.

შემკვრელი ნივთიერების გამოყენებას აქვს დიდი ხნის ისტორია. ძველი ეგვიპტელები იყენებდნენ გამომწვარ ბუნებრივი თაბაშირის ქვას. ბერძნებმა და რომაელებმა დაიწყეს გამომწვარი კირქვის გამოყენება, შემდეგ ისწავლეს კირსა და წყალზე დაემატებინათ ქვიშა, დამსხვრეული ქვა ან

აგური და დამტვრეული ნატეხარა. ეს იყო კაცობრიობის ისტორიაში პირველი ბეტონი.

კირის დულაბი არ მაგრდება წყალში, ამიტომ რომაელებმა წყალქვეშა მშენებლობისათვის გამოიყენეს ერთად დაფქული კირი და ვულკანური ფერფლი ან გამომწვარი თიხის ნატეხარა. ვულკანურ ფერფლსა და თიხაში არსებულმა აქტიურმა კაჟ-მიწამ და თიხამიწამ, საშუალება მისცა მიეღოთ შემკვრელი, რომელსაც შემდეგ უწოდეს „პუცოლანური ცემენტი“.

ძველი რომის მთელ რიგ ნაგებობებში, როგორცაა რომის კოლიზეუმში ან ხიდი ჰარდი, ცემენტის დულაბმა, რომლითაც გაკეთებული იყო ქვის წყობა. ჩვენს დღეებამდე შეინარჩუნა დიდი სიმტკიცე.

შუა საუკუნეების უძრავობის პერიოდის შემდეგ მხოლოდ XVIII საუკუნეში აღინიშნა ცოტაოდენი პროგრესი. 1756 წელს ჯონ სმიტონმა ედისტონის შუქურის გადაკეთების დროს აღმოაჩინა, რომ მშენიერი დულაბი მიიღება პუცოლანური კომპონენტის შერევით ისეთ კირთან, რომელიც მიღებულია თიხის დიდი შემცველობის კირქვისაგან.

სმიტონი იყო პირველი ვინც შეაფასა ჰიდრავლიკური კირის ქიმიური აქტიურობა. შემდეგ ჯოსეფ პარკერმა მიიღო რომანცემენტი თიხამიწოვანი კირქვის გამოწვით. 1824 წელს კი ინგლისელმა კალატოზმა ჯოსეფ ასპდინმა მიიღო პატენტი პორტლანდცემენტის გამოგონებაზე. თითქმის მასთან პარალელურად რუსეთში ეგორ ჩელიევემა (წარმოშობით ჭელიძე) გამოაქვეყნა ცემენტის მიღების წესი. ცემენტი მიღებული იქნა წმინდად დაფქული კირქვის და თიხის ნარევის გამოწვით, ნახშირორჟანგის გამოყოფის ტემპერატურამდე. მაგრამ ეს არ იყო შეცხოების საკმარისი ტემპერატურა (1450°C), რომელიც საჭიროა კლინკერის მისაღებად.

თანამედროვე ცემენტის პროტოტიპი დაამზადა 1845 წელს ინგლისელმა ისააკ ჯონსონმა, რომელმაც მიიყვანა თიხის და ცარცის ნარევი შეცხოვამდე, როდესაც ხდება კლინკერის წარმოქმნის რეაქცია.

დასახელება პორტლანდცემენტი თავდაპირველად მან მიიღო დორსეტში მოპოვებულ პორტლანდის ქვასთან-კირქვასთან მსგავსების გამო.

ეს სახელი შენარჩუნებულია დღემდე, პორტლანდცემენტი ეწოდება შემკვრელ ნივთიერებას, რომელიც მიიღება გულმოდგინედ არეული ნედლეულისაგან, შედგება კირქვისა და თიხის ან სხვა მასალებიდან და შეიცავს კაჟმიწას და რკინის ჟანგეულებს.

ახალი ტექნოლოგიების XXI საუკუნემ ადამიანებს მისცა საშუალება დაეხვეწათ მასალის თვისებები.

შემკვრელი ნივთიერების პალიტრა ძალიან ფართოა, წარმოდგენილია ასობით დასახელების სხვადასხვა მახასიათებლებით, რომელიც დროთა განმავლობაში იცვლება თანამედროვე ტექნოლოგიების შესაძლებლობების გამოყენების გზით.

ნაშრომის მიზანია დაინტერესებულ პირებს და ორგანიზაციებს გააცნოს ევროპული სამშენებლო ნორმების ძირითადი დებულებები, ცემენტებისადმი წაყენებული ტექნიკური მოთხოვნები, გამოცდის მეთოდები და გამოვიყენოთ ჩვენს მიერ გამოკვლეული სტანდარტული ქვიშა ცემენტის მარკის დასადგენად, ნაცვლად რუსეთიდან შემოტანილი ვოლგის და ევროპული ქვიშისა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს შევაფასოთ მასალების ხარისხი.

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

სადისერტაციო ნაშრომის შესრულებისას გამოყენებული იქნა, ისეთი ცნობილი მეცნიერების ნაშრომები და კვლევები როგორცაა: ა. ჟურავლიოვი, ვ. ოკოროკოვი, პ.რებინდერი, გ.ი. გორჩაკოვის, გ.კრილოვის, ვ.ი. კროპოტოვის, ვ.ე. იასპევიჩის, ა.გ. კომარის, ვ.გ. მიკულსკის, ი.გ. ბარბანშიკოვის, ი.ლ. ზნაჩკო-იავორსკის გ. წითელაურის, გ. ცისკრელის, პ. წულუკიძის, გ. ქარცივაძის, ა. ნადირაძის და სხვა.

შემკვრელი ნივთიერებები შედგენილობის, თვისებების და გამოყენების მიხედვით იყოფა არაორგანულ და ორგანულ ნივთიერებებად.

არაორგანული შემკვრელი ნივთიერებები წარმოადგენს ფხვნილისებს მასალას. წყალთან ადუღაბებისას ისინი თხევადი, ან პლასტიკური ცომის მდგომარეობიდან გადადიან ქვისებრ მდგომარეობაში. შემკვრელი ნივთიერებები გამოიყენება მარცვლოვანი მასალების ან ცალობითი ნაკეთობების დასაკავშირებლად, ამაზეა დამყარებული სამშენებლო დუღაბის, ბეტონის და სხვადასხვა ხელოვნური ქვის დამზადება.

არაორგანული შემკვრელი ნივთიერებები ძირითადი თვისებებისა და შედგენილობის მიხედვით იყოფა ჰაერულ, ჰიდრავლიკურ და ავტოკლავურ გამყარების შემკვრელებად.

ცემენტის ჰიდრატაციის საკითხის შესწავლას მიემდვნა უამრავი შრომა. ჩვენ შევეცადეთ გადმოგვეცა ამ ნაშრომების ძირითადი არსი.

პორტლანდცემენტის აღმოჩენა რევოლუციური მნიშვნელობის მოვლენაა და მის პირველ აღმომჩენად ინგლისელი ჯოზეფ ასპდინი ითვლება. მან 1824 – 1825 წლებში გამოიგონა პორტლანდცემენტი. ამასთან მას მიღებული აქვს პატენტი პორტლანდცემენტის გამოგონებაზე ქალაქ პარიზში. საამაყოა ის რომ ასპდინის პარალელურად იმავე პერიოდში რუსეთში ჩვენი თანამემამულის სამხედრო ინჟინრის იგორ გერასიმეს ძე ჭელიძის მიერ მიღებული იქნა იგივე თვისებების მქონე ცემენტი. ამასთან ჭელიძემ 1825 წელს გამოაქვეყნა ფუნდამენტური ნაშრომი, სადაც აღწერილი

იქნა ცემენტის ნედლეული, დამზადების ტექნოლოგია და მისი თვისებები.
ნაშრომი

შეადგენს 30 -40 ნაბეჭდ თაბახს, რაც გვაძლევს საფუძველს იმისას რომ იგი ჩავთვალოთ პორტლანდცემენტის გამომგონებლად. ჭელიძის მიერ მიღებული ეს ცემენტი გამოყენებული იქნა პირველ სამამულო ომის დროს დანგრეული მოსკოვის აღსადგენად. ამრიგად პორტლანდცემენტის წარმოების ფუძემდებლად ჩვენს ქვეყანაში ითვლება ჭელიძე, ამის დასტურია И. А. Значко-Яворски-ს მიერ 1969 წელს რუსულ ენაზე გამოცემული წიგნი, სახელწოდებით: „იგორ გერასიმეს ძე ჭელიძე - ცემენტის გამომგონებელი.“

მიღებული პორტლანდცემენტი თანდათან სრულყოფს ინგლისელმა მეცნიერმა ჩარლზ ჯონსონმა და რუსმა შულიაჩენკომ, მალიუგამ და ჩვენმა თანამემამულემ ვ. მიხაილოვმა. ამ ცემენტს რუსეთში და შემდგომ ყოფილ საბჭოთა კავშირში მე-XX-ე საუკუნის 50-იან წლამდე უწოდებდნენ ჩვეულებრივ ცემენტს, ხოლო შემდგომში მას საერთაშორისო სტანდარტებზე გადასვლის გამო შეარქვეს პორტლანდცემენტი, რადგან იგი დამზადებული იყო ქალაქ პორტლენდში. ეს ქალაქი მდებარეობდა ლონდონის მახლობლად, ამჟამად ლონდონის შემადგენლობაშია. საინტერესოა ისიც რომ ჯოზეფ ასპდინის შვილმა ამ ქალაქში ააშენა ცემენტის ქარხანა, რომლის წინაც დგას ჯოზეფ ასპდინის ძეგლი. ამჟამად ეს ქარხანა არ მოქმედებს და არის მუზეუმი.

თავი 2. შემკვრელების და დანამატების კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

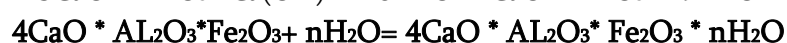
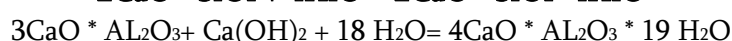
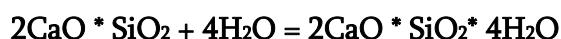
2.1. ცემენტის გამყარების თავისებურებები

ცემენტის კვლევისას მეცნიერები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ ბეტონის ნარევის დამზადებისას მისგან დამზადებულ ნაკეთობაში არ ხდება ცემენტის სრული ჰიდრატაცია და მისი დიდი ნაწილი არ ღებულობს მონაწილეობას ბეტონის გამყარებაში.

ქარხნები ცემენტს უშვებენ სხვადასხვა დაფქვის სიწმინდით. ცნობილია, რომ რაც უფრო წმინდად არის დაფქული ცემენტი მით უფრო აქტიურად მიმდინარეობს მისი გამყარების პროცესი და ცემენტის მოლეკულების უფრო დიდი რაოდენობა ღებულობს ჰიდრატაციაში მონაწილეობას.

ა. ბაიკოვი ცემენტის გამყარების პროცესს ხსნის, როგორც კრისტალიზაციის და კოლოიდური პროცესების ერთობლიობას და მათ მიერ არის გამოთქმული მოსაზრება იმის შესახებ, რომ ყოველგვარი ჰიდრატაციული გამყარების პროცესი გაივლის კოლოიდურ მდგომარეობას, მაშინაც კი როცა საბოლოო შედეგი იძლევა კრისტალურ წარმონაქმნს. მეცნიერები ცემენტის გამყარებას ყოფენ 3 პერიოდად:

1) **მოსამზადებელი (ან გახსნის) პერიოდი.** წყლისა და ცემენტის ურთიერთქმედებისას იწყება კლინკერული მინერალების გახსნა. ამ დროს მიმდინარეობს ჰიდროლიზის და ჰიდრატაციის რეაქციები, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სტაბილური და მედეგი შენაერთები. ეს გარემოებაა ცემენტის, როგორც მჭიდა მასალის წარმოების პრინციპი და საფუძვლები.

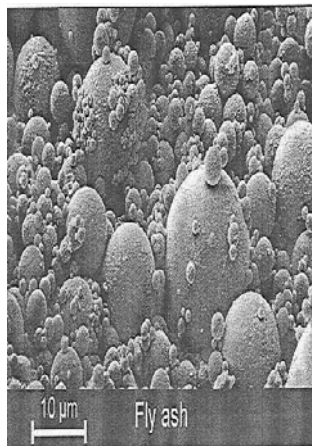


პორტლანდცემენტის წყალთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება

პლასტიკური ცომი, რომელიც თანდათან სქელდება და გადადის ქვისებრ მდგომარეობაში.

კლინკერის თითოეული მინერალი წყალში სხვადასხვა სიჩქარით იხსნება და წარმოქმნიან ახალ წარმონაქმნებს.

2) კოლოდაციის პერიოდი. ნარევის სრული გაჟღენთვის დროს მიღებული ჰიდრატები ძირითადად ორკალციუმიანი C_2S ჰიდროსილიკატები, არ იხსნება წყალში და გადადის კოლოიდურ მდგომარეობაში. ეს კოლოიდები გროვდება ცემენტის მარცვლების ზედაპირზე ლამისმაგვარი მასის სახით, რომელსაც გელს უწოდებენ. გელი თანდათან მყარდება, როგორც ბუნებრივ სინესტის შემცირების ხარჯზე, ასევე წყლის თანდათან სიღრმეში შეღწევით. ეს პროცესი ზრდის გელის შეწებების უნარს. გელი აწებებს ცემენტის ნაწილაკებს, რის გამოც ცემენტის ცომი კარგავს პლასტიურობას და იწყებს შეკვრას.



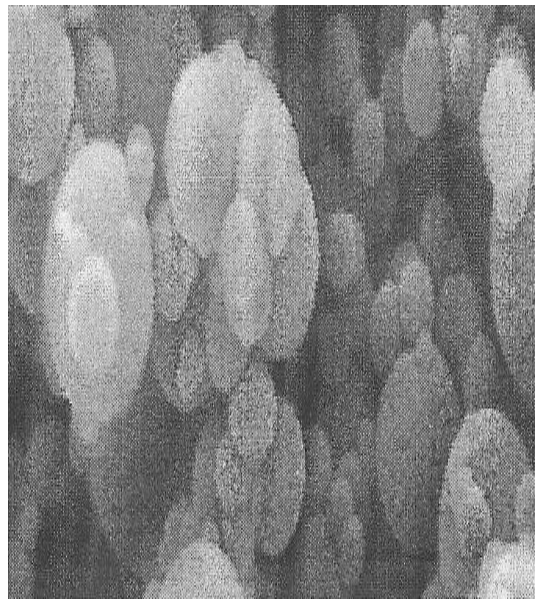
ნახ. 2.1 ცემენტის კოლოდაციის პერიოდი

3. კრისტალიზაციის პერიოდი. ამ პერიოდში ხდება ცემენტის ქვის წარმოქმნა.

პორტლანდცემენტი მით უფო სწრაფად მაგრდება რაც მეტია მასში C_3S (ალიტი), იგი მთავარი მინერალია, რომელიც განსაზღვრავს ცემენტის მარკას. 7 დღე-ღამის ასაკში იღებს 28 დღიანი სიმტკიცის 70 %-ს, ბელიტი (C_2S) პირიქით ნელა მყარდება და დროთა განმავლობაში მაღალ სიმტკიცეს აღწევს. ბელიტი საწყის პერიოდში იძენს სამარკო სიმტკიცის მხოლოდ 15 %-

ს. შემდგომში მისი სიმტკიცე თანდათან მატულობს და 3 – 6 თვის შემდეგ აჭარბებს კიდევ ალიტის სიმტკიცეს, აქედან გამომდინარე ისეთი ბეტონების მიღებისას, რომელთაც ესაჭიროებათ მაღალი ადრეული სიმტკიცე იყენებენ ალიტურ ცემენტებს. ყველაზე სწრაფად ჰიდრატირდება ცელიტი C_3A , მაგრამ მისი სიმტკიცე დაბალია.

ცემენტი ინტენსიურად მაგრდება ტენიან გარემოში, ნორმალური $20+ 3^{\circ}C$ დროს. წყლიან გარემოში ცემენტი უფრო სწრაფად მაგრდება და მეტი სიმტკიცით ხასიათდება. ტემპერატურის ზრდა ტენიან გარემოში კიდევ უფრო აჩქარებს ცემენტის გამაგრებას. ხოლო დაბალი ტემპერატურა ანელებს ცემენტის გამაგრებას, უარყოფით ტემპერატურაზე კი ხდება გამყარების პროცესის შეწყვეტა.

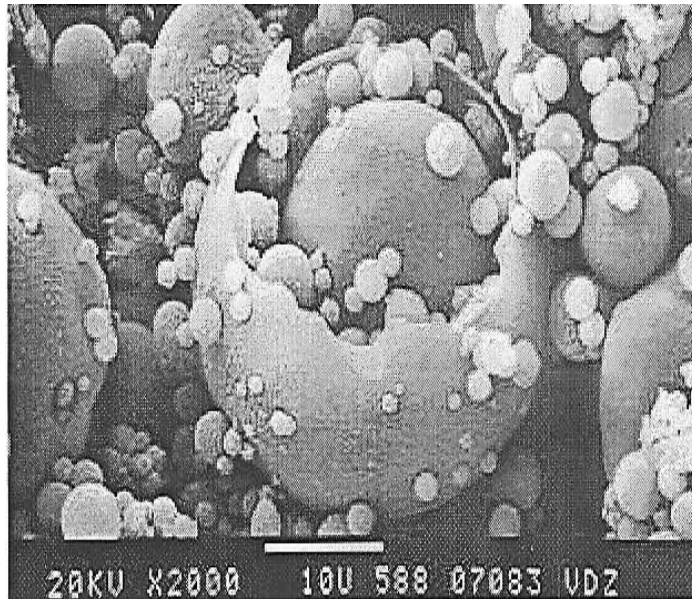


ნახ. 2.2 ცემენტის კრისტალიზაციის პერიოდი

პორტლანდცემენტის წყალთან ურთიერთქმედების თეორია და შემდგომ მისი გამყარების პროცესი განავითარეს თავიანთ შრომებში ჟურავლიოვმა, ოკოროკოვმა, ა. რეზინდერმა ჩაატარა საფუძვლიანი კვლევა, რის შედეგადაც უფრო ნათელი გახდა წარმოდგენები შემკვრელი ნივთიერების გამყარების პროცესზე.

ცემენტს შეკვრის ვადების რეგულირებისთვის უმატებენ თაბაშირს 1,5 – 3,5 % მჭიდს მასიდან, რაც აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს,

შეკვრის დასაწყისი არაუადრეს 45 წუთი ადულაბებიდან, დასასრულს არაუგვიანეს 8 - 10 სთ-ის ადულაბების შემდეგ.



ნახ.2.3 გამყარებული ცემენტის ქვა

გამყარებული ცემენტის ქვა წარმოადგენს არაერთგვაროვან მიკროსკოპულ სტრუქტურულ სისტემას, რომელიც შედგენილი კოლოიდური ნაწილაკებისაგან, კრისტალური შენაერთებისგან და გელისებრი მასისგან. გარდა ამისა ცემენტის ქვა შედგება კლინკერული ნაწილების არაჰიდრატირებული ნაწილისაგან, რაც არაერთგვაროვანს ხდის ცემენტის ქვას. ცემენტის ქვის ამ არაერთგვაროვან სისტემას ვ. იუნგმა „მიკრობეტონი“ უწოდა.

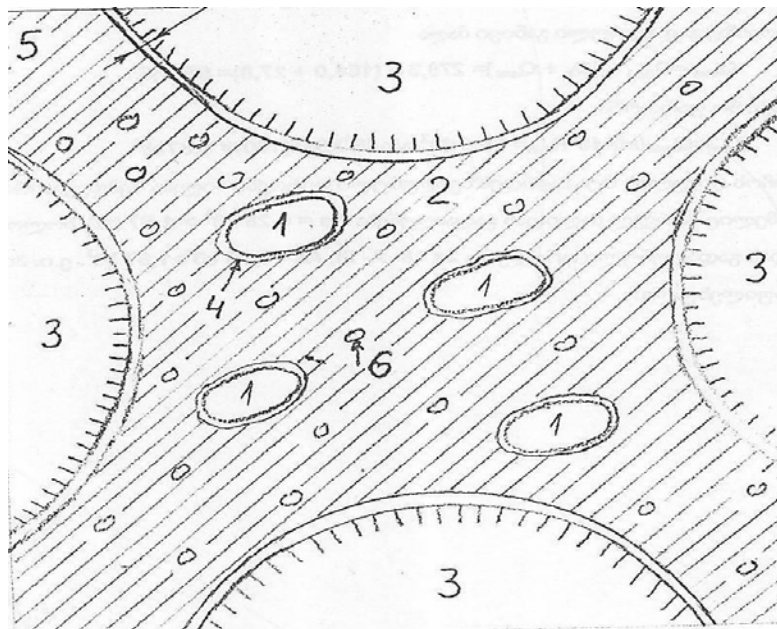
პორტლანდცემენტის ჰიდრატაციაზე და მის შეკვრის პროცესზე დიდ გავლენას ახდენს მისი დაფქვის სიწმინდე. ცემენტს დაფქვის სიწმინდის მიხედვით განასხვავებენ:

- 1) მსხვილი დაფქვის სიწმინდით. მარცვლის ზომა 60 – 100 მკ. ხვედრითი ზედაპირი 2400 – 2500 სმ²/გ.
- 2) საშუალო დაფქვის სიწმინდით. მარცვლის ზომა 30 – 60 მკ. ხვედრითი ზედაპირი 2500 – 3500 სმ²/გ.
- 3) წვრილად დაფქვილი ცემენტი 30მკ-ზე მეტი. 4000 – 6000 სმ²/გ.

დაფქვის სიწმინდეს საზღვრავენ საცრული ანალიზით N008

ნახვრეტის ზომა 80 მკ-ია. გაცრის შემდეგ ნარჩენი საცერზე არ უნდა იყოს საწყისი მასის 15 %-ზე მეტი. ჩვეულებრივი დაფქვის პორტლანდცემენტში მასის 40-50% არ მონაწილეობს ცემენტის ქვის გამყარების საწყის სტადიაზე.

ცემენტის ეფექტურად გამოყენებისთვის აუცილებელია მასში არ იყოს ისეთი ზომის მარცვლები, რომლებიც თავისი სისქის გამო ვერ შევლენ რეაქციაში წყალთან. ამის თავიდან ასაცილებლად სასურველია ცემენტის მარცვლის სისქე იყოს 20 მკ-ზე ნაკლები.



ნახ. 2.4. 3 დღე-ღამის ასაკში გამყარებული ბეტონის სტრუქტურული სქემა

1. 20 მიკრონზე მსხვილი ზომის ცემენტის მარცვლები;
2. ცემენტის ქვის წებოვანი ნაწილი;
3. შემვსები;
4. 20 მიკრონზე მსხვილი ცემენტის მარცვლების ჰიდრატირებული ზედაპირი;
5. ცემენტის ქვის წებოვანი აპკი, რომელიც გარს ეკვრის შემვსებს;
6. 20 მიკრონზე მცირე ცემენტის მარცვლები.

ჰიდრატირების საშუალო პროცენტი ცემენტის ადულაბებიდან 24 საათის შემდეგ აღწევს 17-20 %. ეს პროცენტი იზრდება და გამყარების ნორმალურ პირობებში იძლევა 40-50%. არაჰიდრატირებული მარცვლები კი ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში შედის რეაქციაში წლების

განმავლობაში. ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანია ცემენტის მარკის ზუსტი დადგენა, რაც პირდაპირ არის დაკავშირებული ცემენტის სიმტკიცის სტანდარტულ ასპექტებთან.

2.2 ცემენტის სიმტკიცის ასპექტები

ცემენტების სიმტკიცის გამოცდა შესაძლებელია დაიყოს სტანდარტულად და არასტანდარტულად, რაც დაკავშირებულია მშენებლობის თავისებურებებთან (სასაქონლო ნარევი ან რკინაბეტონის ქარხნები). სტანდარტული გამოცდა ყველა დეტალით უნდა შეესაბამებოდეს სტანდარტის მეთოდურ მითითებებს, რომელთა გარეშეც ვერ მივიღებთ სანდო შედეგებს. ცემენტის გამოცდისათვის გამოყენებული დუღაბი აუცილებელია მომზადდეს სპეციალურ დუღაბმრევში. გამოცდის ჩატარებისას ხშირად არ ხდება ტემპერატურის, გარემოს ტენიანობის (ცემენტის გამოცდის ლაბორატორიული კვლევების ჩატარების შენობები) და ნიმუშების გამაგრების პირობების გათვალისწინება. აღნიშნული გარემოებები გავლენას ახდენს გამოცდების შედეგების სიზუსტეზე. უნდა აღინიშნოს, ცემენტი ბეტონის ქარხნებსა და მშენებლობას მიეწოდება მისი 28 დღე-ღამის შემდგომი სიმტკიცის გარანტიით.

ცემენტის სიმტკიცის შესახებ ინფორმაცია მესამე და მეშვიდე დღეს გაიცემა, მხოლოდ მომხმარებლის მოთხოვნის შესაბამისად. ცემენტები იგზავნება საპასპორტო მონაცემების დართვით რომლებიც მიღებულია სწორი ტექნოლოგიების გამოყენებით და დუღაბის ნიმუშების შემადგენლობის დაჩქარებული გამოცდების ჩატარებით, მრავალწლიანი ობიექტური შეფასებების და უწყვეტად მიღებული პროდუქციის გამოცდილების შედეგად.

ცემენტის თითოეულ ქარხანას გააჩნია საკუთარი კოეფიციენტი გამაგრების დაჩქარებული მეთოდით მიღებული გამოცდის შედეგების გადაყვანისა გამაგრების სტანდარტულ რეჟიმზე, რომელიც განისაზღვრა ცემენტის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების და ქარხნების

ლაბორატორიების პერსონალის მრავალწლიანი, ერთობლივი შრომის შედეგად.

სხვადასხვა ქარხნების კოეფიციენტებში განსხვავება დაკავშირებულია ცემენტების ქიმიურ, მინერალოგიურ და პეტროგრაფიულ შემადგენლობებზე, დაფქვის სიწმინდეზე და გამოყენებული დანამატების რაოდენობაზე.

სტანდარტულ პირობებში, 28 დღ/დ გამაგრებულ ცემენტსა და დაჩქარებული მეთოდის გამოყენებით მიღებულ ცემენტის სიმტკიცის სხვაობა შეადგენს 8%, რაც ნაკლებად მოქმედებს იმ ბეტონის სიმტკიცეზე, რომელიც მიღებულია ქარხანაში ან მშენებლობაზე განმეორებითი გამოცდით.

ხარისხის გარანტიით მიწოდებული ცემენტი სამშენებლო ლაბორატორიებს საშუალებას აძლევს ცემენტის სტანდარტული გამოცდის შრომატევად და არა რენტაბელურ საქმიანობაზე უარი თქვან და ყურადღება გაამახვილონ ბეტონის სამუშაოებზე, რომელთა ზუსტი შესრულება დამოკიდებულია ლაბორატორიების კვალიფიკაციურ საქმიანობაზე. ამ მიზეზების გათვალისწინებით, საჭიროა ცემენტის მხოლოდ უმარტივესი საკონტროლო შემოწმება (შეკვრის ვადები, დაფქვის სიწმინდე, მოცულობის თანაბარი ცვლილება), რაც ამასთან ერთად საჭიროა მისი სტანდარტულობის განსაზღვრისას. პირველ ხანებში, იმ ლაბორატორიებისთვის, რომლებიც ატარებენ კვლევებს მახასიათებლების სრულ მოცულობაზე, რაც ნორმირებული იყო სტანდარტის მიხედვით, ცემენტის ხარისხის კონტროლის მიმართ მსგავსი მიდგომა შეიძლება ვინმეს მოეჩვენოს არასაკმარისად, არასრულყოფილად და სარისკოდ. მაგრამ არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ არსებობს ცემენტის ძელაკის აუცილებელი გამოცდა ბეტონის შემადგენლობის შერჩევისას, რაც არ არის სტანდარტიზირებული. ამასთან ერთად ქარხანა-მომწოდებლისაგან უნდა იქნეს მოთხოვნილი დამატებით გარდამავალი კოეფიციენტები, რომელთა გამოყენებითაც ქარხანა აწარმოებდა ცემენტის გარანტირებულ მარკას. ასეთ შემთხვევებში,

ცემენტის მარკის შესახებ ქარხნის გარანტიაში დასარწმუნებლად, ბეტონის შემადგენლობისთვის ცემენტის შერჩევისას შესაძლებელია დულაბის შემადგენლობაში მისი დაჩქარებული გამოცდა. აუცილებელია ტერმინ „ცემენტის მარკის სიმტკიცის“ დეტალური განხილვა და ამ მიზნისთვის სხვადასხვა ხერხის გამოყენება. როგორც ცნობილია, ცემენტი, სუფთა სახით, ყოველგვარი დანამატის გარეშე, არ გამოიყენება, ვინაიდან ამ დროს წარმოიქმნება ძვირადღირებული ცემენტის ქვა, რომლის სტრუქტურაშიც არსებობს უამრავი დეფექტი. აქედან გამომდინარე, ცემენტის ცომი არის სხვადასხვა თვისების მატარებელი როგორც ქვის მასალების წებო. ცემენტის შეფასებისას აუცილებელია მის ხარისხზე ქვის მასალების ზემოქმედების გამორიცხვა. 1-ელ ცხრილში ნაჩვენებია თუ როგორ იცვლება ერთი და იგივე პორტლანდცემენტის სიმტკიცე სხვადასხვა ქვიშის გამოყენებისას

სტანდარტული ქვიშები ცემენტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრისას

ცხრილი N2.1

ქვიშის და ქვეყნის დასახელება	28 დღის შემდეგ სიმტკიცის ზღვარი კგ/სმ ² (მპა)	იმტკიცის ცვლილება სტანდარტულ ქვიშასთან მიმართებაში, %
სტანდარტული ქვიშა (საქართველო. რუსეთი)	521(52)	–
სტანდარტული ქვიშა (გერმანია)	650(65)	25
სტანდარტული ქვიშა (ჩეხეთი)	561(56)	8

რათა გამოირიცხოს ქვიშის თვისებების გავლენა ცემენტის ხარისხზე, სხვადასხვა ქვეყანაში შერჩეული იყო ცემენტის სტანდარტული გამოცდისას

საკუთარი სტანდარტული ქვიშა, რომელიც ერთ შემთხვევაში უკეთესია, ვიდრე სტანდარტული ქვიშა და მეორეში უარესი.

სტანდარტული ქვიშის გამოყენება კი ცემენტის ხარისხის პირობითი სიმტკიცის კრიტერიუმის მიღების საშუალებას იძლევა (ცხრ. 2, 3).

სხვადასხვა ქვეყანაში განსხვავებული მეთოდებით მიღებული ცემენტის სიმტკიცე

ცხრილი 2.2

ქვეყანა	პორტლანდცემენტი	ხსნარის ნაზავის სახეობა	სიმტკიცის ზღვარი							
			კუმშვისას				ღუნვისას			
			გამაგრების ხანგრძლივობა, დღე-ღამე							
			1	3	7	28	1	3	7	28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ინგლისი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	პლასტიკური	– 11 2	11 2 24 6	17 6 –	– –	– –	– –	– –	– –
ავსტრალია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	– –	17 5 28 1	24 6 38 7	316 45 7	– –	– –	– –	– –
ბულგარეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	– –	– 25 0	20 0 –	30 0 45 0	– –	– –	– –	– –
უნგრეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	– 25 0*	– –	20 0 40 0	28 0 50 0	– –	– –	– –	– 20 *
გერმანია	დაბალი სიმტკიცის ჩვეულებრივი მაღალი სიმტკიცის	პლასტიკური	– – 10 0	– 15 0 30 0	110 22 5 36 0	– – 25	– 3 0 5 0	2 5 4 0 6 0	50 6 0 7 0	– – –
იტალია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	– –	– 29 0	38 0 50 0	50 0 68 0	– –	– –	– –	– –

ნორვეგია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	- 25 0*	18 0 -	25 0 37 5	35 0 45 0	- -	- -	- -	- -
პოლონეთი	ჩვეულებრივი მალალგამმლე სიმტკიცის	პლასტიკური	- -	- 18 0	13 0 28 0	25 0 40 0	- -	- 3 5	30 45	50 65
ფინეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი დაბალთერმული	პლასტიკური	- 10 0 -	15 0 30 0	225 375 125	35 0 45 0 25 0	- 2 5	3 0 5 0	4 0 6 0 30	60 70 50
საფრანგეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი მაღალი სიმტკიცის	პლასტიკური	- 16 0*	- - -	160 315 215	25 0 40 0 34 0	- -	- -	- -	- -
ჩეხეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	- -	- 275	200 375	27 5 42 5	- -	- -	- -	- -
შვედეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი დაბალთერმული	პლასტიკური	- 15 0 -	- 32 5	250 400 150	40 0 50 0 27 5	- 3 0	- 6 0	45 65 30	65 70 50
იაპონია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	პლასტიკური	- 88	63 17 6	127 -	21 0 -	- -	- -	- -	- -
აშშ	ჩვეულებრივი მალმყარებადი დაბალთერმული. ზომიერად თერმული. სულფატის მიმართ ზომიერად მდგრადი. სულფატმდგრადი	პლასტიკური	- 88 - - - -	63 17 6 - 53 53 -	127 - 56 105 105 105	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -

სხვადასხვა ქვეყანაში მიღებული ცემენტის გამოცდის

მეთოდები

ცხრილი 2.3

ქვეყანა	პორტლანდცემენტი	დულაბის კონსისტენცია	გამოსაცდელი	წყლის შემცველობა, %		ფორმირების საშუალება	
				რვიანები და კოჭები	კუბები	რვიანები და კოჭები	კუბები
1	2	3	4	5	6	7	8
ინგლისი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	პლასტიკური	რვიანები და კოჭები	0.196+2,5	10	ხელით	ვიბრირება
ავსტრია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	კუბები	–	0.27–0.306	ხელით	დაწოლა 150 დარტყმა
ბულგარეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	რვიანები და კოჭები	8	8	დაწოლა 150 დარტყმა	დაწოლა 150 დარტყმა
უნგრეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	რვიანები და კოჭები	წ/ც–0,3	w/c –0,3	დაწოლა 120 დარტყმა	დაწოლა 150 დარტყმა
გდრ	დაბალისიმტციის ჩვეულებრივი მაღალი სიმტციის	პლასტიკური	კოჭები	15	–	ხელით	–
იტალია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	რვიანები და კოჭები	ვიკას სინჯით	–	დაწოლა 120 დარტყმა	დაწოლა 150 დარტყმა
ნორვეგია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	რვიანები და კოჭები	დაწოლა 90–100 დარტმულ	–	დაწოლა 150 დარტყმა	დაწოლა 150 დარტყმა
პოლონეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	პლასტიკური	კოჭები	15	–	ხელით	–

ფინეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი დაბალთერმული	პლასტიკური	კოჭები	14	–	ხელით	–
საფრანგეთი	ჩვეულებრივი მაღალი სიმტკიცის მალმყარებადი ზემტკიცე	პლასტიკური	რვიანები და კოჭები	11–12	11–12	ხელით, დარტყმის გარეშე	ხელით, დარტყმის გარეშე
ჩეხეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	ხისტი	რვიანები და კოჭები	90–100 დარტყმულ დარკწონუს ქტლუს გამიჟინვა	დატკეპნა 150 დარტყმა	დატკეპნა, 150 დარტყმა	
შვედეთი	ჩვეულებრივი მალმყარებადი დაბალთერმული	პლასტიკური	კოჭები	14	–	ხელით	–
იაპონია	ჩვეულებრივი მალმყარებადი	პლასტიკური	დუღაბის კოჭები, ფარდობითი 1–2	წ/ც–0.65	–	ხელით	–
აშშ	ჩვეულებრივი მალმყარებადი დაბალთერმული. ზომიერად თერმული. სულფატომედეგი.	პლასტიკური	რვიანები და კოჭები	ნ/4+6.5	1:2,75 დუღაბის გაზრდით	ხელით, ფენად	ხელით, ფენად კუბის წახნაგი 5.08 სმ

შენიშვნა: * ორი დღე–ღამის

ვინაიდან ცემენტის მარკა წარმოადგენს პირობით პარამეტრს, რომელიც არ ითვალისწინებს მისი სიმტკიცის ყველა თავისებურებას, თითოეულ ქვეყანაში მიღებული იყო ბეტონის სიმტკიცის და ცემენტის მარკას შორის ურთიერთდამოკიდებულების პრინციპები. ცემენტის გამოცდის მეთოდის ცვლა იწვევს ცემენტის სიმტკიცის ცვლასაც.

ცემენტის გამოცდა აუცილებელია ჩატარდეს სტანდარტული ქვიშის გამოყენებით. უნდა გვახსოვდეს, რომ ნებისმიერი ქვიშა, რომელიც სტანდარტულისგან განსხვავდება, გავლენას იქონიებს გამოცდის შედეგებზე.

კვარცის წვრილი ქვიშა ამცირებს ცემენტის მარკას, ხოლო სამთო მსხვილმარცვლოვანი ქვიშა პირიქით, ზრდის მას, ძველი სტანდარტი გვთავაზობდა ცემენტის მექანიკური გამოცდის უფრო მარტივ ხერხს, პლასტიკურ დუღაბში 1:3 შემადგენლობით, წყლის და ცემენტის ფარდობით 0,40, რაც ზუსტდება დუღაბის კონუსის პლასტიკურობით სტანდარტულ ვიბრომაგიდაზე. დუღაბის პლასტიკურობის ასეთი განსაზღვრისას კონუსს უნდა ქონდეს განშლა არაუმცირეს 105 მმ. 4×4×16 სმ. კოჭების ნიმუშების დამზადება პლასტიკური ნაზავისგან სტანდარტულ ვიბრომაგიდაზე და მისი შემკვრივება უფრო ადვილია, ვიდრე ხისტი დუღაბის 7.07×7.07×7.07 სმ ზომის კუბების კორპზე მომზადება, რაც ტარდებოდა 1967 წლამდე გოსტ. 310-60 გამოყენებისას.

ცემენტის სტანდარტული გამოცდისას აუცილებელია სტანდარტული აპარატურა და შესაბამისი ლაბორატორიული კვლევები: **ცემენტის დაფქვის სიწმინდის განსაზღვრა.** ცემენტის დაფქვის სიწმინდის განსაზღვრა წარმოებს საცრული ანალიზით, რისთვისაც იღებენ 50 გ სინჯს, გამომშრალს საშრობ კარადაში 1 სთ-ის განმავლობაში 105-110 °C. სინჯს ათავსებენ №008 საცერზე, რომელსაც ქვემოდან უკეთებენ ფსკერს, ხოლო ზემოდან აფარებენ ხუფს. საცერს ათავსებენ მექანიკურ გამცრელზე, სადაც ხდება გაცრა და დაფქვის სიწმინდის განსაზღვრა.

ცემენტის ცომის ნორმალურ სისქელეს განსაზღვრავენ ვიკას ხელსაწყოთა საშუალებით. ხელსაწყოში ნემსი შეცვლილია ლითონის ცილინდრული ღეროთი, რომლის დიამეტრი 10 მმ, ხოლო სიგრძე - 50 მმ. გამოცდის დაწყებამდე მოწმდება ვერტიკალური ღეროს თავისუფალი მოძრაობა, ცილინდრული ნაწილის სისუფთავე, ღეროს მდგომარეობა და ისრის ჩვენება. ეს უკანასკნელი უნდა უჩვენებდეს ნულს ღეროს ცილინდრული ნაწილის ფირფიტასთან შეხების მომენტში. ცემენტის ცომის

მოსაზეულად იღებენ 400გრ. ცემენტს უკეთებენ ღრმულს, რომელშიც ერთბაშად ასხამენ საცდელი მოზელისათვის საჭირო წყლის რაოდენობას. წყლის საორიენტაციო რაოდენობა აიღება 100- 112 სმ 3, ე.ი. ცემენტის მასის 25 – 28 %. წყლიან ღრმულში უნდა ჩაიყაროს ცემენტი ლითონის ფითხის დახმარებით, ხოლო 30 წმ-ის შემდეგ დაიწყოს მიღებული მასის არევა. რისთვისაც სფერული თასი პერიოდულად უნდა მობრუნდეს 90°. ცემენტის ცომის არევის პროცესი წყლის დასხმიდან გრძელდება 5 წთ-ის განმავლობაში, რის შემდეგ ცომს ერთჯერადი ჩასხმით ათავსებენ მინის ფირფიტაზე დადგუმ რგოლში, რომელსაც ხუთ-ექვსჯერ შეანჯღრევენ მაგიდაზე დარტყმით. რგოლს ათავსებენ ვიკას ხელსაწყოს მოძრავი ღეროს ქვეშ, რომელიც მოჰყავთ ცომის ზედაპირის შეხებამდე რგოლის შუა ნაწილში და ასეთ მდგომარეობაში ამაგრებენ დამჭერი ხრახნით, სწრაფად ათავისუფლებენ ვერტიკალურ ღეროს ცილინდრულ ნაწილთან ერთად და აძლევენ მას თავისუფლად ჩაძირვის საშუალებას ცემენტის ცომში 30 წთ-ის შემდეგ ხელსაწყოს სკალაზე აღნიშნავენ ცილინდრული ნაწილის ჩაძირვის სიდიდეს.

ცემენტის ცომის სისქელე ნორმალურად ითვლება, თუ ცილინდრული ღერო არ იძირება 5-7მმ. ფირფიტამდე. წინააღმდეგ შემთხვევაში ცვლიან აღებული წყლის რაოდენობას და იმეორებენ ცდას თავიდან.

წყლის ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ნორმალური სისქელის ცომის მისაღებად, გამოსახული პროცენტებში, ცემენტის მასიდან გამოიანგარიშება 0,25 %-ის სიზუსტით.

ცემენტის ცომის შეკვრის ვადების განსაზღვრა წარმოებს ვიკას ხელსაწყოს დახმარებით. ცილინდრული ღეროს ნემსით შეცვლა გამოიწვევს მოძრავი ღეროს მასის შემცირებას, რასაც ავსებენ დამატებითი ტვირთით. ეს უკანასკნელი თავსდება მოძრავი ღეროს თავზე ისე, რომ მოძრავი ღეროს მთლიანი მასა ნემსითა და ტვირთით შეადგენს 300 ±2 გ -ს. ცდის ჩასატარებლად ამზადებენ ნორმალური სისქელის ცემენტის ცომს, რომელსაც

ათავსებენ ლითონის რგოლში. ნემსი მოჰყავთ ცომის ზედაპირის შეხებამდე და ღეროს აძლევენ თავისუფალი ვარდნის საშუალებას. ცემენტის ცომში ნემსის ჩაყრისას აწარმოებენ ყოველ 10 წთ-ში. ცემენტის ცომის შეკვრის დასაწყისად ითვლება დროის ის მონაკვეთი წყალთან შერევის მომენტიდან, როდესაც ნემსი არ ჩავა ცემენტის ცომში ფირფიტამდე 1-2 მმ-ით, დასასრულად კი ის დრო, როდესაც ღერო არ ჩაიძირება ცემენტის ცომში 1-2 მმ-ზე მეტად.

ცემენტის სიმტკიცის მახასიათებლის განსაზღვრისათვის ამზადებენ საკონტროლო ძელაკებს ცემენტის დულაბისაგან შეფარდებით 1:3 (ერთი მასით ნაწილი ცემენტისა და სამი ნაწილი სტანდარტული ქვიშისაგან). წყლისა და ცემენტის მასითი ფარდობა უნდა იყოს არანაკლებ 0,4, ხოლო კონუსის განთხევა შესაძღრევ მაგიდაზე არანაკლებ 106- 115 მმ-ისა.

ა) ცემენტის დულაბის კონსისტენციის განსაზღვრა

ცემენტის დულაბის კონსისტენციის განსაზღვრისათვის იღებენ 1500 გ ქვიშას და 500 გრ ცემენტს. ჩაყრიან მათ მიქსერში და ერთმანეთში ურევენ 1 წთ განმავლობაში.

მიღებული მშრალი მასის შუაგულს ძაბრისებრ აღრმავებენ, შიგ ასხამენ 200 გრ. წყალს ($\eta/\zeta = 0,40$) და აყოვნებენ. შემდეგ საბოლოოდ ხდება მისი არევა 2,5 წთ. განმავლობაში არევის შემდეგ დულაბით ავსებენ კონუსყალიბს მასში ნარევის ყრიან თანაბარ ფენებად. თითოეული ფენა კონუსის სიმაღლის ნახევარია. კონუსი დადგმული უნდა იყოს სანჯღრევ მაგიდაზე.

დულაბის შემკვრივებას აწარმოებენ დახიმტვით უყანგავი ლითონის ღეროთი - ქვედა ფებას დახიმტავენ 15- ჯერ, ხოლო ზედას - 10 - ჯერ. დულაბის ჩაწყობის პროცესში საჭიროა კონუსის მიბჯენა მინის დისკოზე, რასაც კონუსზე ხელის დაწოლით ახდენენ.

ზედა ფენის შემკვრივების შემდეგ ზედმეტ დულაბს ჭრიან ლაბორატორიული დანით და უსწორებენ ზედაპირს. კონუსის ფრთხილი ვერტიკალური აწევით დულაბს ათავისუფლებენ და შეანჯღრევენ მაგიაზე

30-ჯერ, დაახლოებით 30 ± 5 წმ-ის განმავლობაში. კონუსის განთხევის სიდიდე იზომებ ქვედა ფუძის სიდიდის მიხედვით. იმ შემთხვევაში, თუ დუღაბის კონსისტენცია აღმოჩნდება 106 მმ-ზე ნაკლები, მაშინ საჭიროა განმეორებით მოიზილოს სასინჯი ცემენტი წყლის გადიდებული რაოდენობით, კონუსის განთხევის დიამეტრი 106-108 მმ-ის ფარგლებში იყოს. თუ კონუსის განთხევის სიდიდე აღმოჩნდება 115 მმ-ზე მეტი, მაშინ საჭიროა წყლის რაოდენობის შემცირება იმ ანგარიშიტ, რომ კონუსის განთხევის დიამეტრი 113 -115 მმ-ის ფარგლებში მიიღონ. **ძელაკის ნიმუშების დამზადება.**

ნიმუშის დასამზადებელ ზეთწასმულ ყალიბს ავსებენ დუღაბით დაახლოებით 1სმ-ის სიმაღლეზე და ჩართავენ ვიბრატორს. 2 წთ. განმავლობაში ფორმას ავსებენ დუღაბის მეორე ულუფით. ვიბრაციის დაწყებიდან სამი წუთის გავლის შემდეგ ვიბრაცია დამთავრებულად ითვლება. ნიმუშებს უსწორებენ ზედაპირს, ადებენ მარკას და ყალიბებიანად ინახავენ 24 ± 2 სთ განმავლობაში აბაზანაში. აღნიშნული დროის შემდეგ ახდენენ განყალიბებას და ნიმუშებს აწყობენ ავზში, ისე რომ ერთმანეთს არ ეხებოდნენ. რეკომენდირებულია, რომ ნიმუშების შესანახი წყალი გამოიცივლოს ყოველ 14 დღეში ერთხელ. გამოცდის წინა მომენტში წყლიდან ამოღებული ნიმუშები უნდა გამშრალდეს ჩვრით და არა უგვიანეს 1 საათისა მოხდეს მათი გამოცდა.

ხელსაწყო ცემენტის ხვედრითი ზედაპირის განსაზღვრისათვის ჰაერგამტარობის მეთოდით, ამრევი ცემენტის ცომის მოსამზადებლად, თასი და ნიჩაბი, შეჭიდების ვადების ავტომატური აღრიცხვის ხელსაწყო ან ვიკას ხელსაწყო რგოლებით, ავზი ცემენტის ცომის გამოცდისათვის მოცულობის ცვლის თანაზომიერების გასაგებად.

აბაზანების ნაკრები, მოთუთიებული ფოლადის ჰიდრავლიკური საკეტი ცემენტის შესანახად დროში: დუღაბის ასარევი მიქსერი; სარხევი მაგიდა და ფორმა-კონუსი დუღაბის პლასტიკურობის შესამოწმებლად; ფოლადის ყალიბი ნიმუშების მოსამზადებლად ზომით $4 \times 4 \times 16$ სმ;

ვიბრომაგიდა, სტანდარტული დუღაბის შემკვრივებისთვის; ხელსაწყო, კოჭების ღუნვაზე გამოცდისთვის, წნეხი, კოჭების ნახევრების კუმშვაზე გამოსაცდელად.

ზემოთ ჩამოთვლილი ხელსაწყოების და სხვადასხვა მოწყობილობების, ლაბორატორიული ჟურნალების, შესაბამისი ტემპერატურის და ტენიანობის მქონე სათავსოს გარეშე, შეუძლებელია ცემენტის პირობითი ხარისხის შესწავლაც კი.

ნებისმიერ შემთხვევაში, ლაბორატორიის თანამშრომელი რეგულარულად უნდა აწარმოებდეს დღე-ღამის განმავლობაში ჩანაწერებს სათავსოს ტემპერატურის შესახებ და უნდა უზრუნველყოს შენობაში ჰაერის საჭირო ფარდობითი ტენიანობა. სათავსო უნდა იყოს ჰერმეტიული, არალპობადი იატაკით, კედლებით, ჭერით და კარით.

N196-7 სტანდარტით ტერმინი „ცემენტის სინჯის“ დაზუსტება აუცილებელია, რომელსაც იღებენ ლაბორატორიული კვლევისას, ვინაიდან არის შემთხვევები სხვა სინჯების გაგზავნის, რომლებიც არ წარმოადგენდა გამოგზავნილი ცემენტის პარტიას. შესაძლებელია საგამოცდოდ გამოყენებულ იქნას ზედა ფენის ცემენტი, რომელიც უფრო მაღალი ჰიდრატაციით გამოიჩევა, ვიდრე ქვემო ფენის ცემენტი, რომელიც ზემო ფენებით იყო დაცული ტენიანი ჰაერის ზემოქმედებისგან. შესაძლებელია სინჯად არა იმ პარტიის ცემენტის გაგზავნა, რომლის ხარისხის გადამოწმება ან მისი განსაზღვრა უნდა მომხდარიყო, რადგან მშენებლობაზე არ იყო შემოსული აუცილებელი ინფორმაცია ქარხნიდან. ამიტომ ლაბორატორიას და ტექნიკური მომარაგების განყოფილებას უნდა გააჩნდეს აღრიცხვის ჟურნალი. ყოველ საწყობს უნდა ქონდეს ნომერი და ნაკვეთურების გეგმა, ცემენტის შენახვის ბუნკერები. ჟურნალში, რომელთაგან ერთი ინახება ლაბორატორიაში და მეორე კი ტექნიკური მომარაგების განყოფილებაში აღრიცხული უნდა იყოს ცემენტის შემოტანის და გამოყენების ყველა ინფორმაცია. მკაცრი აღრიცხვიანობა საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ შეცდომები არასტანდარტული ცემენტის გამოცდისას.

ლაბორატორიას შეუძლია ცემენტი მიიღოს გამოსაცდელად მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ნათლად სჩანს სინჯის „წარმომავლობა“ ანუ სასინჯად გამოგზავნილი ცემენტით შეიძლება მთელი პარტიის ხარისხის შეფასება. შემოსული ცემენტის საბუთები უნდა ინახებოდეს ლაბორატორიის ცალკე საქაღალდეში. აქვე უნდა იყოს ცემენტზე ყველა დამატებითი ინფორმაცია, რომელიც მიღებულია ცემენტის ქარხნიდან, აგრეთვე მიმდინარე კორესპონდენციები, რომლებიც დაკავშირებულია ცემენტის ხარისხთან. მიღების, შენახვის, მიმდინარე გამოცდების შესახებ, რომლებიც განხორციელებულია ლაბორატორიის მიერ. ინფორმაციაზე უნდა არსებობდეს მკაცრი წესრიგი, რაც უზრუნველყოფს არა მარტო სამუშაოების ჩატარების მაღალ დონეს, აგრეთვე ცემენტის რაციონალურ გამოყენებას. მონოლითურ ბეტონში გამოყენებული პორტლანდცემენტების გამოცდა რეკომენდებულია ჩატარდეს ისე, რომ არ გამოიყენებოდეს დაჩქარებული გამაგრების რეჟიმი. უკიდურეს შემთხვევაში, ნებადართულია განისაზღვროს ცემენტის და ბეტონის სიმტკიცის გარდამავალი კოეფიციენტები.

ა. ცემენტებისადმი წარდგენილი ტექნიკური მოთხოვნები, გამოცდის მეთოდები ევროპულ ნორმებთან შესაბამისობით

დიდი ხანი არ არის მას შემდეგ რაც მთელ რიგ ევროპულ ქვეყნებში მოქმედებდა ცემენტების სხვადასხვა კლასიფიკაცია, ნივთიერი შედგენილობის, სიმტკიცის, გამაგრების სიჩქარის მიხედვით და რეგლამენტირებული იყო მათი არსებითი განსხვავებები, რაც აძნელებდა ამ სტანდარტით გამოშვებული ცემენტების ხარისხის შეპირისპირებას. ამასთან დაკავშირებით ევროპის სტანდარტიზაციის კომიტეტმა (CEN) მიიღო სტანდარტი EN197 ცემენტი, რომელიც აწესებს ევროპის გაერთიანების (EC) ყველა ქვეყნის ერთიან კლასიფიკაციას. ტექნიკურ მოთხოვნებს და სტანდარტით დადგენილი ცემენტის ხარისხის შესაბამისობას.

სხვადასხვა ცემენტების დიდი რაოდენობის გამო, სპეციალისტებმა გადაწყვიტეს გამოეყოთ „ჩვეულებრივი ცემენტები“ სპეციალური ცემენტებიდან, ე.ი. დამატებითი ან სპეციალური თვისებების

ცემენტებისაგან. სუპერპლასტიფიკატორის საფუძველზე მიღებული კომპლექსური დანამატი, IV თაობის რთული მრავალკომპონენტური კომპლექსური დანამატი. შედგენილობა, მოთხოვნების და კრიტერიუმების შესაბამისობები ჩვეულებრივი ცემენტებისათვის მოცემულია EN197-1-ში. მოცემული სტანდარტი მოიცავს ყველა ჩვეულებრივ ცემენტს და ჩვეულებრივ დაბალთერმულ ცემენტებს, რომლებიც აღწერილია ნაციონალური შესაბამისი სტანდარტიზაციის ორგანიზაციების მიერ, CEN-ის ფარგლებში, როგორც ტრადიციული და საიმედო.

ბ. ცემენტებისადმი წარდგენილი ტექნიკური მოთხოვნები

ცემენტები უნდა შეესაბამებოდეს EN 197-1-ით დადგენილ მოთხოვნებს.

ტექნიკური მოთხოვნები წარედგინება შემდეგ მაჩვენებლებს:

- ცემენტების მინერალოგიურ შედგენილობას;
- ცემენტების შედგენილობაში შესულ მასალებს;
- ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, მათ შორის სიმტკიცეს, შეკვრის ვადებს, მოცულობის ცვლილების თანაბარზომიერებას;
- ქიმიურ მაჩვენებლებს.

მოთხოვნები, წარდგენილი ცემენტების მინერალოგიური შედგენილობისადმი და მასალებისადმი, რომლებიც ამ შედგენილობაშია ცემენტების ნივთიერი შედგენილობა განისაზღვრება შემდეგი მონაცემებით:

- ძირითადი შედგენილობა პორტლანდცემენტის კლინკერით და მინერალური დანამატებით;
- კალციუმის სულფატით;
- არაძირითადი (დამატებითი) შემადგენლობით არაორგანული ბუნებრივი ან ხელოვნური მასალებით;

• ორგანული დანამატებით.

EN 197-1-ის შესაბამისად არსებობს ჩვეულებრივი ცემენტების ოჯახის 27 პროდუქტი. ისინი იყოფიან ცემენტის 5 ჯგუფად შემდეგნაირად:

CEM I პორტლანდცემენტი

CEM II პორტლანდცემენტი მინერალური დანამატებით

CEM III წიდაპორტლანდცემენტი

CEM IV პუცოლანური ცემენტი

CEM V კომპოზიციური ცემენტი

ჩვეულებრივი ცემენტების ოჯახის 27 პროდუქტიდან თითოეულის შედგენილობა უნდა შეესაბამებოდეს ცხრ. 2.4.

ჩვეულებრივი ცემენტების შედგენილობისადმი წარდგენილი მოთხოვნები
EN 197-1-თან შესაბამისობით

ცხრილი 2.4.

ძირითადი ტიპები	27 პროდუქტის აღნიშვნა (ჩვეულებრივი ცემენტის ტიპები)	შედგენილობა (მასითი შემცველობა პროცენტებში)*											არაძირითადი (დამატებითი შემდგენლები)	
		ძირითადი შემადგენლები												
		კლინკერი	ბრძმედის წილა	კაჟმიწის მტვერი	პუცოლანი		წანატაც-ნაცარი		გამომწვარი ფიქალი	კირქვა				
					ბუნებრივი	ბუნებრივი კალციური-	კაჟმიწიანი	კირიანი						
K	S	D**	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	პორტლანდ-ცემენტი	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	წიდაპორ-ტლანდცე-მენტი	CEM II /A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEMII /B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	პორტლანდ-ცემენტი კაჟმიწა მტვერის დანამატით	CEMII /A-D	80-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	პუცოლანუ-რი პორტ-ლანდცე-მენტი	CEMII /A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5

		CEMII /B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEMII /A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEMII /B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	პორტლანდ-ცემენტი წანატაც- ნაცრის დანამატით	CEMII /A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-
		CEMII /B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-
		CEMII /A-W	65-79	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-
		CEMII /B-W	80-94	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-
	პორტლანდ-ცემენტი გამომწვარი თაბაშირის დანამატით	CEMII /AT	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-
		CEMII /BT	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CEMII	პორტლანდ-ცემენტი კირქვის დანამატით	CEMII/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-
		CEMII/ B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-
		CEMII/ A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-
		CEMII/ B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-
	კომპოზი-ციური	CEMII/ A-M	80-94	60-20									-
		CEMII/ B-M	65-79	21-35									-
CEMIII	წიდაპორ-ტლანდცე-მენტი	CEMIII/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		CEMIII/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-

		CEMIII/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CEMIV	პუცოლა-ნური ცემენტი	CEMIV/A	65-89	-	11-35			-	-	-	-	0-5	
		CEMIV/B	45-64	-	36-55			-	-	-	-		
CEMV	კომპოზი-ციური ცემენტი	CEMV/A	40-64	18-30	-	18-30		-	-	-	-	-	
		CEMV/B	28-38	31-50	-	31-50		-	-	-	-	-	

მოთხოვნები მასალებისადმი. ძირითადი შემადგენლები:

CEM – ცემენტი, შეესაბამება EN 197-1 სტანდარტს, წყალთან და შემცვლებთან არევისას უნდა წარმოქმნას ისეთი ბეტონის ნარევი ან სამშენებლო დუღაბი, რომელმაც საკმარისი დოზით უნდა შეინარჩუნოს ადვილჩაწყობადობა, გარკვეული პერიოდის გასვლის შემდეგ მიიღოს გარკვეული დონის სიმტკიცე, გარდა ამისა, უნდა ჰქონდეს მოცულობის თანაბარზომიერების უნარი.

ცემენტის გამაგრება ხდება ძირითადად კალციუმის სილიკატების ჰიდრატაციის შედეგად, მაგრამ გამაგრების პროცესში შეიძლება მონაწილეობა მიიღოს სხვა ქიმიურმა ნაერთებმაც, მაგალითად, ალუმინატებმა. ცემენტში ქიმიურად აქტიური კალციუმისა (CaO) და კაჟმიწის (SiO₂) პროცენტული შემცველობა მასის 50%-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

* ცხრილის მაჩვენებლები ეკუთვნის ძირითად და არაძირითად დამატებით შემადგენლებს.

** წმინდა კაჟმიწა მტვერის დოზირება შეზღუდულია 10%.

** კომპოზიციურ პორტლანდცემენტებში CEM II/A-M, CEM II/B-M, პუცოლანურ ცემენტებში CEM IV/A და CEM IV/B და კომპოზიციურ ცემენტებში CEM V/A, CEM V/B კლინკერისაგან განსხვავებული ძირითადი შემადგენლობები ნაჩვენებია უნდა იყოს ცემენტის აღნიშვნაში.

K პორტლანდცემენტის კლინკერი მასის მიხედვით, უნდა შედგებოდეს არანაკლებ ორი მესამედისა კალციუმის სილიკატებისაგან (3CaOSiO₂ და 2CaOSiO₂), დანარჩენი კი ალუმინ და რკინაშემცველ კლინკერის ფაზისაგან და სხვა ნაერთებისაგან. მასითი თანაფარდობა (CaO/SiO₂) უნდა იყოს 2-ზე არანაკლები. მაგნიუმის ოქსიდის (MgO) შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს მასის 5%.

S გრანულირებული ბრძმედის წიდის მასითი წილის ორი მესამედი უნდა შედგებოდეს კალციუმისა (CaO), მაგნიუმისა (MgO) და კაჟმიწის (SiO₂) ოქსიდებისაგან, დარჩენილი ნაწილი ალუმინის ოქსიდისა (Al₂O₃), სხვა

მცირე რაოდენობის ნაერთებისგან. მასითი თანაფარდობა $(CaO+MgO)/SiO_2$ მეტი უნდა იყოს ერთზე.

P.Q – პუცოლანური შემკვრელები არის ბუნებრივი კაჟმიწისა ან კაჟმიწა – თიხამიწის შედგენილობის. ნორმალურ ტემპერატურაზე წყალთან შერევისას წმინდად დაფუჭული პუცოლანები რეაქციაში შედიან კალციუმის ჰიდროქსიდთან $Ca(OH)_2$ და ქმნიან სილიკატებს და კალციუმის ალუმინატებს, რომლებიც დროთა განმავლობაში მაგრდებიან და თანდათან იკრებენ სიმტკიცეს. პუცოლანური ნივთიერებები ძირითადად შედგებიან ქიმიურად აქტიური კაჟმიწისგან (SiO_2) და ალუმინის ოქსიდისაგან (Al_2O_3). დანარჩენი ნაწილი კი შეიცავს რკინის (Fe_2O_3) და სხვა ოქსიდებს. ქიმიურად აქტიური SiO_2 შემცველობა არ უნდა იყოს 25%-ზე ნაკლები. ქიმიურად აქტიური კალციუმის ოქსიდი (CaO) მასში ძალიან ცოტაა.

P – ბუნებრივ პუცოლანებს, აქვთ ვულკანური ან დანალექი წარმოშობა შესაბამისი ქიმიური შედგენილობით.

Q – ბუნებრივი ვულკანური წარმოშობის კალცინირებული პუცოლანები და ასევე თერმული დამუშავებით გააქტიურებული, ფიქალები და დანალექი ქანები.

V, W – წანატაც-ნაცარი მიიღება მტვროვანი ნახშირის ლუმელიდან ამომავალი აირების ელექტროსტატიკური ან მექანიკური დალექვის შედეგად. შედგენილობის მიხედვით არის კაჟმიწისა და კირქვის წანატაც-ნაცარი.

V – კაჟმიწის წანატაც ნაცარი შედგება ძირითადად ქიმიურად აქტიური კაჟმიწის დიოქსიდისა (SiO_2) და ალუმინის ოქსიდისაგან (Al_2O_3). დარჩენილი ნაწილი შეიცავს რკინის ოქსიდს (Fe_2O_3) და სხვა ნაერთებს. ქიმიურად აქტიური SiO_2 უნდა იყოს მასის არანაკლებ 25%. თავისუფალი კალციუმის ოქსიდის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს მასის 1%.

W – კირქვიანი წანატაც-ნაცარი შედგება, ძირითადად ქიმიურად აქტიური კალციუმის ოქსიდისა და ქიმიურად აქტიური სილიციუმის და ალუმინის ოქსიდებისგან (Al_2O_3). დარჩენილი ნაწილი შეიცავს რკინის

ოქსიდს (Fe_2O_3) და სხვა ნაერთებს. ქიმიურად აქტიური კალციუმის ოქსიდი უნდა იყოს მასის არანაკლებ 10%. კირქვიანი წანატაც-ნაცარი, რომელიც შეიცავს მასის 10%-დან 15%-მდე ქიმიურად აქტიურ CaO , ასევე უნდა შეიცავდეს ქიმიურად აქტიურ SiO_2 , მასის არანაკლებ 25%-ის რაოდენობით.

T – გამომწვარი ფიქალი შეიცავს კლინკერის მინერალებს, ძირითადად ორკალციუმიან სილიკატს 2CaOSiO_2 და ერთკალციუმიან ალუმინატს CaOAl_2O_3 . ასევე შეიცავს აქტიურ კაჟმიწის დიოქსიდს (SiO_2) და მცირე რაოდენობით თავისუფალ კალციუმის ოქსიდსა და კალციუმის სულფატს.

L, LL – კირქვამ უნდა დააკმაყოფილოს შემდეგი მოთხოვნები:

ა) კალციუმის კარბონატის (CaCO_3) შემცველობა არ უნდა იყოს მასის 75%-ზე ნაკლები;

ბ) თიხის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 1,2%.

ორგანული ნახშირბადის (TOC – Total organic carbon) შემცველობა არ უნდა იყოს მეტი:

LL: მასის 0,20%;

L: მასის 0,50%.

D – წმინდა კაჟმიწის მტვერი წარმოიქმნება რკალურ ელექტროლუმელში მაღალი სისუფთავის კვარცის ნახშირბადით აღდგენისას, კაჟბადის და ფეროსილიკონის ნადნობის წარმოების დროს და შედგება არანაკლებ მასის 85% ძალიან წმინდა ამორფული კაჟმიწის (SiO_2) სფერული ნაწილაკებისაგან.

კალციუმის სულფატი

კალციუმის სულფატი ემატება ცემენტს დაფქვის დროს, შეკვრის ვადების რეგულირებისათვის. კალციუმის სულფატი შეიძლება იყოს ბუნებრივი ორწყლიანი თაბაშირი ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ნახევარწყლიანი თაბაშირი ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) ან ანჰიდრიდი (უწყლო თაბაშირი CaSO_4) ან მათი ნებისმიერი ნარევი.

არაძირითადი (დამატებითი) შემადგენლები

არაძირითადი (დამატებითი) შემადგენლობები შეიცავს არაორგანულ ბუნებრივ მასალებს, ასევე მინერალურ მასალებს, რომელიც მიიღება კლინკერის წარმოების პროცესში.

არაძირითადი შემადგენლები აუმჯობესებენ ცემენტის ფიზიკურ თვისებებს (როგორცაა ადვილჩაწყობადობა ან წყალშეკავების უნარი). ის შეიძლება იყოს ინერტული, ან ქონდეს მცირე ჰიდრავლიკური, ფარული ჰიდრავლიკური ან პუცოლანური თვისებები.

ორგანული დანამატები

ორგანული დანამატები ცემენტში შეაქვთ მისი თვისებების გასაუმჯობესებლად. ორგანული დანამატების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს მასის 0,5%, მშრალ ნივთიერებაზე გაანგარიშებით.

ამ დანამატებმა ხელი არ უნდა შეუწყონ არმატურის კოროზიის განვითარებას და არ უნდა გააუარესონ ცემენტის ან ბეტონის ან სამშენებლო დუღაბის თვისებები.

გ. ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მოთხოვნები ცემენტებისადმი

EN 197-1-ის შესაბამისად ცემენტები იყოფა კლასებად 32,5; 42,5; 52,5 28 დღ/დ ნიმუშების კუმშვის სიმტკიცის მიხედვით. გამაგრების სიჩქარის მიხედვით თითოეულ კლასში გამოყოფენ ნორმალურ გამაგრებად N და ჩქარა გამაგრებად R ცემენტებს. გარდა ამისა ცემენტის თითოეულ კლასს წაეყენება მოთხოვნები შეკვრის ვადებზე და მოცულობის ცვლილების თანაბარზომიერებაზე (ცხრ. 2.5.)

ცხრილი 2.5.

ცემენტის სიმტკიცის კლასი	კუმშვის სიმტკიცე მგპა, ასაკში		შეკვრის დასაწყისი წთ, არაუადრეს	მოცულობის ცვლილების თანაბარზომიერე- ბა (გაფართოება) მმ, არაუმეტეს	
	სიმტკიცე ჩქარა გამაგრებისას				სიმტკიცე სტანდარტული გამაგრებისას
	2 დღ.	7 დღ.			
			28 დღე		

	არანაკ- ლებ	არანაკ- ლებ	არანაკ- ლებ	არა- უმეტეს		
32,5N	–	16	32,5	52,5	75	10
32,5R	10	–				
42,5N	10	–	42,5	62,5	60	
42,5R	20	–				
52,5N	20	–	52,5	–	45	
52,5R	30	–				

დაბალთერმულ ცემენტებს (ცემენტები დაბალი თბური ჰიდრატაციით) წარედგინებათ მოთხოვნები გამაგრების დროს გამოყოფილ სითბოს რაოდენობაზე: ჩვეულებრივი დაბალთერმული ცემენტების ჰიდრატაციის სითბო არ უნდა აღემატებოდეს 270 ჯ/გ (განისაზღვრება EN 196-8-ის შესაბამისობით 7 დღის შემდეგ ან EN 196-9-ის შესაბამისობით 41 საათის შემდეგ).

ცემენტების ქიმიური მაჩვენებლებისადმი მოთხოვნები წარ-მოდგენილია ცხრ. 2.6.-ში.

ცემენტებისადმი წარდგენილი ქიმიური მოთხოვნები

ცხრილი 2.6.

თვისებები		ცემენტის ტიპი	სიმტკიცის კლასი	მოთხოვ- ნები*
ხურებიითი დანაკარგები	EN196-2	CEM I	ყველა	≤5,0%
		CEM III		
უხსნადი ნარჩენი	EN196-2**	CEM I	ყველა	≤5,0%
		CEM III		
სულფატების შემცველობა (SO ₃ -ის სახით)	EN196-2		32,5N	≤3,5%
		CEM I	32,5R	
		CEM II	42,5N	
		CEM IV	42,5R	≤4,0%
		CEM V	52,5N	
			52,5R	
		CEM III***	ყველა	

ქლორიდების შემცველობა	EN 196-2	ყველა****	ყველა	≤0,10%
პუცოლანური თვისებები	EN 196-5	CEM IV	ყველა	აკმაყოფილებს გამოცდას

* – მოთხოვნები მოცემულია ცემენტის მასის პროცენტული შემცველობის სახით.

** – მარილმჟავაში და ნატრიუმის კარბონატში უხსნადი ნარჩენის განსაზღვრა.

*** – CEM III/C ტიპის ცემენტი შეიძლება შეიცავდეს 4,5%-მდე სულფატს.

**** – CEM III ტიპის ცემენტი შეიძლება შეიცავდეს 10%-ზე მეტ ქლორიდს, მაგრამ ამ შემთხვევაში ქლორიდის მაქსიმალური შემცველობა უნდა აღნიშნული იყოს შეფუთვაზე, ან სატრანსპორტო ზედნაღებზე.

ცემენტების პირობითი აღნიშვნები

EN 197-1-ის შესაბამისობით ცემენტის აღნიშვნები შედგება:

- ცემენტის დასახელებიდან;
- არსებული სტანდარტის აღნიშვნისაგან;
- ცემენტის ტიპის აღნიშვნისაგან ცხრ. 3.1-ის მიხედვით;
- ცემენტის სიმტკიცის კლასებიდან: 32,5; 42,5; 52,5;
- გამაგრების სიჩქარის მითითებით: ნორმალური ან ჩქარა გამაგრებისას უნდა დაემატოს შესაბამისად ასო N ან R; ჩვეულებრივი დაბალეგზოთერმული ცემენტი დამატებით უნდა აღინიშნოს LH ასოებით.

ცემენტების პირობითი აღნიშვნის მაგალითები:

- პორტლანდცემენტი, EN 197-1-ის შესაბამისობით, სიმტკიცის კლასით 42,5 და გამაგრების მაღალი სიჩქარით.

პორტლანდცემენტი EN 197-1 – CEM I 42,5R

- პორტლანდცემენტი კირქვის დამატებით, მასის 6-დან 20%-მდე კირქვის შემცველობით. TOC (ორგანული ნახშირბადის) არანაკლებ მასითი 0,50%-ის შემცველობით (L), სიმტკიცის კლასით 32,5 და გამაგრების ჩვეულებრივი სიჩქარით:

პორტლანდცემენტი კირქვის დანამატით EN 197-1 – CEMII/A-L 31,5N.

- კომპოზიციური პორტლანდცემენტი, ჯამში შეიცავს გრანულირებულ ბრძმედის წიდას (S), კაჟმიწა წანატაც-ნაცარს (V) და კირქვას (L) მასის 6-დან 20%-მდე, აქვს სიმტკიცის 32,5 კლასი და გამაგრების მაღალი სიჩქარე;

კომპოზიციური პორტლანდცემენტი EN 197-1 – CEM II/A-M (S-V-L)32,5R.

- კომპოზიციური ცემენტი, შეიცავს მასის 1-დან 30%-მდე გრანულირებულ ბრძმედის წიდას (S), მასის 18-დან 30-მდე კაჟმიწა წანატაც-ნაცარს (V), აქვს სიმტკიცის 32,5 კლასი, გამაგრების ჩვეულებრივი სიჩქარით.

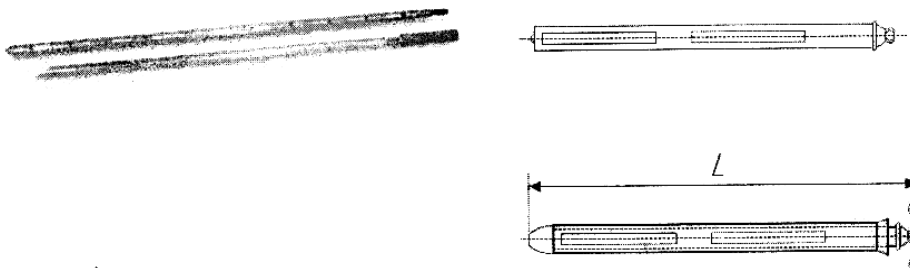
კომპოზიციური ცემენტი EN 197-1 – CEM V/A (S-V) 32,5N:

- წიდაპორტლანდცემენტი, შეესაბამება EN 197-1, შეიცავს მასის 66-დან 80%-მდე გრანულირებულ ბრძმედის წიდას (S) აქვს სიმტკიცის კლასი 32,5, გამაგრების ჩვეულებრივი სიჩქარე და ჰიდრატაციის დაბალი ტემპერატურა, აღინიშნება შემდეგნაირად:

წიდაპორტლანდცემენტი EN 197-1 – CEM-III/B 32,5N-LH.

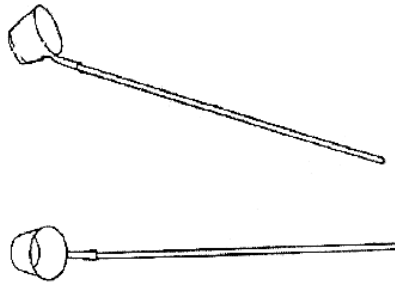
ცემენტის გამოცდის მეთოდები სინჯის შერჩევა. ცემენტის გამოსაცდელი სინჯის შერჩევა ხდება EN 196-7-ის შესაბამისობით, სპეციალური ხელსაწყოს – სინჯამლების დახმარებით (ნახ. 3.1-3.5).

სინჯამლების სახეობაზე დამოუკიდებლად არ დაიშვება ლაბორანტი. სინჯის აღება ხდება ცემენტის ქვედა ან ზედა ფენებიდან. ფენის სისქე უნდა იყოს არანაკლებ 15 სმ. თითოეული ლაბორატორიული ნიმუშის (ან განმეორებითი გამოცდისათვის ან საკონტროლო ნიმუშის) მასა უნდა იყოს არანაკლებ 5 კგ. შესაბამისობაზე (ერთეული ან შერეული ნიმუშის) შეფასების ჩასატარებლად აღებული ცემენტის რაოდენობა (Q) უნდა იყოს 40-50 კგ.

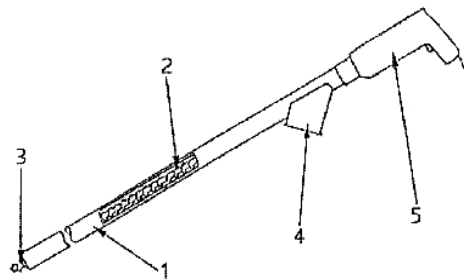


ნახ. 2.5. ცემენტის სინჯამლები დიდი ტევადობიდან (ვაგონი, ცემენტშიდი და ა.შ.) სიგრძე L = 1000 – 2000 მმ;

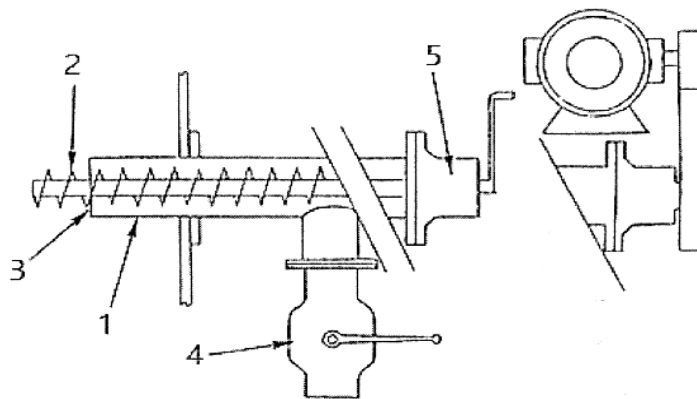
დიამეტრი 40მმ



ნახ. 2.6. სინჯის ასაღები ჩამჩა: დიამეტრი – 200 მმ, სიღრმე – 150 მმ, სახელურის სიგრძე – 180 მმ

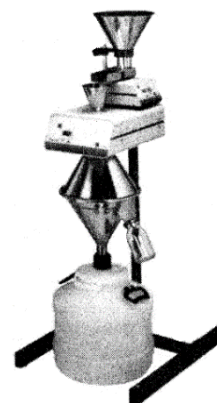
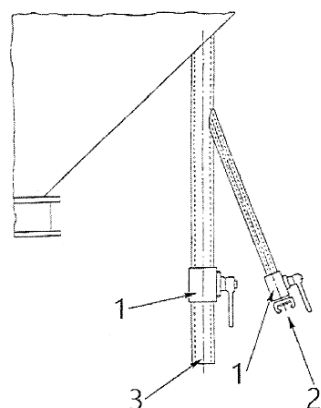


ნახ. 2.7. მექანიკური შნეკური სინჯამღები:
1 – 60 მმ დიამეტრის მილი; 2 – შნეკი; 3 – შნეკის ბოლო, რომელიც ცემენტში ჩაძირვისას მოქმედებს როგორც წერტილოვანი ზონდი; 4 – განმტვირთი ღარი; 5 – ელექტროპრავი; საერთო სიგრძე დაახლოებით 2000 მმ.



ნახ. 2.8. სტაციონარული მექანიკური შნეკური სინჯამღები:
1 – მილი; 2 – შნეკი; 3 – ცემენტის შესასვლელის ხვრეტი; 4 – განმტვირთავი ღარი; 5 – მრუდკოტა სახელური (ან

ალტერნატიული ელექტროძრავის ამბრავი



ნახ. 2.9. სილოსიდან სინჯის

ნახ. 2.10. სინჯგამყოფი

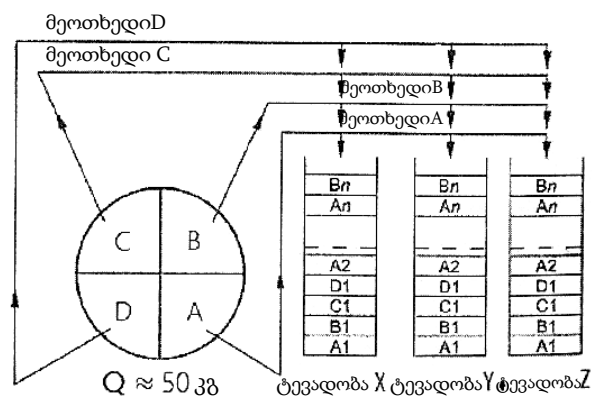
აღებისათვის განკუთვნილი სინჯამღები: 1 – 1/4-ზე მბრუნავი ონკანი; 2 – რეზინის მაერთებელი მილყელი შეკუმშული ჰაერისათვის (3 ბარი); 3 – განმტვირთავი ღარი

სინჯის აღების შემდეგ მისი ჰომოგენიზაციისათვის გამოიყენება სუფთა ხელსაწყოები, რომლებიც არ ურთიერთქმედებენ ცემენტთან. ჰომოგენიზაცია ტარდება შემრევის საშუალებით. შეიძლება სინჯის შერევა ხელის ნიჩბით, თუ ცემენტს წინასწარ დავეყრით მშრალ სუფთა ქსოვილზე ან პლასტმასის აფსკზე; ამასთან ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა უნდა იყოს 85%-ზე ნაკლები, აუცილებელია გამოირიცხოს სინჯზე ქარის, წვიმის, თოვლის ან მტვერის ზემოქმედების ნებისმიერი რისკი.

ჰომოგენიზაციის შემდეგ ანაწილებენ ლაბორატორიული და საკონტროლო ნიმუშებისათვის საჭირო რაოდენობის სინჯს, ამისათვის იყენებენ ან სინჯგამყოფს (ნახ. 3.6), ან სინჯის რაოდენობის ოთხად დაყოფის მეთოდს. მეორე შემთხვევაში სინჯის აღება ხდება კოვზით, შესაბამისად 0,5 კგ ყველა მეოთხედიდან, თანმიმდევრულად ათავსებენ რა აღებულ რაოდენობას ლაბორატორიული ან საკონტროლო ნიმუშებისათვის მომზადებულ ჭურჭელში: პირველად ერთი კოვზი A-დან, შემდეგ B-დან, შემდეგი კოვზი C-დან და შემდეგი D-დან.

ამ პროცედურას აგრძელებენ მანამ, სანამ თითოეულ ჭურჭელში არ აღმოჩნდება საჭირო რაოდენობის ცემენტი (არანაკლებ 5 კგ) (ნახ. 3.7).

ასეთი სახით მომზადებული თითოეული ლაბორატორიული (ან საკონტროლო) ნიმუში იფუთება და ინახება მტკიცე ტომარაში, ქილაში ან ჭურჭელში. შესაფუთი მასალა ისეთი მასალისადაც უნდა იყოს დამზადებული, რომელიც არ იმოქმედებს ცემენტზე და არ ექვემდებარება კოროზიას. ნიმუშების შესანახი ჭურჭელი უნდა იყოს მშრალი, ჰერმეტიკული და სუფთა.



ნახ. 2.11. ლაბორატორიული ნიმუშების მომზადება 4 ნაწილად დაყოფის მეთოდით: X, Y, Z - ლაბორატორიული ჭურჭელი

ჰაერის გავლენის ასაცილებლად აუცილებელია ჭურჭლის შეძლებისგვარად მთლიანი შევსება, სახურავი კი უნდა დავხუფოთ მწებავი ლენტით.

ჭურჭელი ან პლასტმასის ტომრები შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ შემდეგი შეზღუდვებისას:

- შენახვის ხანგრძლივობა არ უნდა აღემატებოდეს 3 თვეს;
- აფსკის სისქე, რომლისაგანაც ის მზადდება უნდა იყოს არანაკლებ 100 მკმ;
- არ დაიშვება, რომ გამოყენებულმა პლასტმასამ, ცემენტში ჰაერჩათრევა გამოიწვიოს.

ნიმუშები უნდა ინახებოდეს არანაკლებ 30°C ტემპერატურაზე.

თავი 3. ექსპერიმენტული სამუშაოს მეთოდика

სადისერტაციო ნაშრომისათვის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სასწავლო-სამეცნიერო კვლევით ლაბორატორიაში ჩატარებულია ცდები ცემენტის მარკის დასადგნად ადგილობრივ ქვიშაზე. ქვემოთ მოყვანილია ნიმუშებზე ჩატარებული ცდების შედეგები:

3.1 ცემენტის ფიზიკური-მექანიკური კვლევები

1. ცემენტის დაფქვის სიწმინდის განსაზღვრა (ნარჩენი საცერზე) EN 196-6-10 -ის მიხედვით 5,33 %-ს;
2. ცემენტის ნორმალური ცომის სისქის განსაზღვრა გოსტ 310.3-76 მიხედვით 28%-ს;
3. ცემენტის შეკვრის ვადების განსაზღვრა (დასაწყისი და დასასრული) EN 196-3-2005 მიხედვით დაწყება 45 წთ და დასრულება 10სთ;
4. ცემენტის სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე და კუმშვაზე EN 196-1-2016 მიხედვით მოყვანილია ცხრილ 3.1-ში.

ცხრილი 3.1

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,040	0,055	0,073	0,066	0,068	0,071	28,98	29,27	44,31	41,10	76,48	75,84	77,16	84,96	63,42	76,45	75,36	75,04	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,71	6,37	8,61	7,81	8,04	8,32	18,1	18,3	27,7	25,7	47,8	47,4	48,2	53,1	49,6	47,8	47,1	46,9	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასამუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,71	6,37	8,19				18,2		26,7		48,5								

დასკვნა: ევროპული სტანდარტის ცემენტი EN 196-1:2016 მოთხოვნების თანახმად, სამშენებლო სარემონტო სამუშაოებისათვის ვარგისია, თუ ცემენტების სიმტკიცე კუმშვაზე აღემატება 32,5 მპა-ს. როგორც ვხედავთ ამ კრიტერიუმის გათვალისწინებით ჩვენი ცემენტის სიმტკიცე 28 დღ/ღ-ზე შეადგენს 48.5 მპა-ს.

3.2 საქართველოში არსებული კარიერების მიერ წარმოებული ქვიშის თვისებების კვლევა

1. ანაწურის კარიერის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

1.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=3,2\%$.

1.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_s= 2,75$ გ/სმ³.

1.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{nq}= 1.47$ გ/სმ³.

1.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V = (1 - \rho_{nq}/\rho_s)100 = 46,6 \%$

1.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 1,90%-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%

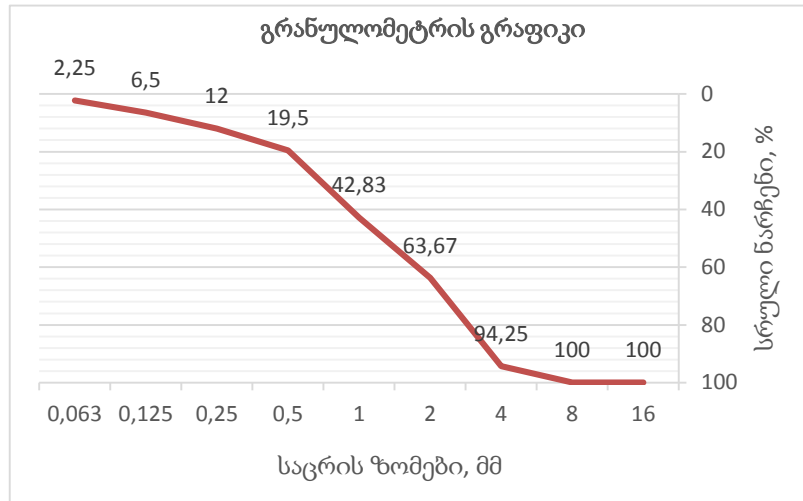
1.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება

ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე ცხრილი 3.2.

ანაწურის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრია

ცხრილი 3.2

საწყისი მასა $M_1= 586.5$ გრ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	586.5	561	528	483	343	218	34.5	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	97.75	93.50	88.00	80.50	57.17	36.33	5.75	0	0
სრული ნარჩენი, %	2.25	6.50	12.00	19.50	42.83	63.67	94.25	0	0
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.05$ კგ									

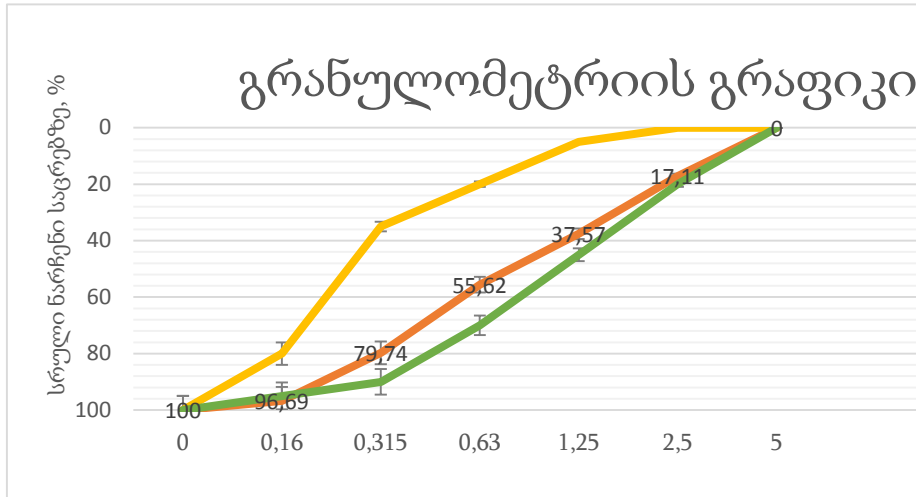


ნახ. 3.1 ანანურის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი

ბ. FOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.3

ნარჩენი საცერზე	საგრის ხერეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	5	1.25	0.63	0.315	0.15	<0.15			
კერძო, გრ	171.1	204.6	180.4 7	241.2	139.4 8	63.15	1000	2,83	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	17.11	20.46	18.05	24.12	13.95	6.32	100		
სრული ნარჩენი %	17.11	37.57	55.62	79.74	93.69	100.00	-		



ნახა.3.2 ანანურის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი ევროპული სტანდარტით EN 933-2 მიხედვით

დასკვნა: GOCT 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილ ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

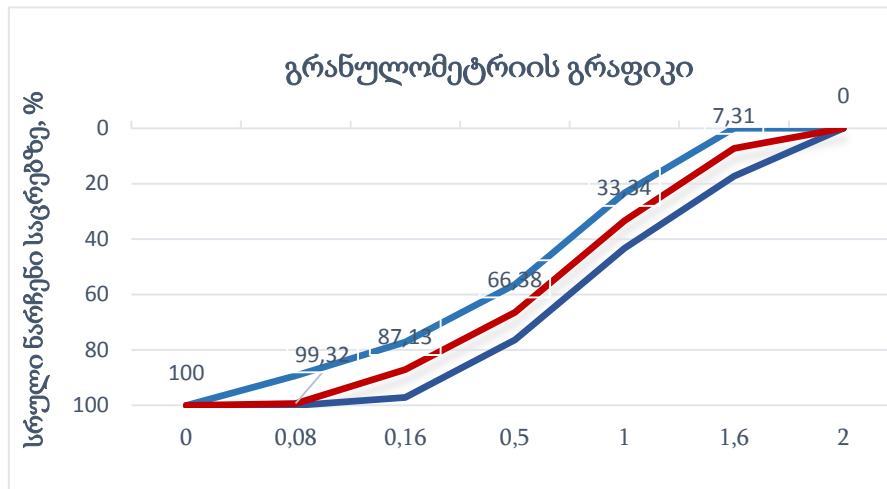
1.7 ანანურის კარიერის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ვახდენთ მის დამუშავებას ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა, ანანურის ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ცხრილში 3.4.

ცხრილი 3.4

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად,

გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა გრაფიკი №3,5 რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახ 3.3. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

ანანურის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

1.8 ანანურის კარიერის ქვიშის პეტროგრაფიული აღწერილობა, ანანურის კარიერის ქვიშა ძირითადად შედგება დანალექი ქანებისაგან, მცირედ გვხვდება გრანიტის მაგვარი ქანები.

1.9 ანანური კარიერის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები ცხრილ3.5_ში

ცხრილი № 3.5

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	54,6	15,6	8,8	8,7	3,25	8,24	1,4	0,67

1.10 ანანურის კარიერის ქვიშის შესწავლის შემდეგ, მოვახდინეთ ცემენტის ძელაკის დაყალიბება ამ ქვიშაზე ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან ანანური კარიერის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი,

აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 17,5 გრ. ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 242,5 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.6.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი ქვიშის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ვინაიდან ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები მივიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ. და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.7.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 33,9 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 30% ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 34,9 რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 28%-ით ნაკლებია, როდესაც ძეღაკებს ვამზადებდით ანანურის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.6

№	დასახელება	ღუნვა 2 დღე	ღუნვა 7 დღე	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,022	0,040	0,073	0,066	0,068	0,071	12,99	16,28	27,27	23,19	51,43	48,97	56,34	55,09	56,03	55,61	54,59	55,32	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	2,53	4,71	8,61	7,81	8,04	8,32	8,1	10,2	17,0	14,8	32,1	30,6	35,2	34,5	35,0	34,8	34,2	34,8	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	2,53	4,71	8,19				9,15		15,9		33,9								

ცდა 12, ცხრილი № 3.7

№	დასახელება	ღუნვა 2 დღე	ღუნვა 7 დღე	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,025	0,043	0,073	0,074	0,072	0,070	16,81	15,85	26,4	26,69	52,03	60,33	51,18	60,17	51,31	54,01	52,87	59,56	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	2,87	5,05	8,50	8,61	8,44	8,15	10,5	9,9	16,5	16,7	32,5	37,7	32,0	37,6	32,1	33,8	33,0	37,2	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	2,89	5,05	8,42				10,2		16,6		34,5								

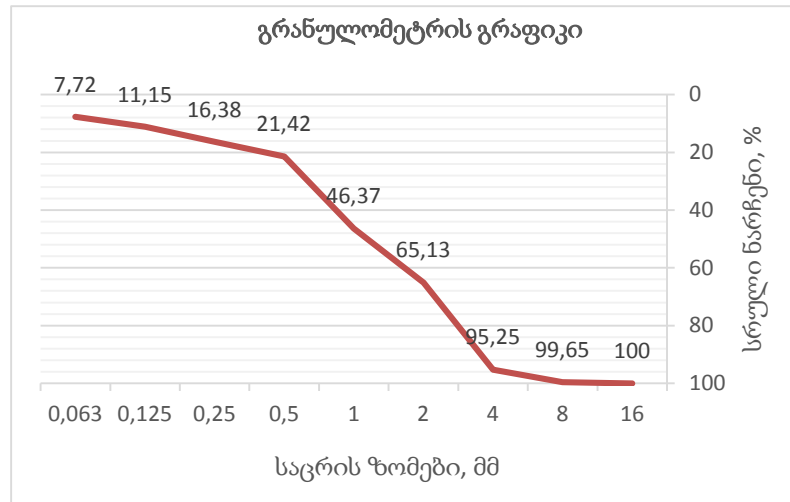
1. ალაიანის კარიერის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 1.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=2.7\%$;
- 1.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,61$ გ/სმ³;
- 1.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{nq}=1.45$ გ/სმ³;
- 1.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{nq}/\rho_n)100=51,6\%$;
- 1.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 1,75%-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 1.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ალაიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრია

ცხრილი 3.8

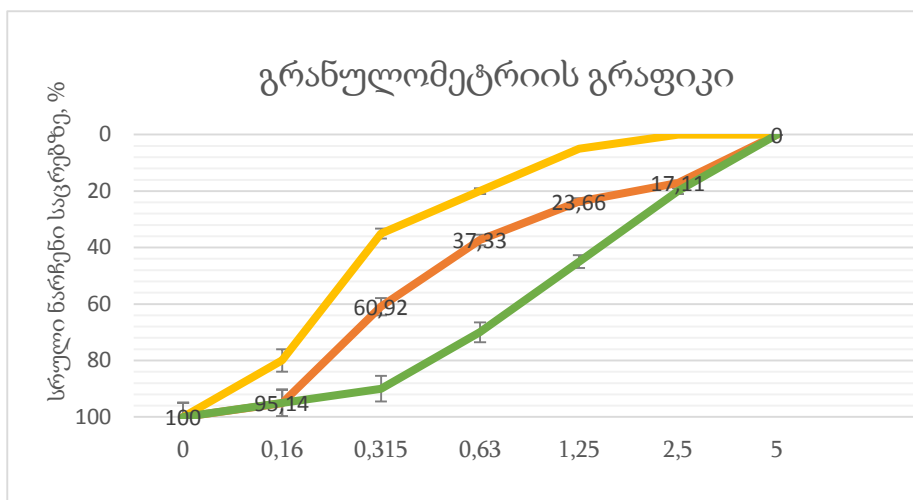
საწყისი მასა $M_1=0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	553,7	533,1	501,7	471,5	321,8	209,2	28,5	2,1	0
საცერზე ნარჩენი, %	92,3	88,9	83,6	78,6	53,6	34,9	4,8	0,4	0,0
სრული ნარჩენი, %	7,72	11,15	16,38	21,42	46,37	65,13	95,25	99,65	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.15$ კგ									



ნახ.3.5. ალაიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრული EN 933-2

ცხრილი 3.9

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	117,1	119,5	136,7	235,9	342,2	48,6	000	2,29	საშუალო ქვიშა
კერძო, %	11,71	11,95	13,67	23,59	34,22	4,86	100		
ული ნარჩენი %	11,71	23,66	37,33	60,92	95,14	100,00	-		



ნახ.3.6. ალაიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრული GOCT 8735-88-ის მიხედვით

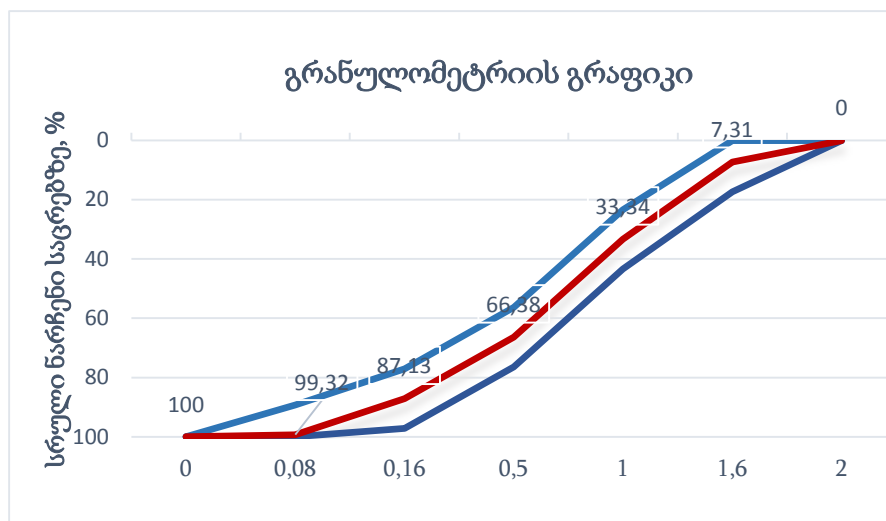
დასკვნა: GOCT 8736-93-ის თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება საშუალო ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

2.7 აღიანის კარიერის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ვახდენთ მის დამუშავებას ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. აღიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, მოცემულია ცხრილში №3.10.

ცხრილი №3.10

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა ნახაზი №3.7 რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახ. 3.7. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

ალაიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

2.8 ალაიანის კარიერის ქვიშა პეტროგრაფიული აღწერილობის მიხედვით წარმოდგენილია როგორც მაგმური ქანებით, ისე დანალექი ქანებითაც.

2.9 ალაიანის კარიერის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი №3.11

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	72.4	12.12	3.49	1.8	3.79	1.59	0.11	0.67

2.10 ალაიანის კარიერის ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ მისი დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან ალაიანის კარიერის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დულაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 26,5 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი

251,5 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.12.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივ ქვიშის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას, არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები მივიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.13.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით ცემენტის მარკის დადგენისას, მარკამ შეადგინა 36,8 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 24% ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 42,2, რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 13%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით ალაიანის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.12

№	დასახელება	ღუნვა 2 დღე	ღუნვა 7 დღე	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,034	0,047	0,053	0,049	0,053	0,052	26,17	25,8	32,15	33,19	55,61	54,72	59,51	58,61	60,79	61,75	59,76	60,03	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,02	5,45	6,26	5,74	6,20	6,08	16,4	16,1	20,1	20,7	34,8	34,2	37,2	36,6	38,0	38,6	37,4	37,5	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,02	5,45	6,1				16,2		20,4		36,8								

ცდა 12, ცხრილი № 3.13

№	დასახელება	ღუნვა 2 დღე	ღუნვა 7 დღე	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,044	0,056	0,064	0,061	0,063	0,059	29,34	28,01	35,86	35,06	68,79	67,75	69,55	64,71	65,87	67,25	68,73	67,55	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	5,17	6,60	7,46	7,12	7,35	6,89	18,3	17,5	22,4	21,9	43,0	42,3	43,5	40,4	41,2	42,0	43,0	42,2	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	5,17	6,60	7,2				17,9		22,2		42,2								

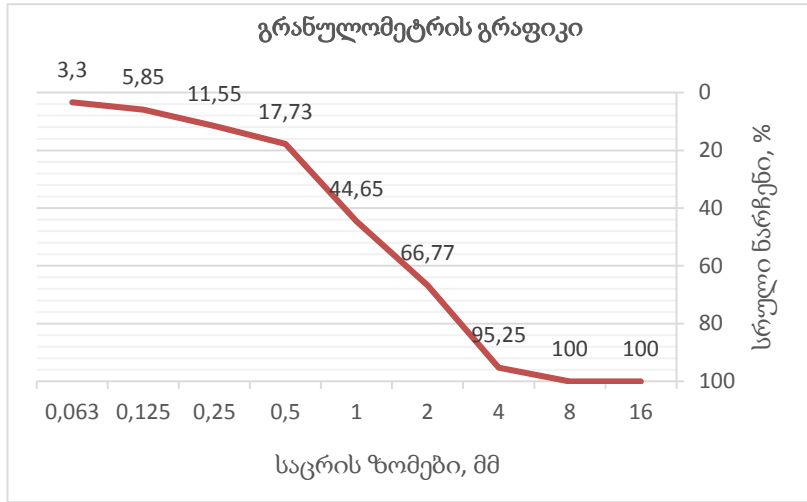
2. იმირის კარიერის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 2.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=2.0\%$;
- 2.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,63$ გ/სმ³;
- 2.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{nq}=1.48$ გ/სმ³;
- 2.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელებო GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{nq}/\rho_n)100=50,7\%$;
- 2.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 2,05 %-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 2.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.14

იმირის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1= 0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	580,2	564,9	530,7	493,6	332,1	199,4	28,5	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	96,7	94,2	88,5	82,3	55,4	33,2	4,8	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	3,30	5,85	11,55	17,73	44,65	66,77	95,25	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.07$ კგ									

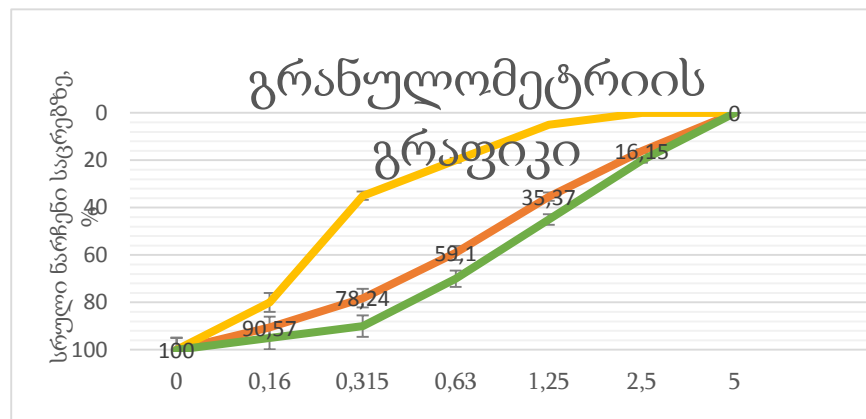


ნახ.3.8 იმირის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.15

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	161,5	192,2	237,3	191,4	123,3	94,3	1000	2,79	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	16,15	19,22	23,73	19,14	12,33	9,43	100		
სრული ნარჩენი %	16,15	35,37	59,10	78,24	90,57	100,00	-		



ნახ.3.9. ალაიანის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი GOCT 8735-88-ის მიხედვით

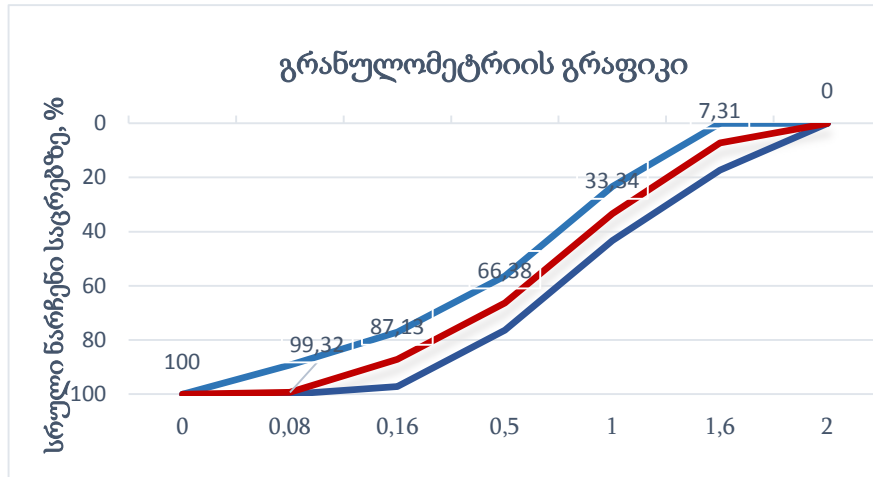
დასკვნა: FOCT 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილ ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

3.7 იმირის კარიერის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ვახდენთ მის დამუშავებას ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა, **იმირის კარიერის** ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.15.

ცხრილი 3.15

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა გრაფიკი №3.9 რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახ. 3.9 . ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

იმირის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

3.8 იმირის კარიერის ქვიშა პეტროგრაფიული აღწერილობის მიხედვით წარმოდგენილია მაგმური ქანებით, დოლერტი-ბაზალტის ლავებით მცირე რაოდენობით გხვედება კირქვა და ტუფოქვიშა.

3.9 იმირის კარიერის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები. ცხრილში 3.16

ცხრილი № 3.16

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	57,1	13,681	8,67	5,35	2,46	0,47	2,3	0,6

3.10 იმირის კარიერის ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ მისი დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან იმირის კარიერის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 44,5 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 269,5

გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე , მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.17.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი ქვიშების შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას, არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები მივიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.18.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 36,8 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 24% ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 42,2, რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 13%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით იმირის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.17

№	დასახელება	ღუნვა 2 დღე	ღუნვა 7 დღე	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,034	0,047	0,053	0,049	0,053	0,052	26,17	25,8	32,15	33,19	55,61	54,72	59,51	58,61	60,79	61,75	59,76	60,03	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,02	5,45	6,26	5,74	6,20	6,08	16,4	16,1	20,1	20,7	34,8	34,2	37,2	36,6	38,0	38,6	37,4	37,5	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,02	5,45	6,1				16,2		20,4		36,8								

ცდა 12, ცხრილი № 3.18

№	დასახელება	ღუნვა 2 დღე	ღუნვა 7 დღე	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,044	0,056	0,064	0,061	0,063	0,059	29,34	28,01	35,86	35,06	68,79	67,75	69,55	64,71	65,87	67,25	68,73	67,55	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	5,17	6,60	7,46	7,12	7,35	6,89	18,3	17,5	22,4	21,9	43,0	42,3	43,5	40,4	41,2	42,0	43,0	42,2	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	5,17	6,60	7,2				17,9		22,2		42,2								

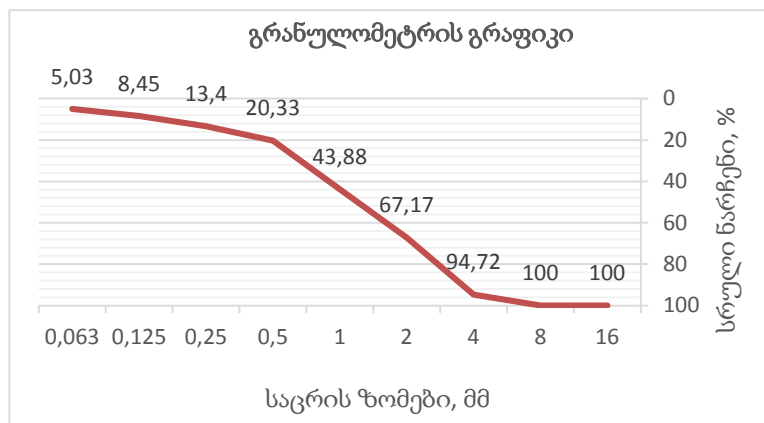
3. ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 3.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=2.2\%$;
- 3.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,66$ გ/სმ³;
- 3.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{naq}=1.51$ გ/სმ³;
- 3.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{naq}/\rho_n)100=52,5\%$;
- 3.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 2,11%-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 3.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.19

ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1=0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	569,8	549,3	519,6	478	336,7	197	31,7	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	95,0	91,6	86,6	79,7	56,1	32,8	5,3	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	5,03	8,45	13,40	20,33	43,88	67,17	94,72	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.12$ კგ									

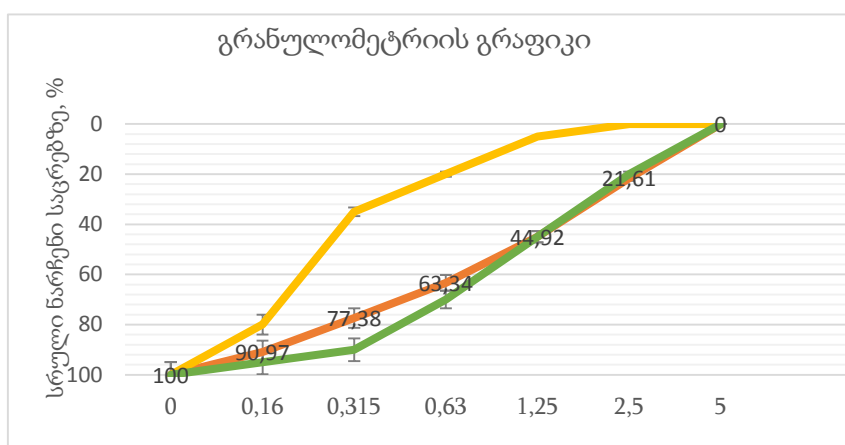


ნახ.3.10 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.20

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	216,1	233,1	184,2	140,4	135,9	90,3	1000	2,98	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	21,61	23,31	18,42	14,04	13,59	9,03	100		
სრული ნარჩენი %	21,61	44,92	63,34	77,38	90,97	100,00	-		



ნახ. 3.11 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი GOCT 8735-88-ის მიხედვით

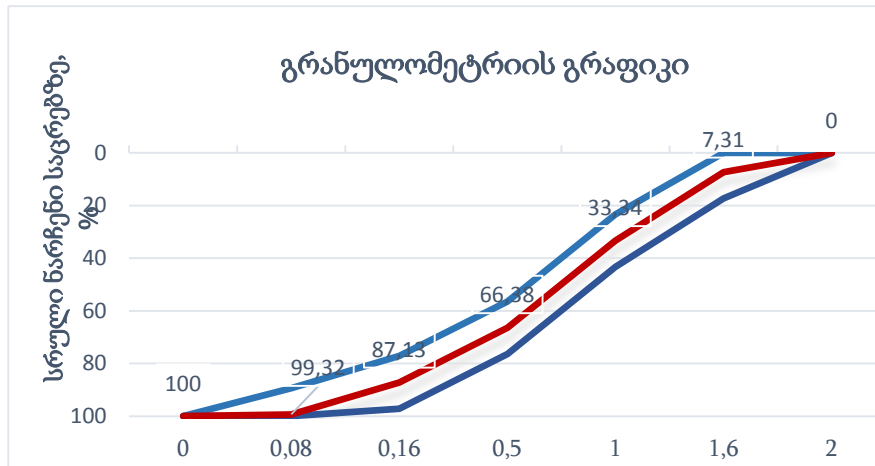
დასკვნა: FOCT 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილ ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

4.7 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ვახდენთ მის დამუშავებას ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად მოცემულია ცხრილში № 3.21.

ცხრილი №3.21

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	ჯული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მიხედვით აგებული იქნა ნახაზი 3.12, რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახაზი 3.12. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

4.8 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის პეტროგრაფიული აღწერილობის მიხედვით წარმოდგენილია კვარცი და მცირე რაოდენობით შეიცავს ქარსის ჩანართებს.

4.9 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.22

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	81,95	7,74	0,88	0,28	0,95	0,42	1,80	0,67

4.10 ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ ამ ქვიშით ცემენტის ძელაკების დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან ელიტ ბილდერის კარიერის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო

ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 14,5 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 239,5 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე , მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.23.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი ქვიშის შედარება მოხდეს ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ჩავატარეთ ცდა , სადაც არ მოვახდინეთ წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები გვქონდა 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.24.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 38,3 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 21% ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 46,1, რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 5%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით ელიტ ბილდერის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.23

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,028	0,035	0,050	0,052	0,049	0,053	20,33	21,11	27,56	27,06	61,57	60,78	61,61	62,31	61,13	60,65	61,55	60,75	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	3,33	4,13	5,85	6,08	5,74	6,20	12,7	13,2	17,2	16,9	38,5	38,0	38,5	38,9	38,2	37,9	38,5	38,0	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	3,33	4,13	6,0				13,0		17,1		38,3								

ცდა 12, ცხრილი № 3.24

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,040	0,052	0,065	0,061	0,064	0,062	30,43	31,01	37,73	39,06	73,81	74,68	75,37	74,16	72,58	73,43	72,16	73,8	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,71	6,14	7,58	7,12	7,46	7,23	19,0	19,4	23,6	24,4	46,1	46,7	47,1	46,4	45,4	45,9	45,1	46,1	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,71	6,14	7,3				19,2		24,0		46,1								

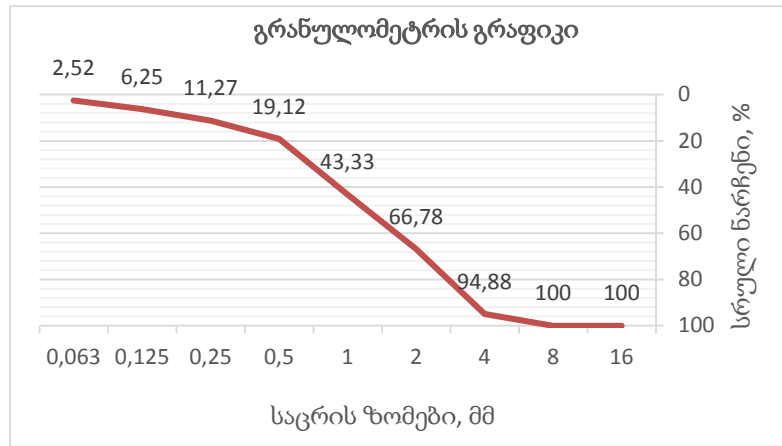
4. მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 4.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=1.6\%$;
- 4.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,7$ გ/სმ³;
- 4.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{ნაყ}=1.49$ გ/სმ³;
- 4.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და აცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{ნაყ}/\rho_n)100=47.9\%$;
- 4.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 1.87%-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 4.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.25

მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1= 0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	584,9	562,5	532,4	485,3	340	199,3	30,7	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	97,5	93,8	88,7	80,9	56,7	33,2	5,1	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	2,52	6,25	11,27	19,12	43,33	66,78	94,88	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.11$ კგ									

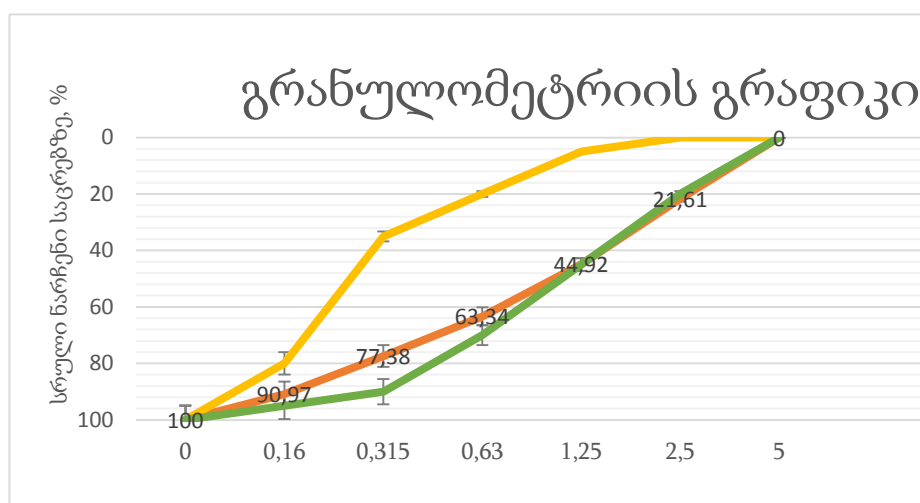


ნახ.3.13 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3,26

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	178,4	212,6	222,2	198,3	106,2	82,3	000	2,91	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	17,84	21,26	22,22	19,83	10,62	8,23	100		
სრული ნარჩენი %	17,84	39,10	61,32	81,15	91,77	100,00	-		



ნახ.3.14 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი 8735-88 მიხედვით

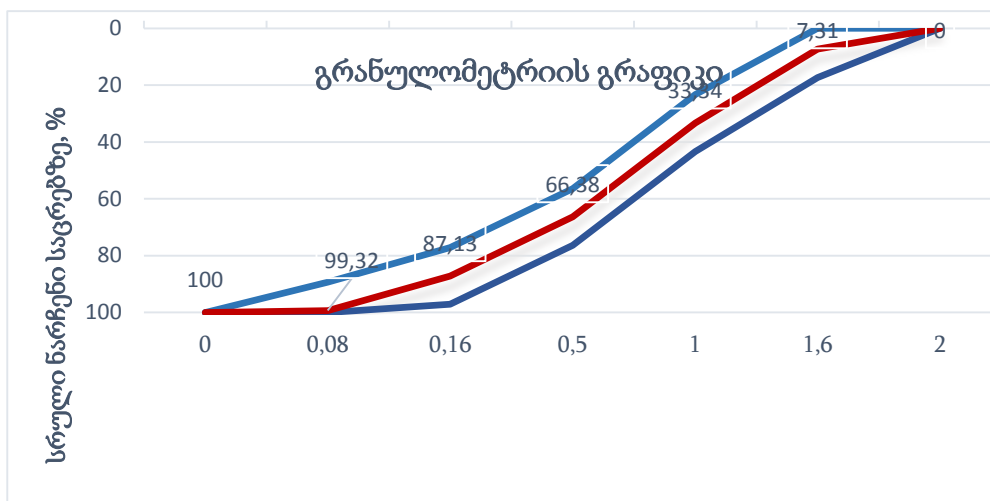
დასკვნა: GOCT 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილი ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

5.7 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ხდება მის დამუშავება ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტკვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში №3,27.

ცხრილი №3.27

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	შუილი ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მიხედვით აგებული იქნა ნახაზი №3.15, რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახ. 3.15. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

5.8 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის პეტროგრაფიული აღწერილობის მიხედვით წარმოდგენილია კვარცი, მინდვრის შპატი, ჰიროქსენისა და ამფიბოლის ცალკეული მარცვლები.

5.9 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.28

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	58,43	15,93	4,87	5,59	3,71	0,2	1,80	0,67

5.10 მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ ცემენტის ზელაკის დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან მტკვრის (საბადოს) კარიერის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 19,1 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა

1350 გრ და წყალი 244,1 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.29.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი ქვიშის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას, აღარ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები გვექონდა 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.30.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 31,1 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 35,7 % ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 41,6 რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 15,5%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით მტკვრის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.29

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,037	0,057	0,063	0,072	0,069	0,065	24,03	22,15	40,35	37,35	49,55	49,14	49,55	50,56	48,72	49,35	51,03	50,75	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,31	6,65	7,41	8,38	8,03	7,58	15,0	13,8	25,2	23,3	31,0	30,7	31,0	31,6	30,5	30,8	31,9	31,7	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	3,33	4,13	7,85				13,0		17,1		31,1								

ცდა 12, ცხრილი №3.30

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,045	0,063	0,080	0,081	0,078	0,077	29,69	25,65	44,43	42,47	67,83	66,83	70,87	64,01	66,05	63,01	67,83	66,17	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	5,29	7,35	9,41	9,53	9,18	9,07	18,6	16,0	27,8	26,5	42,4	41,8	44,3	40,0	41,3	39,4	42,4	41,4	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	5,29	7,35	9,23				17,3		27,2		41,6								

5. ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

5.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=3,5\%$;

5.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,68$ გ/სმ³;

5.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{naq}=1.52$ გ/სმ³;

5.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{naq}/\rho_n)100=49,3\%$;

5.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 2,7%-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%

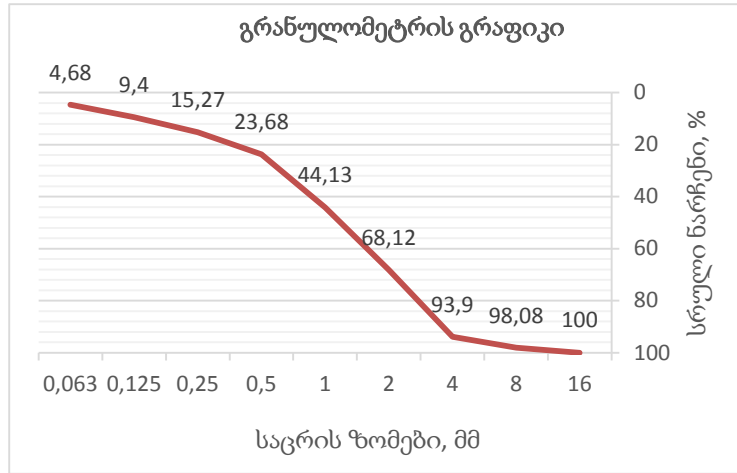
5.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:

ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.31

ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1= 0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	571,9	543,6	508,4	457,9	335,2	191,3	36,6	11,5	0
საცერზე ნარჩენი, %	95,3	90,6	84,7	76,3	55,9	31,9	6,1	1,9	0,0
სრული ნარჩენი, %	4,68	9,40	15,27	23,68	44,13	68,12	93,90	98,08	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.13$ კგ									

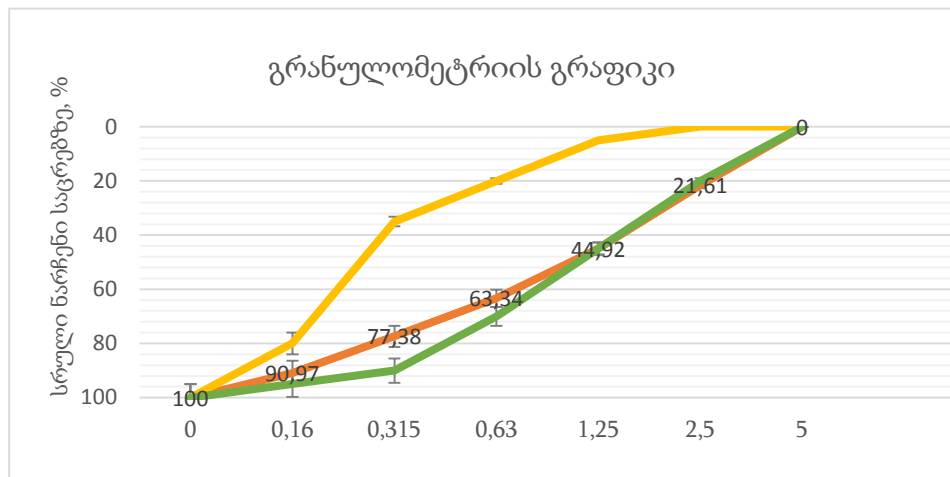


ნახ.3.16 ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3,32

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	აისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	178,4	212,6	222,2	198,3	106,2	82,3	000	2,91	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	17,84	21,26	22,22	19,83	10,62	8,23	100		
ული ნარჩენი %	17,84	39,10	61,32	81,15	91,77	100,00	-		



ნახ.3.17 ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი GOCT 8735-88-ის მიხედვით

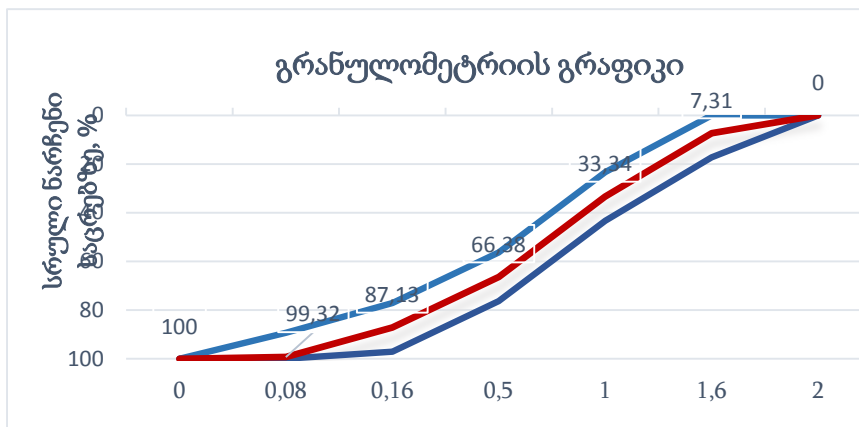
დასკვნა: FOCT 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილ ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

6.7 ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ხდება მის დამუშავება ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში №3.33.

ცხრილი №3.33

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, მოცემულია გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული ნახაზი №3.18



ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

6.8 ხრამის (წითელი ხიდის კარიერის) ქვიშა, პეტროგრაფიული აღწერილობის მიხედვით მსგავსია იმირის კარიერის ქვიშის, რომელიც წარმოდგენილია მაგმური ქანებით, დოლერტი-ბაზალტის ლავებითმცირე რაოდენობით გხვედება კირქვა და ტუფოქვიშა.

6.9 ხრამის კარიერის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.34

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	57,1	13,681	8,67	5,35	2,46	0,47	2,3	0,6

6.10 ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ ძელაკების დაყალიბება ამ ქვიშაზე ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან **ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) კარიერის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 21,2 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 246,2 გრ (ცდა 1).**

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.35.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი მასალის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის კატარებისას არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები გვაქვს 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.36.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 31,7 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 34,9% ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 35 მპა, რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 27,3%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით ხრამის (წითელი ხიდის მდ.) ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.35

№	დასახელება	ლუნვა 2 დღე	ლუნვა 7 დღე	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე							
				3				4		5		6							
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6							
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,021	0,044	0,066	0,061	0,062	0,062	15,49	16,03	34,35	32,73	46,97	49,01	54,01	46,35	50,97	53,13	52,03	53,75
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	2,47	5,27	7,75	7,18	7,29	7,23	9,7	10,0	21,5	20,5	29,4	30,6	33,8	29,0	31,9	33,2	32,5	33,6
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	2,47	5,27	7,34				9,9		21,0		31,7							

ცდა 2, ცხრილი № 3.36

№	დასახელება	ლუნვა 2 დღე	ლუნვა 7 დღე	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე							
				3				4		5		6							
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6							
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,049	0,054	0,061	0,067	0,063	0,064	30,73	30,90	43,85	40,14	56,72	59,92	54,17	54,38	61	57,93	53,22	52,76
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	5,74	6,31	7,12	7,81	7,40	7,52	19,2	19,3	27,4	25,1	35,5	37,5	33,9	34,0	38,1	36,2	33,3	33,0
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	5,74	6,31	7,46				19,3		26,3		35,2							

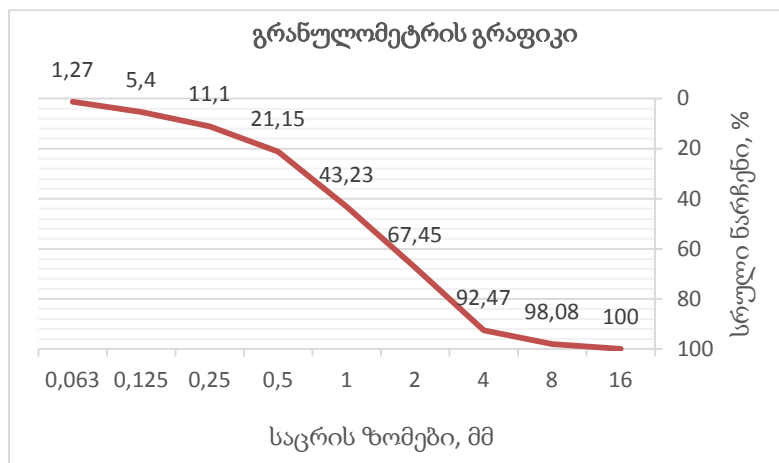
6. თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 6.1 ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=3.1\%$;
- 6.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,60$ გ/სმ³;
- 6.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{ნაყ}=1.48$ გ/სმ³;
- 6.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{ნაყ}/\rho_n)100=45,5\%$;
- 6.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია ГОСТ 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 1,21%-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 6.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.37

თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1=0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	592,4	567,6	533,4	473,1	340,6	195,3	45,2	11,5	0
საცერზე ნარჩენი, %	98,7	94,6	88,9	78,9	56,8	32,6	7,5	1,9	0,0
სრული ნარჩენი, %	1,27	5,40	11,10	21,15	43,23	67,45	92,47	98,08	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.098$ კგ									

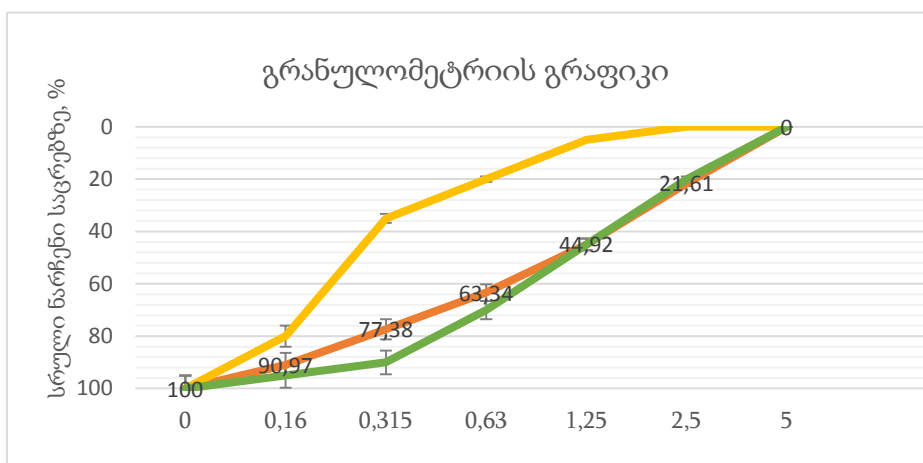


ნახ.3.19 თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 ის მიხედვით

ბ. FOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.38

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	140,2	144,6	261,9	298,4	126,3	28,6	000	2,79	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	14,02	14,46	26,19	29,84	12,63	2,86	100		
სრული ნარჩენი %	14,02	28,48	54,67	84,51	97,14	100,00	-		



ნახ.3.20 თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი FOCT 8735-88-ის მიხედვით

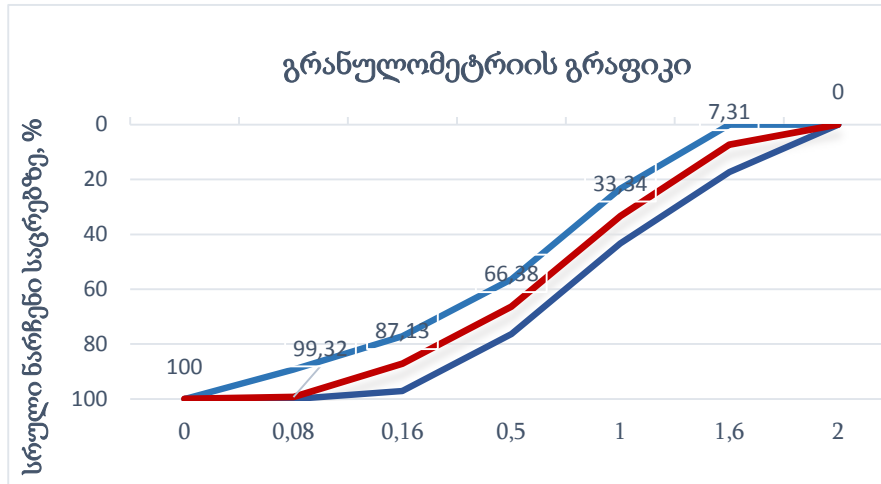
დასკვნა: FOCT 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილ ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

7.7 თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ხდება მისი დამუშავება ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში №3.39.

ცხრილი №3.39

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგებიც მიხედვით აგებული იქნა ნახაზი №3.21, რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახაზი 3.21. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

7.8 **თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის პეტროგრაფიული აღწერილობის მიხედვით წარმოდგენილია ბაზალტები, რომლებიც წარმოადგენენ ლავის ნაკადებს. ქანი ძირითადად შედგება ოლაგიოკლაზის კრისტალებისა და ოლივინის მარცვლებისაგან**

7.9 **თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:**

ცხრილი № 3.40

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	51,68	19,4	12,4	9,52	4,47	0,8	2,0	0,09

7.10 **თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ ამ ქვიშაზე ცემენტის ძეგლების დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.**

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან **თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშა წყალმომთხოვნი აღმოჩნდა, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო**

ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 15,9 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 240.7,5 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.41.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი ქვიშის შედარება მოხდეს ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ცატარებისას არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები გვქონდა 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.42.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 38,9 მპა, რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 21% ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 45,3 რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 6,5%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით თბილცემენტის (მტკვრის) ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.41

№	დასახელება	ღუნვა	ღუნვა	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0.033	0.058	0.075	0.074	0.067	0.064	23.65	22.78	42.89	36.94	62.75	63.46	59.09	59.46	64	63.17	63.29	62.57	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	3.85	6.77	8.73	8.67	7.81	7.46	14.8	14.2	26.8	23.1	39.2	39.7	36.9	37.2	40.0	39.5	39.6	39.1	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	3.85	6.77	8,2				14.5		25,0		38,9								

ცდა 12, ცხრილი № 3.42

№	დასახელება	ღუნვა	ღუნვა	ღუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,042	0.073	0.078	0.083	0.087	0,090	27,11	27,02	63,59	62,84	72,16	71,87	71,62	74,41	72,37	72,51	72,45	73,08	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,88	8.55	9.13	9.70	10.22	10,56	16,9	16,9	39,7	39,3	45,1	44,9	44,8	46,5	45,2	45,3	45,3	45,7	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ღუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,88	8.55	9,9				16,9		39,5		45,3								

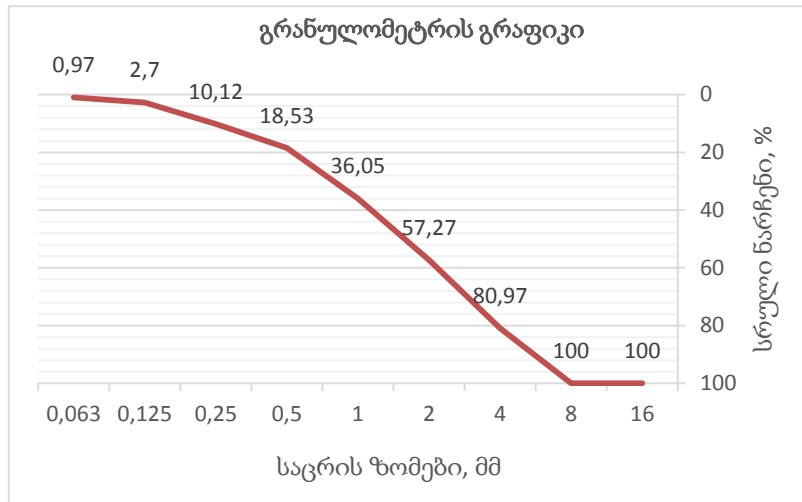
7. არაგვისპირის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 7.1 ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=2,8\%$;
- 7.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,63$ გ/სმ³;
- 7.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{ნაყ}=1.52$ გ/სმ³;
- 7.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{ნაყ}/\rho_n)100=48,3\%$;
- 7.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია ГОСТ 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 2,7 %-ს, რაც ნაკლების ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 7.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.43

არაგვისპირის ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1=0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	594,2	583,4	539,3	488,8	383,7	256,4	114,2	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	99,0	97,2	89,9	81,5	64,0	42,7	19,0	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	0,97	2,77	10,12	18,53	36,05	57,27	80,97	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.0583$ გ									

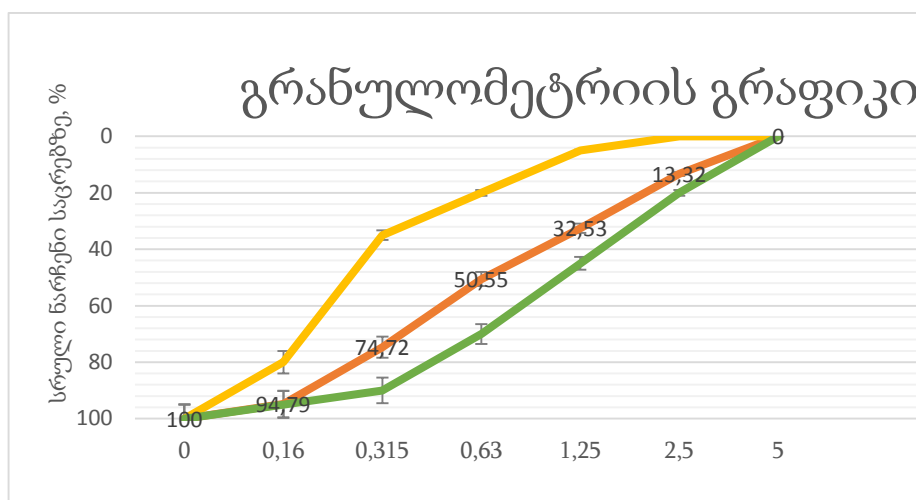


ნახ.3.22 არაგვისპირის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.44

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხერეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	133,2	192,1	180,2	241,7	200,7	52,1	000	2,66	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	13,32	19,21	18,02	24,17	20,07	5,21	100		
სრული ნარჩენი %	13,32	32,53	50,55	74,72	94,79	100,00	-		



ნახ.3.23 არაგვისპირის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი GOCT 8735-88 მიხედვით

დასკვნა: GOCT 8736-93 თანახმა გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილ

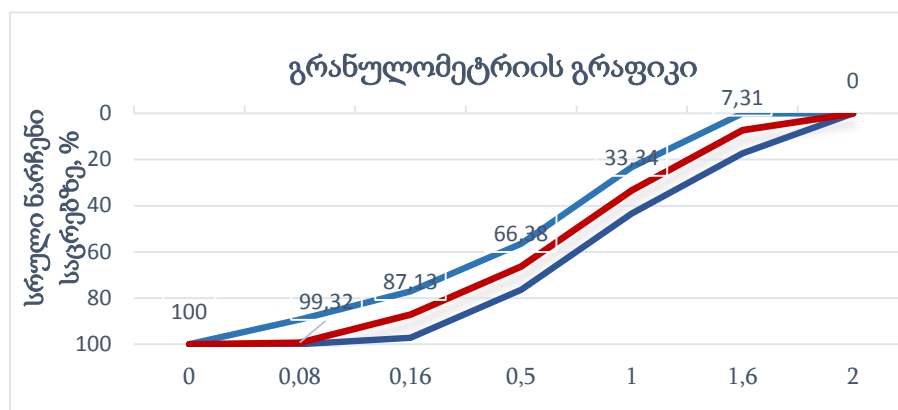
ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

8.7 არაგვისპირის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, მოვახდინეთ მისი დამუშავება ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლევა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. არაგვისპირის ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.44.

ცხრილი №3.45

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა ნახაზ №3.24, რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახაზი 3.24. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

არაგვისპირის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

8.8 არაგვისპირის ქვიშა პეტროგრაფიული აღწერილობის მიხედვით ძირითადად შედგება ვულკანოგენური-დანალექი და ამოფრქვეული ქანების ნამსხვრევებისაგან, აღინიშნება მცირე რაოდენობა კვარცის, მინდვრივ შპატის, პიროქსენის მარცვლები.

8.9 არაგვისპირის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.46

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	67,99	13,85	5,15	2,38	1,96	0,37	1,38	3,29

8.10 არაგვისპირის ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ ცემენტის ძელაკების დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან არაგვისპირის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 33,4 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 258,4 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.4.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი ქვიშის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები გვქონდა 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.47.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 33,6 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 30,7% ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 45,3 მპა რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 6,6%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით არაგვისპირის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.47

№	დასახელება	ლუნვ	ლუნვ	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		ა 2 დღე	ა 7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,040	0,055	0,059	0,063	0,062	0,063	28,98	29,27	44,31	41,10	52,13	52,01	55,51	55,11	51,63	50,55	55,47	57,97	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,71	6,37	6,89	7,40	7,29	7,35	18,1	18,3	27,7	25,7	32,6	32,5	34,7	34,4	32,3	31,6	34,7	36,2	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,71	6,37	7,23				18,2		26,7		33,6								

ცდა 12, ცხრილი № 3.48

№	დასახელება	ლუნვ	ლუნვ	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		ა 2 დღე	ა 7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,044	0,063	0,075	0,074	0,074	0,072	36,43	33,56	55,9 2	47,51	73,09	69,91	69,45	75,07	76,36	71,12	71,91	69,95	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	5,17	7,40	8,84	8,67	8,61	8,38	22,8	21,0	35,0	29,7	45,7	43,7	43,4	46,9	47,7	44,5	44,9	43,7	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	5,17	7,40	8,6				16,9		39,5		45,3								

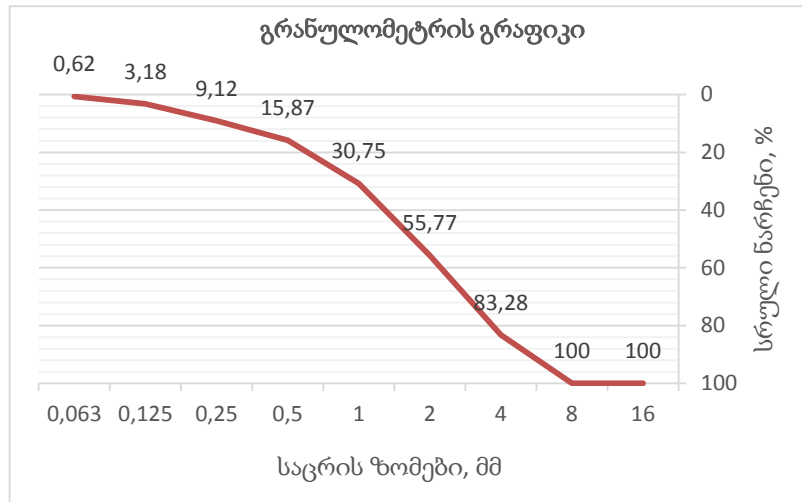
8. იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 8.1** GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=1,9\%$;
- 8.2** ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_5=2,67$ გ/სმ³;
- 8.3** ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{ნაყ} = 1.45$ გ/სმ³;
- 8.4** ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V = (1 - \rho_{ნაყ}/\rho_5)100 = 50,1 \%$;
- 8.5** თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 1,9 %-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 8.6** ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.49

იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1= 0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	596,3	580,9	545,3	504,8	415,5	265,4	100,3	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	99,4	96,8	90,9	84,1	69,3	44,2	16,7	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	0,62	3,18	9,12	15,87	30,75	55,77	83,28	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.037$ კგ									

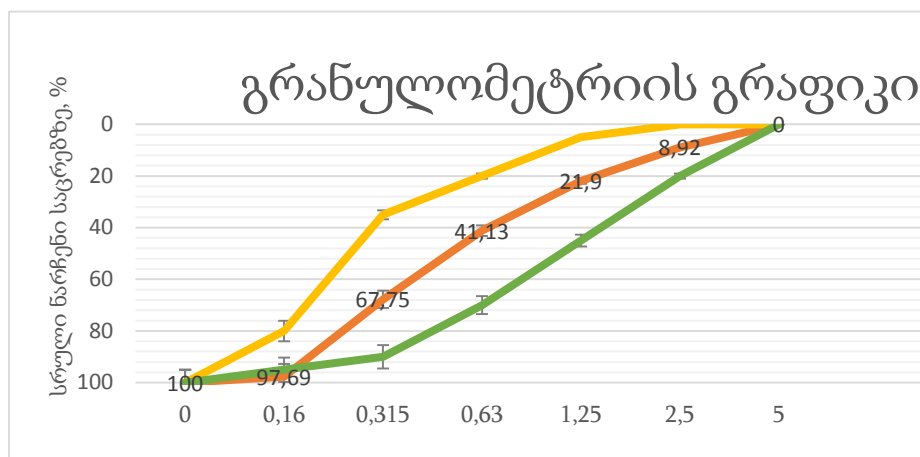


ნახ.3.25 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. FOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.50

ნარჩენი საცერზე	საჯრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	169,2	179,1	219,3	210,2	198,4	23,8	000	2,84	მსხვილი ქვიშა
კერძო, %	16,92	17,91	21,93	21,02	19,84	2,38	100		
ული ნარჩენი %	16,92	34,83	56,76	77,78	97,62	100,00	-		



ნახ.3.26 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი FOCT 8735-88-ის მიხედვით
დასკვნა: FOCT 8736-93 თანახმა გამოკვეული ქვიშა მიეკუთვნება მსხვილი

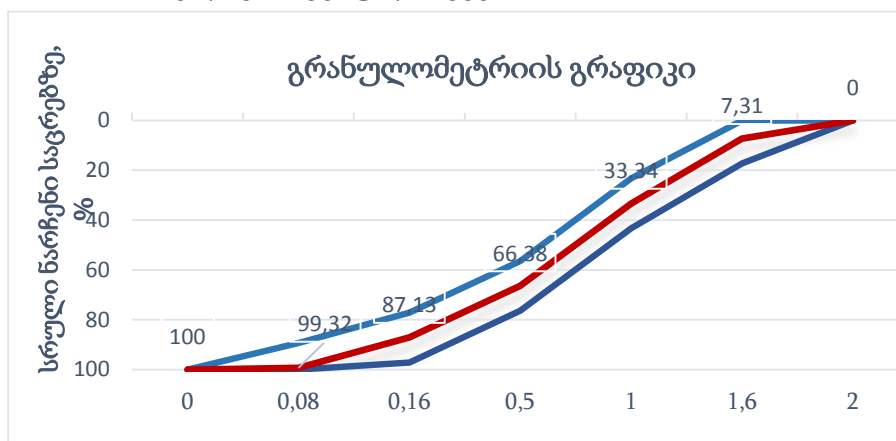
ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

9.7 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ხდება მისი დამუშავება ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობის მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. იორის (საგარეჯო)დრაბილკის მინარევის ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.51.

ცხრილი №3,51

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა ნახაზ №3.27 რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახაზ 3.27. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

9.8 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის პეტროგრაფიული აღწერილობა, ანანურის კარიერის ქვიშის იდენტურია, ძირითადად შედგება დანალექი ქანებისაგან, მცირედ გვხვდება გრანიტის მაგვარი ქანები.

9.9 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.52

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	54,6	15,6	8,8	8,7	3,25	8,24	1,4	0,67

9.10 იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ მისი დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან იორის (საგარეჯო) სამსხვრევით მიღებული ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 9,6 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 234,6 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.53.

ჩვენი მიზანი იყო ადგილობრივი მასალის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას, არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები მივიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.54.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 28,2 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 41,8 % ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 35,2 მპა რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 27,4%-ით ნაკლებია, როდესაც ძეგლებს ვამზადებდით იორის ხელოვნური ქვიშით.

9. ცდა 1, ცხრილი № 3.53

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,027	0,039	0,068	0,063	0,064	0,059	16,03	16,61	30,86	29,56	43,72	43,85	45,85	45,47	43,85	45,68	47,64	38,43	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	3,16	4,59	7,92	7,35	7,46	6,89	10,0	10,4	19,3	18,5	27,3	27,4	28,7	28,4	27,4	28,6	29,8	24,0	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	3,16	4,59	7,40				10,2		18,9		28,2								

10. ცდა 2, ცხრილი № 3.54

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,049	0,054	0,061	0,067	0,063	0,064	30,73	30,90	43,85	40,14	56,72	59,92	54,17	54,38	61	57,93	53,22	52,76	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	5,74	6,31	7,12	7,81	7,40	7,52	19,2	19,3	27,4	25,1	35,5	37,5	33,9	34,0	38,1	36,2	33,3	33,0	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	5,74	6,31	7,46				19,3		26,3		35,2								

11. იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის ხარისხის ტესტირება

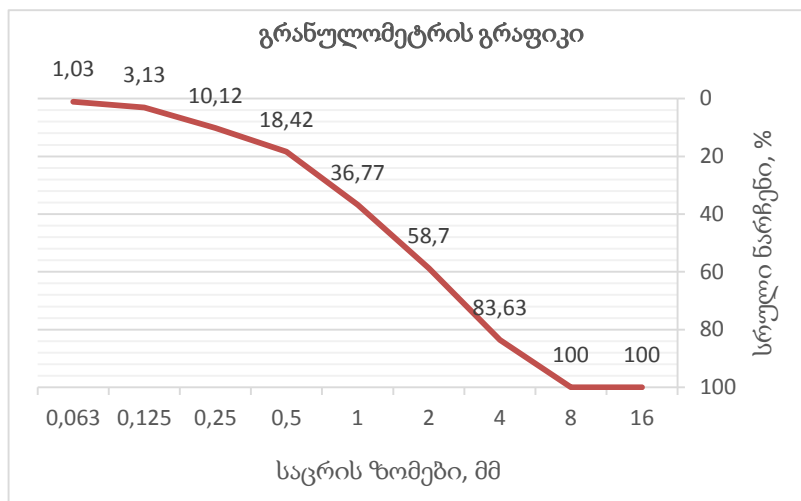
- 11.1 ГОСТ 8735-88-ის
მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=2,5\%$;
- 11.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_n=2,61$ გ/სმ³;
- 11.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{наг} = 1.50$ გ/სმ³;
- 11.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა ГОСТ 8735-88-ის მიხედვით $V = (1 - \rho_{наг}/\rho_n)100 = 47,3\%$;
- 11.5 თიხვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია ГОСТ 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 2,5 %-ს, რაც ნაკლების ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 11.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:

ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.55

იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1= 0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	593,8	581,2	539,3	489,5	379,4	247,8	98,2	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	99,0	96,9	89,9	81,6	63,2	41,3	16,4	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	1,03	3,13	10,12	18,42	36,77	58,70	83,63	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.062$ კგ									

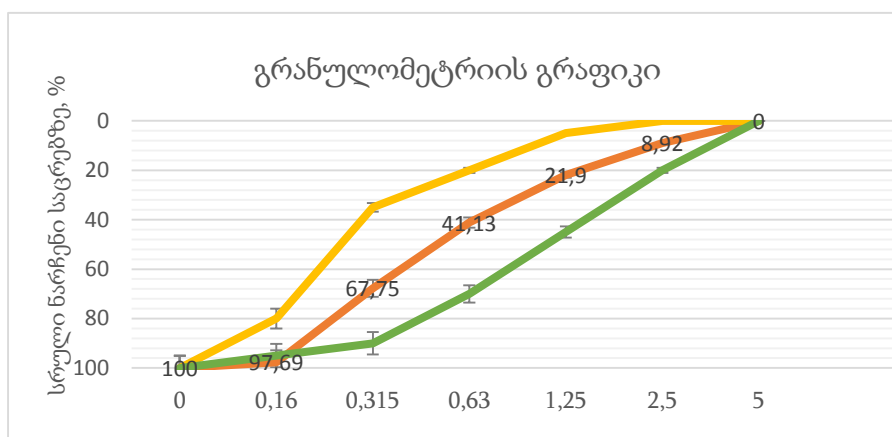


ნახ.3.28 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.56

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	89,2	129,8	192,3	266,2	299,4	23,1	000	2,37	სამუალო სისხოს ქვიშ
კერძო, %	8,92	12,98	19,23	26,62	29,94	2,31	100		
სრული ნარჩენი %	8,92	21,90	41,13	67,75	97,69	100,00	-		



ნახ.3.29 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი GOCT 8735-88 მიხედვით

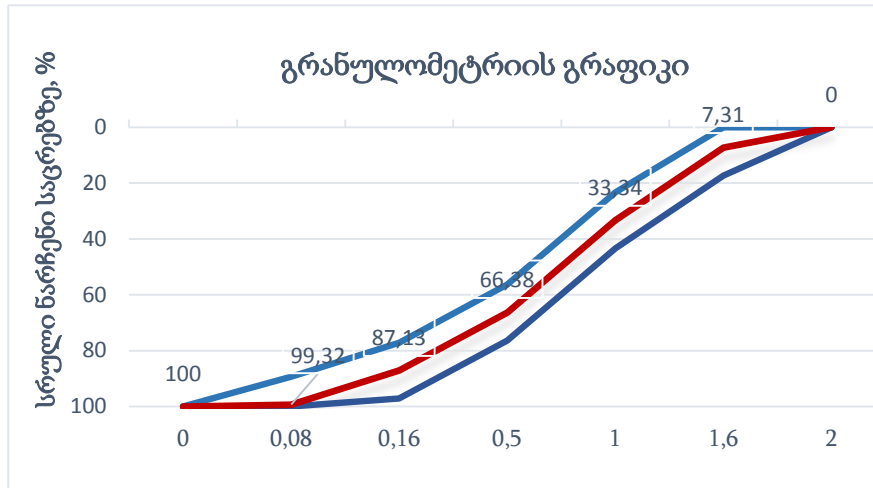
დასკვნა: ГОСТ 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება საშუალო ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

10.7 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ხდება მისი დამუშავება ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. **იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი** ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში №3.58.

ცხრილი №3.58

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	რეალური ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა ნახაზი №3.30, რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახ. 3.30. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

9.8 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის პეტროგრაფიული აღწერილობა, ანანურის კარიერის ქვიშის იდენტურია, ძირითადად შედგება დანალექი ქანებისაგან, მცირედ გვხვდება გრანიტის მაგვარი ქანები.

9.9 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.59

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	54,6	15,6	8,8	8,7	3,25	8,24	1,4	0,67

10.9 იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ მისი დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი

დავამატეთ 9,6 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 234,6 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.60.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი მასალის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას აღარ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები მივიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.61.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 37,0 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 23,7 % ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 42,7 მპა რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 11,9%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით იორის (საგარეჯო) ბუნებრივი ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.60

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,043	0,064	0,062	0,071	0,063	0,075	29,11	26,44	45,68	43,47	59,92	60,09	58,38	59,25	55,34	55,92	63,25	61,67	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	5,05	7,46	7,23	8,27	7,35	8,84	18,2	16,5	28,5	27,2	37,5	37,6	36,5	37,0	34,6	35,0	39,5	38,5	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	5,05	7,46	9,31				17,4		27,9		37,0								

ცდა 2, ცხრილი №3.61

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,040	0,062	0,082	0,075	0,079	0,081	25,23	26,69	60,55	57,67	70,01	69,12	65,01	69,59	68,49	67,87	68,46	67,86	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,65	7,29	9,64	8,84	9,30	9,47	15,8	16,7	37,8	36,0	43,8	43,2	40,6	43,5	42,8	42,4	42,8	42,4	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,65	7,28	9,31				16,3		36,9		42,7								

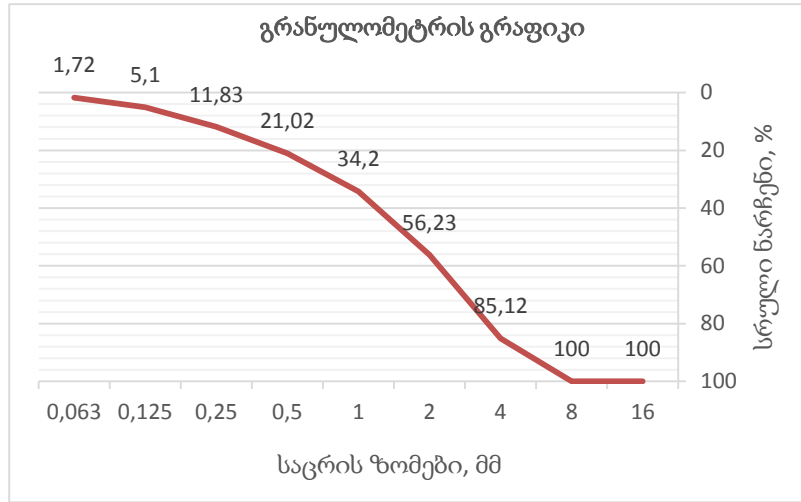
12. ძეგვის კარიერის ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 12.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=4,5\%$;
- 12.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_s=2,64$ გ/სმ³;
- 12.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{naq}=1.55$ გ/სმ³;
- 12.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{naq}/\rho_s)100=49,6\%$;
- 12.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 2,0 %-ს, რაც ნაკლებია ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 12.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.62

ძეგვის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1=0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	589,7	569,4	529	473,9	394,8	262,6	89,3	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	98,3	94,9	88,2	79,0	65,8	43,8	14,9	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	1,72	5,10	11,83	21,02	34,20	56,23	85,12	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.103$ კგ									

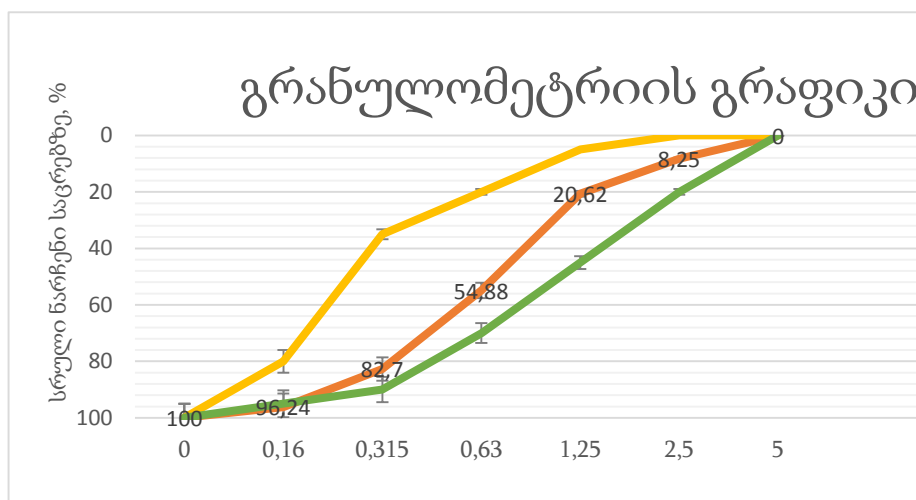


ნახ.3.31 ძეგვის კარიერის ქვიშის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.62

ნარჩენი საცერზე	საცრის ზრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	82,5	123,7	342,6	278,2	139,4	33,6	000	2,63	საშუალო სისხოს ქვიშა
კერძო, %	8,25	12,37	34,26	27,82	13,94	3,36	100		
სრული ნარჩენი %	8,25	20,62	54,88	82,70	96,64	100,00	-		



ნახ.3.32 ძეგვის კარიერის ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი GOCT 8735-88 მიხედვით

დასკვნა: GOCT 8736-93 თანახმა გამოკვლევული ქვიშა მიეკუთვნება საშუალო

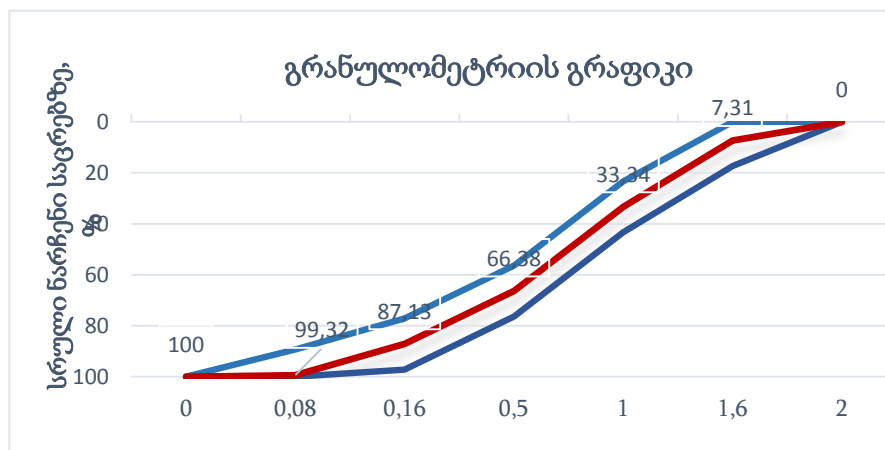
ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

11.7 ძეგვის კარიერის ქვიშის ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ხდება მის დამუშავებას ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლევა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობის მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. ძეგვის კარიერის ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემული ქვემოთ ცხრილ №3.63-ში.

ცხრილი №3.63

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა ნახაზი №3.33 რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახაზი 3.33. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის გრაფიკი

ბეგვის კარიერის ქვიშის ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

11.8 ბეგვის ქვიშის პეტროგრაფიული აღწერილობა არაგვისპირის ქვიშის იდენტურია, ამიტომ წარმოდგენილია ძირითადად ვულკანოგენური-დანალექი და ამოფრქვეული ქანების ნამსხვრევებისაგან, აღინიშნება მცირე რაოდენობა კვარცის, მინდვრივ შპატის, პიროქსენის მარცვლები.

11.9 ბეგვის ქვიშის ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.64

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	67,99	13,85	5,15	2,38	1,96	0,37	1,38	3,29

11.10 ბეგვის კარიერის ქვიშის შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ ძელაკების დაყალიბება ამ ქვიშით ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან ბეგვის კარიერის ქვიშა წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგველო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 14.6 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 239.6 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.65.

ჩვენ მიზანია ადგილობრივი მასალის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას, აღარ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები გვქონდა 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრიში №3.66.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა არის 48,5 მპა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 31.2 მპა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 35.7 % ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 40.2 მპა რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 17.1%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით ძეგვის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.65

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,028	0,040	0,068	0,069	0,064	0,066	15,49	16,03	34,35	32,73	47,97	49,01	54,01	47,35	50,97	53,13	48,46	47,86	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	3,33	4,71	7,92	8,04	7,46	7,69	9,7	10,0	21,5	20,5	30,0	30,6	33,8	29,6	31,9	33,2	30,3	29,9	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	3,33	4,71	7,8				9,9		21,0		31,2								

ცდა 2, ცხრილი № 3.66

№	დასახელება	ლუნვა	ლუნვა	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
		2 დღე	7 დღე	3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განიკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, PP კნ	0,036	0,058	0,079	0,075	0,077	0,077	20,96	21,23	32,3 3	33,56	66,79	68,59	67,84	64,29	61,42	61,63	61,89	62,43	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	4,25	6,77	9,30	8,84	9,07	9,01	13,1	13,3	20,2	21,0	41,7	42,9	42,4	40,2	38,4	38,5	38,7	39,0	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	4,25	6,77	9,1				13,2		20,6		40,2								

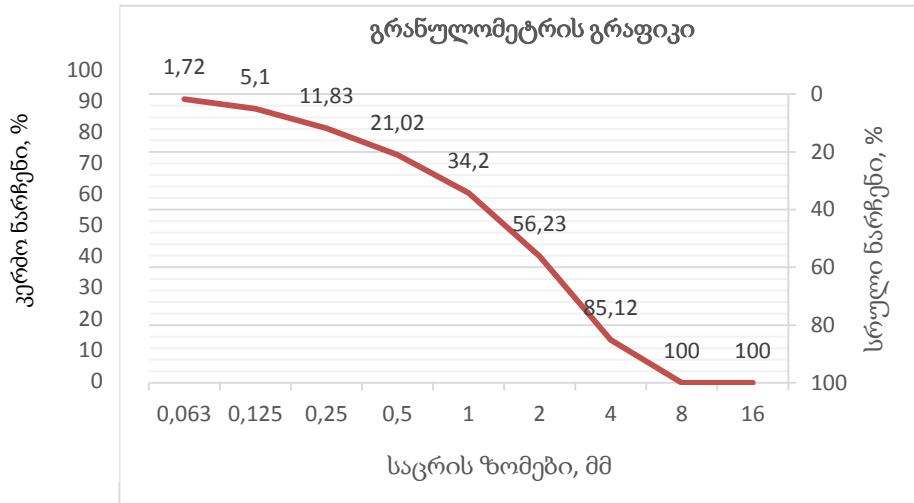
13. ფოცხოვი ქვიშის ხარისხის ტესტირება

- 13.1 GOCT 8735-88-ის მიხედვით გამოცდის მომენტისათვის ქვიშის ტენიანობა აღმოჩნდა $W=4,5\%$;
- 13.2 ქვიშის ნამდვილი სიმკვრივე EN 1097-7-ის მიხედვით $\rho_5=2,64$ გ/სმ³;
- 13.3 ქვიშის ნაყარი სიმკვრივე GOCT 8735-88-ის მიხედვით $\rho_{ნაყ}=1.55$ გ/სმ³;
- 13.4 ქვიშის მარცვლების ფორიანობა და ცარიელობა GOCT 8735-88-ის მიხედვით $V=(1-\rho_{ნაყ}/\rho_5)100=49,6\%$;
- 13.5 თიხოვანი, ლამისებრი და მტვრისებრი მინარევების არსებობა ქვიშაში დადგენილია GOCT 8735-88-ის შესაბამისად შეადგენს 2,0 %-ს, რაც ნაკლების ნორმატიული დოკუმენტით დაშვებულ ნორმაზე - 3%
- 13.6 ქვიშის გრანულომეტრიული შემადგენლობა განისაზღვრება:
- ა. EN 933-2-ით ექსპერიმენტი ჩატარებულია ავტომატურ საცრელ დანადგარზე;

ცხრილი 3.67

ფოცხოვი ქვიშის გრანულომეტრია

საწყისი მასა $M_1=0,600$ კგ									
საცრის ზომა, მმ	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
საცერზე ნარჩენი, კგ	589,7	569,4	529	473,9	394,8	262,6	89,3	0	0
საცერზე ნარჩენი, %	98,3	94,9	88,2	79,0	65,8	43,8	14,9	0,0	0,0
სრული ნარჩენი, %	1,72	5,10	11,83	21,02	34,20	56,23	85,12	100,00	100,00
0,063 მმ საცერში გასული, $P=0.103$ კგ									

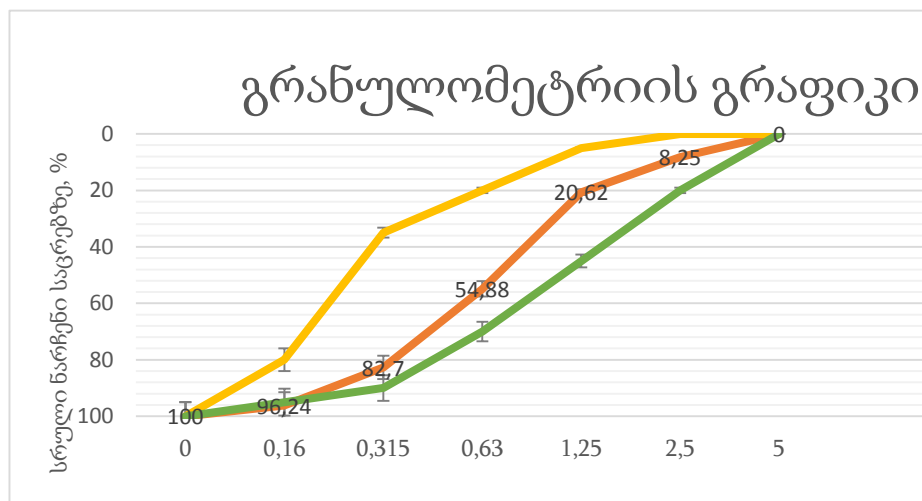


ნახ.3.34 ფოცხოვი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი EN 933-2 მიხედვით

ბ. GOCT 8735-88-ის მიხედვით

ცხრილი 3.68

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	<0.15			
კერძო, გრ	82,5	123,7	342,6	278,2	139,4	33,6	000	2,63	საშუალო სისხოს
კერძო, %	8,25	12,37	34,26	27,82	13,94	3,36	100		
სრული ნარჩენი %	8,25	20,62	54,88	82,70	96,64	100,00	-		



ნახ.3.35 ფოცხოვი ქვიშის გრანულომეტრიული მრუდი GOCT 8735-88 მიხედვით

დასკვნა: GOCT 8736-93 თანახმად გამოკვლეული ქვიშა მიეკუთვნება საშუალო ქვიშათა ჯგუფს გრანულომეტრიის მიხედვით, ქვიშა

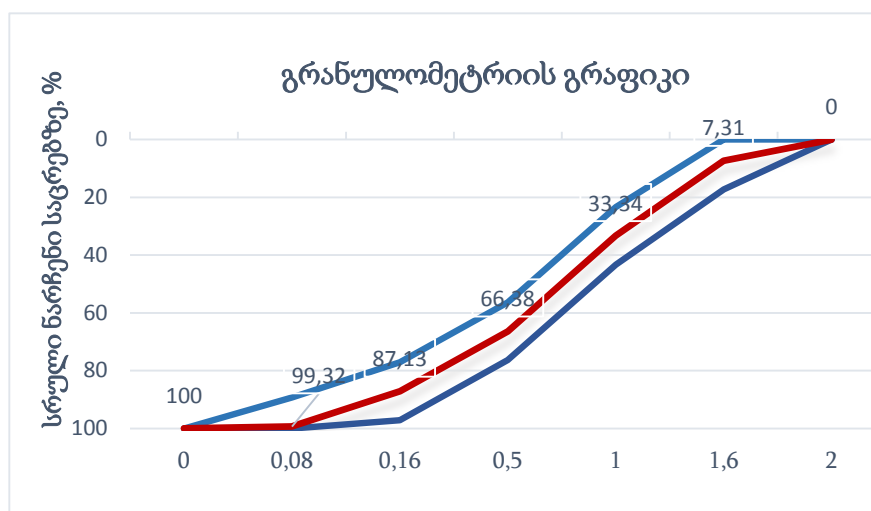
აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს.

12.7 ფოცხოვი ქვიშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის შემდეგ, ხდება მისი დამუშავება ევროპული ქვიშის (EN-196-1) სტანდარტის შესაბამისად, აქედან გამომდინარე ჯერ განხორციელდა ქვიშის განლექვა, რათა მოგვეცილებინა ქვიშის მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა მაქსიმალურად. შემდეგ მოხდა გამოშრობა და გრანულომეტრიული შედგენილობის (საცრის ზომები: 2,0; 1,6; 1,0; 0,5; 0,16; 0,08) დადგენა. ფოცხოვი ქვიშის ევროპული სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგები მოცემულია ქვემოთ ცხრილში №3.69.

ცხრილი №3.69

№	საცრის ზომები	გრამები	კერძო, ნარჩენი %	სრული ნარჩენი %
1	2,0	0	0	0
2	1,6	98.7	7.31	7.31
3	1,0	351.4	26.03	33.34
4	0,5	446.1	33.04	66.38
5	0,16	280.1	20.75	87.13
6	0,08	164.6	12.19	99.32
7	<0,08	9.1	0.67	100

ევროპული (EN) სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად, გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგების მიხედვით აგებული იქნა ნახაზ № 3.36, რომელიც მოცემულია ქვემოთ:



ნახ. 3.36. ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის

ფოცხოვი ქვიშის გრანულომეტრიული შედგენილობის შედეგად მოხდა ქვიშის სრული ნარჩენის აღება (7.31%; 33.34%; 66.38%; 87.13%; 99.32%) პროცენტებში.

12.8 **ფოცხოვი ქვიშის** პეტროგრაფიული აღწერილობა, ანანურის კარიერის ქვიშის მიხედვით ძირითადად შედგება დანალექი ქანებისაგან, მცირედ გვხვდება გრანიტის მაგვარი ქანები.

12.9 **ფოცხოვი ქვიშის** ქიმიური მახასიათებლები:

ცხრილი № 3.70

№	Si O ₂	Al O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl	დანაკარგი გახურებისას
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	54,6	15,6	8,8	8,7	3,25	8,24	1,4	0,67

12.9 **ფოცხოვი ქვიშის** შესწავლის შემდეგ მოვახდინეთ მისი დაყალიბება ევროპული EN-196-1 სტანდარტის შესაბამისად.

EN-196-1 სტანდარტის მიხედვით ცემენტი ავიღეთ 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ. ვინაიდან **ფოცხოვი ქვიშა** წყალმომთხოვნი იყო, საჭირო გახდა წყლის დამატება, რათა მიგვეღო ნორმალური კონსისტენციის დუღაბი, აქედან გამომდინარე წყალი დავამატეთ 14.6 გრ, ანუ პროპორციულად მივიღეთ: ცემენტი 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 239.6 გრ (ცდა 1).

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემული ცხრილში №3.71.

ჩვენ მიზანი იყო ადგილობრივი მასალის შედარება ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან ცდა უნდა ჩატარდეს ევროპული სტანდარტის დაცვით, ამიტომ ცდის ჩატარებისას არ მოვახდინეთ ჭარბი წყლის დამატება. ამჯერად პროპორციები გვქონდა 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.

ცემენტის მარკის დადგენა მოხდა 2,7 და 28 დღეზე, მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.72.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცემენტის საპროექტო მარკა

არის 48,5 მკა-ი სტანდარტულ ეტალონურ ქვიშაზე. ცდა I-ით მარკის დადგენისას ცემენტის მარკამ შეადგინა 31.2 მკა. რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 35.7 % ნაკლებია. ხოლო ცდა II-ის შემთხვევაში ცემენტის მარკამ შეადგინა 40.2 მკა რაც საპროექტო მონაცემებთან შედარებით 17.1%-ით ნაკლებია, როდესაც ძელაკებს ვამზადებდით ფოცხოვის ქვიშით.

ცდა 1, ცხრილი № 3.71

№	დასახელება	ლუნვა 2 დღე	ლუნვა 7 დღე	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,022	0,040	0,073	0,066	0,068	0,071	12,99	16,28	27,27	23,19	51,43	48,97	56,34	55,09	56,03	55,61	54,59	55,32	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	2,53	4,71	8,61	7,81	8,04	8,32	8,1	10,2	17,0	14,8	32,1	30,6	35,2	34,5	35,0	34,8	34,2	34,8	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	2,53	4,71	8,19				9,15		15,9		33,9								

ცდა 2, ცხრილი № 3.72

№	დასახელება	ლუნვა 2 დღე	ლუნვა 7 დღე	ლუნვა 28 დღე				კუმშვა 2		კუმშვა 7 დღე		კუმშვა 28 დღე								
				3				4		5		6								
1	ნიმუშის ზომები, სმ	1	2	3				4		5		6								
	სიმაღლე, h სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	სიგანე, α სმ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	განივკვეთის ფართობი, S სმ ²	---	---	---	---	---	---	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	მრღვევი დატვირთვა, P კნ	0,025	0,043	0,073	0,074	0,072	0,070	16,81	15,85	26,4	26,69	52,03	60,33	51,18	60,17	51,31	54,01	52,87	59,56	
4	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	2,87	5,05	8,50	8,61	8,44	8,15	10,5	9,9	16,5	16,7	32,5	37,7	32,0	37,6	32,1	33,8	33,0	37,2	
5	სიმტკიცის ზღვრის გასაშუალებული მნიშვნელობა (ლუნვაზე სამი, ხოლო კუმშვაზე ხუთი უდიდესი შედეგიდან) მპა	2,89	5,05	8,42				10,2		16,6		34,5								

დასკვნები

1. სტუ-ს სამშენებლო ფაკულტეტის „სასწავლო-სამეცნიერო საექსპერტო საგამოცდო ლაბორატორია“-ში ჩატარებულ იქნა კვლევები. ჩვენი მონაწილეობით გამოკვლეული იქნა საქართველოს რეგიონების ქვიშები და მიღებულ იქნა ადგილობრივი სტანდარტული ქვიშა, ეტალონური ვოლგის ქვიშისა და ევროპული ქვიშის ნაცვლად.
2. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „სასწავლო-სამეცნიერო კვლევით ლაბორატორია“-ში სტრუქტურული ანალიზით დადგენილი იქნა ცემენტის ჰიდრატაციის პროცესი, რომ საწყის სტადიაზე 28 დღე-ღამის ასაკში ჰიდრატაციაში შედის ცემენტის 40 – 50 %, დანარჩენი ნაწილი კი ჰიდრატირდება 2 – 3 ათეული წლის განმავლობაში.
3. სტუ-ს სამშენებლო ფაკულტეტის „სასწავლო-სამეცნიერო საექსპერტო საგამოცდა ლაბორატორია“-ში ჩატარებულ იქნა ცემენტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრა, რომელზეც შემდგომ დაყალიბებული იქნა ძელაკები და გამოიცადა სიმტკიცეზე.
4. ჩვენი მიზანი იყო ადგილობრივი მასალის შედარება მომხდარიყო ევროპული (EN) სტანდარტის ქვიშასთან, ცდები ჩატარდა ევროპული სტანდარტის დაცვით, როგორც ჭარბი წყლის დამატებით ისე წყლის დამატების გარეშე. მიღებული იქნა პროპორციები 450 გრ, ქვიშა 1350 გრ და წყალი 225 გრ.
5. ლაბორატორიული ანალიზებით დავაყალიბეთ ეტალონური ნიმუში სტანდარტულ ქვიშაზე და მივირეთ სიმტკიცე, რომელმაც შეადგინა 48,5 მპა.
6. ჩვენი ჩატარებული კვლევებიდან ამორჩეული იქნა ელიტ-ბილდერის, არაგვისპირის და თბილცემენტის მტკვრის ქვიშა, რომლითაც დამზადებულმა ძელაკების სიმტკიცემ შეადგინა სულ 5%, 6,5% და 6,6% რაც უმნიშვნელოდ ცდება ევროპული სტანდარტით დამზადებული ჩვენი ეტალონური ნიმუშის სიმტკიცეს და რომელიც სრულიად მისაღებია ცემენტის მარკის დასადგენად.

7. ჩატარებულია ცემენტის სიმტკიცის გამოცდა სხვადასხვა მეთოდით: სტანდარტული და ექსპრეს მეთოდებით და დაგენილია, რომ ცემენტის გამოცდის მეთოდის ცვლა იწვევს ცემენტის სიმტკიცის ცვლას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ნადირაძე ა. საშენი მასალები და ნაკეთობები. თბილისი: 2011, გვ 45–123.
2. მ. შენგელია. ცემენტის მარკა და აქტივობა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ № 4(60), 2021 106-112 გვ.
3. ჩიქოვანი ა. შენგელია მ. ცემენტის სიმტკიცის ასპექტი სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ № 2(51), 2019 85-92 გვ.
4. შენგელია მ. შავერდაშვილი ნ. ჩიქოვანი ა. მშრალი სამშენებლო ნარევი. სამეცნიერო-ტექნიკური რეფერებადი ჟურნალი „ენერჯია“ №4 (96) 2020 18-22 გვ.
5. ბახტაძე ნ. ტყაბლაძე ვ. შენგელია მ. დეფორმირებული შენობა-ნაგებობათა ფუძე-საძირკვლების გამოკვლევისათვის ჩასატარებელი სამუშაოები. საქართველოს საიჟინრო სიახლენი, №1, vol.92, 2021 98-101 გვ
6. შენგელია მ., გიორგიშვილი ო. ბოჭორიშვილი ნ. სალუქვაძე ი. ადგილობრივი საშენ მასალებზე დამზადებული დანამატებიანი ბეტონების თვისებების კვლევა და დანერგვა სამშენებლო წარმოებასა და საავტომობილო გზების ინფრასტრუქტურა. საქართველოს საიჟინრო სიახლენი, №1, vol.92, 2021 101-103 გვ
7. ნ. ბახტაძე ვ. ტყაბლაძე დ. არსენიშვილი შენგელია მ., შენობის ფუძეების და საძირკვლების დიაგნოსტიკა. საქართველოს საიჟინრო სიახლები, №2 Vol.93, 2021 29-32 გვ
8. ნადირაძე ა; ყურაშვილი დ. შპს წყალმშენი – ლილოს რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადების ტექნოლოგიის კვლევა. სამეცნიერო – ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა. 2 (33), თბილისი: 2014 წელი, გვ 12–15.
9. ნადირაძე ა. შიხიაშვილი ი; გოცაძე დ. ბეტონისა და რკინაბეტონის შპალების დამზადების ტექნოლოგია დანამატების გამოყენებით. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა. 1 (36) 2015 წელი;
10. გაბადაძე თ; სულაძე ი. სწრაფმემკვრადი ცემენტის მიღება და მათი თვისებების კვლევა. მშენებლობა 2 (25) 2012, გვ 23–25.
11. ჩიქოვანი ა. ბეტონის ტექნოლოგია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი: 2015, 185 გვ.
12. ჩიქოვანი ა. საშენი მასალები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი: 2012, 182 გვ.
13. კლიმიაშვილი ლ., გურგენიძე დ., ჩიქოვანი ა. ცემენტები, გამოცდის მეთოდები ევროპულ სამშენებლო ნორმებთან შესაბამისობით. თბილისი, სტუ, 2019, 191 გვ.
14. კლიმიაშვილი ლ., გურგენიძე დ., ჩიქოვანი ა. სამშენებლო მასალათმცოდნეობა. თბილისი, სტუ, 2017, 159 გვ.

15. ჩიქოვანი ა., კლიმაშვილი ლ., გურგენიძე დ. არქიტექტურული მასალათ-მცოდნეობა. თბილისი, სტუ, 2018, 247 გვ.
16. ტურძელაძე მ. ქარუმიძე ზ. მაღალი სიმტკიცის ბეტონების შედგენილობის დაპროექტების თანამედროვე მეთოდები. საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტუალი“ N23, თბილისი, 2013 წ. გვ. 313-316
17. ქარუმიძე ზ., ტურძელაძე მ., ლოლაძე ვ. სუპერპლასტიფიკატორები-ახალი თაობის ბეტონების მიღების ეფექტური საშუალება. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ 2(29), თბილისი 2013 წ. ISSN 1512-3936. გვ. 51-55.
18. ქარუმიძე ზ., ტურძელაძე მ. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ 1(32), თბილისი 2014 წ. ISSN 1512-3936. გვ. 86-90
19. ქარუმიძე ზ. „ Seismic resistance and rehabilitation of buildings“ Superplasticizers in technology of manufacturing of Energy-saving aerated-sandwich articles. International Conference „Seismics-2014 Georgia Tbilisi, 29-30 May, ISBN 978-9941-22-295-5. 2014 გვ. 112-119
20. ქარუმიძე ზ., ნარეკლიშვილით. ტურძელაძე მ. სამშენებლო მასალათმცოდნეობა საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISBN 978-9941-20-828-7 თბილისი, 2017 315 გვ
21. Шмитъко Е.И. Химия цемента и вяжущих веществ / Е.И. Шмитъко, А.В. Крылова, В.В. Шаталова. — СПб.: Проспект Науки, 2012. —206 გვ.
22. Белов В., Петропавловская В., Храмов Н. Строительные материалы. Москва, Изд. АСВ 2014 266 გვ.
23. Шуляков Л., Основин В. Строительные материалы и изделия. Москва, 2021, 319 გვ
24. Алимов Л. Строительные материалы. Москва, 2012, 285 გვ.
25. Wenqiang Zuo, Hela Bessaies-Bey, Qian Tian, Changwen Miao, Nicolas Roussel - Cement and Concrete Research 2021წ 9გვ.
26. I. González-Taboada, B. González-Fonteboa, F. Martínez-Abella, N. Roussel, Robustness of self-compacting recycled concrete: analysis of sensitivity parameters, Mater. Struct. 51 (2018) 8 გვ.
27. S. Naji, S.-D. Hwang, K.H. Khayat, Robustness of self-consolidating concrete in-corporating different viscosity-enhancing admixtures, ACI Mater. J. 108 (2011) 432 გვ.
28. F.V. Mueller, O.H. Wallevik, K.H. Khayat, Linking solid particle packing of eco-SCC to material performance, Cem. Concr. Compos. 54 (2014) 117–125 გვ.
29. W. Zuo, W. She, W. Li, P. Wang, Q. Tian, W. Xu, Effects of fineness and

- substitution ratio of limestone powder on yield stress of cement suspensions, *Mater. Struct.* 52 (2019) 74 გვ.
30. G. Gelardi, R. Flatt, Working mechanisms of water reducers and superplasticizers, *Science and Technology of Concrete Admixtures*, Elsevier, 2016, pp. 257–278.
 31. D. Marchon, S. Mantellato, A. Eberhardt, R. Flatt, Adsorption of chemical admixtures, *Science and Technology of Concrete Admixtures*, Elsevier, 2016, pp. 219–256 გვ.
 32. D. Bonen, Y. Deshpande, J. Olek, L. Shen, L. Struble, D. Lange, K. Khayat, Robustness of self-consolidating concrete, *Proceedings of the Fifth International RILEM Symposium on Self-compacting Concrete*, 2011, pp. 33–42.
 33. S. Nunes, H. Figueiras, P.M. Oliveira, J.S. Coutinho, J. Figueiras, A methodology to assess robustness of SCC mixtures, *Cem. Concr. Res.* 36 (2012) 2115–2122.
 34. K.H. Khayat, G. De Schutter, Mechanical Properties of Self-compacting Concrete, *State-of-the-art Report of the RILEM Technical Committee*, (2016).
 35. H. Bessaies-Bey, R. Baumann, M. Schmitz, M. Radler, N. Roussel, Organic admixtures and cement particles: competitive adsorption and its macroscopic rheological consequences, *Cem. Concr. Res.* 80 (2016) 1–9 გვ.
 36. H.B. Bey, J. Hot, R. Baumann, N. Roussel, Consequences of competitive adsorption between polymers on the rheological behaviour of cement pastes, *Cem. Concr. Compos.* 54 (2014) 17–20.
 37. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106263> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 2021 წლის მაისი.
 38. www.elsevier.com/locate/cemconres უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 2022 წლის თებერვალი.