

თამაზ თავაძე

**ფერდობის და კალთების მდგრადობის  
უზრუნველყოფის საინჟინრო გადაწყვეტები**

წარმოდგენილი დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

ივლისი, 2014 წელი

საავტორო უფლება თამაზ თავაძე, 2014წ

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით თამაზ თავაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “ფერდობისა და კალთების მდგრადობის უზრუნველყოფის საინჟინრო გადაწყვეტები” და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

“——” ივლისი 2014 წელი

ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი  
ვლადიმერ ლოლაძე

რეცენზენტი: სრული პროფესორი  
გუგა ჭოხონელიძე

რეცენზენტი: ტ.მ.კ. ანზორ საკანდელიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2014

ავტორი: თამაზ თავაძე

დასახელება: ფერდობის და კალთების მდგრადობის  
უზრუნველყოფის საინჟინრო გადაწყვეტები

ფაკულტეტი: სამშენებლო

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: 3 ივლისი 2014 წელი

ინდივიდუალური პროვზნებების 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

განასხვავებენ კალთების და ფერდობების მდგრადობის დარღვევის ორ ჯგუფს: საერთო და ადგილობრივს. საერთო მდგრადობის დარღვევებისას მეწყერული პროცესი მოიცავს მიწის ნაგებობების მთლიან კალთას ან ფერდოს ან მასივების უდიდეს ნაწილს. გადაადგილების სიღრმე მოიცავს ათეულობით მეტრს.

ადგილობრივი მდგრადობის დარღვევებისას, როგორც წესი, ხდება არა მთლიანად მასივების, არამედ კალთების ან ფერდობების მხოლოდ ნაწილის რღვევები. მათ აქვთ სხვადასხვა ხასიათი და შეიძლება წარმოიქმნან კალთის ან ფერდოს ნებისმიერ ნაწილში. ასეთ მეწყერები მცირე მოცულობისაა, მაგრამ გამოირჩევიან დიდი სიხშირით და ოდენობით. ადგილობრივი მდგრადობის რღვევის განსაკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ მათი განვითარება შესაძლებელია საერთო მდგრადობის უზრუნველყოფის შემთხვევაშიც, რასაც მომავალში შეიძლება მოყვეს მძლავრი მეწყერების განვითარება და აქტივიზაცია. მეწყერული პროცესების ფორმების მრავალსახეობა განსაზღვრავს სხვადასხვა მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების და ღონისძიებების გამოყენების საჭიროებას. მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების კომპლექსი რეალიზებული უნდა იქნას მისი სრული შემადგენლობით. მეწყერული ფერდოს მდგრადობის განმეორებითი დარღვევის თავიდან აცილების მიზნი არ უნდა მოხდეს კომპლექსის ნაწილობრივი მოწყობა,

კომპლექსში შემავალი თითოეული მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციის დანიშნულებაა მეწყერების წარმოქმნის ერთი ან რამდენიმე მიზეზის აღმოფხვრა. მიწის ნაგებობების ფერდობებში მეწყერების განვითარების ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია მათზე ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ზემოქმედება. ის იწვევს გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ცვლილებას მათი გაწყლოვანების გამო – მათი სიმტკიცის შემცირებას, გრუნტის წყლის დონის ამაღლების გამო – ჰიდროდინამიკური და ფილტრაციული ძალების გაზრდას, სუფოზიის წარმოქმნას, ძირითად ქანებთან ნაფარი გრუნტების საკონტაქტო ზედაპირების გაწყლოვანებას. ამგვარად, მიწის ნაგებობების ფერდობების დეფორმაციებთან ბრძოლის პირველი რიგის ღონისძიებას წარმოადგენს ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩანადენების რეგულირება.

შემდეგ ღონისძიებას წარმოადგენს გრუნტების დამაგრება სხვადასხვა ტექნიკური საშუალებებით, მათ შორის – გრუნტის დამკრის შემაკავებელი ცალკეული კონსტრუქციული სისტემების მოწყობით, მაგალითად, გრუნტული ანკერებით ან გრუნტის შემაკავებელი ნაგებობებით.

თავისი სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების თანამედროვე ეტაპზე საქართველო, რომელიც წარმოადგენს რთული გეოგრაფიული რელიეფის ქვეყანას, უდიდეს ძალისხმევას იჩენს განვითარებული ტურისტული და საკურორტო კომპლექსების და, შესაბამისად, განვითარებული ინფრასტრუქტურის მქონე ქვეყნების დონეზე გასასვლელად. იდება მნიშვნელოვანი ინვესტიციები ახალი მიწების ათვისების, მაგისტრალური სატრანსპორტო გზების და კომუნიკაციების გაყვანის, სამრეწველო და საცხოვრებელი კომპლექსების მშენებლობის და რეკონსტრუქციის, ქვეყნის უამრავ რეგიონში მეწყერების ზემოქმედების შედეგად უბინაოდ დარჩენილი მოსახლეობის საცხოვრებელი ფართით უზრუნველყოფის მიზნით.

ყოველივე ზემოაღნიშნული აუცილებელს ხდის არასტაბილური ბუნებრივ – გეოლოგიური პირობების მქონე, კერძოდ, ისეთი გავრცელებული და საშიში მოვლენებით, როგორსაც წარმოადგენენ მეწყერები – გრუნტებზე უკვე აგებული და ასათვისებელ ტერიტორიებზე ასაგები ნაგებობების საექსპლუატაციო საიმედოობისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების გამოსავლენად კვლევებისა და შესაბამისი სამუშაოების ჩატარებას. სწორედ ზემოთ დასმული პრობლემები არის განხილული და გადაწყვეტილი დისერტაციაში, რაც მის აქტუალურობას უდავოს ხდის.

დისერტაციის მიზანია მიწის ნაგებობების ფერდობის სტაბილიზაციის უზრუნველსაყოფად ერთიანი კონსტრუქციული სისტემების ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების დამუშავება, რომელიც ერთდროულად შეასრულებს ჩამონგრევისაგან (ჩამოშლისაგან) გრუნტის მასების შეკავების და წყლის დაჩქარებულად მოშორების, გრუნტის გამოშრობის (გაუწყლოვანების) ფუნქციებს.

სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში - კონკრეტული ადგილობრივი პირობების მიხედვით შემოთავაზებულია კონსტრუქციული სისტემები შემდეგი კომბინაციებით:

1. გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა;
2. გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა – მასივის დამამაგრებელი ტორკრეტ გარსი (მემბრანე);

3. გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა - მსუბუქი საყრდენი კედელი;
4. გრუნტული ანკერი – ამოსაღები გრუნტული ანკერის სისტემა.

გრუნტის წყალგადაცემის დაჩქარების მიზნით დასაბუთებულია სადრენაჟო სისტემაში ელექტროსმოსის გამოყენების ეფექტურობა. ფოლადის საანკერო მჭიმების და გრუნტში ჩასობილი ფოლადის ღეროს გამოყენებით..

დამუშავებულია კომბინირებული სისტემების მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესი, როდესაც თითოეული კონსტრუქციული ელემენტი უზრუნველყოფს ორი ან მეტი შეთავსებული, პარალელური ფუნქციების შესრულებას და ერთად ახდენენ მიწის ნაგებობის ფერდობის სტაბილიზაციას.

შემოთავაზებულია ახალი ტიპის, ამოსაღები გრუნტული ანკერების ვარიანტები. ისინი საშუალებას იძლევიან გამოყენებული ანკერული მჭიმები დაუზიანებლად იქნენ ამოღებული, როდესაც აღარ იქნება მათი ექსპლუატაციის საჭიროება.

## Summary

There are two groups that violate the stability of the slopes and hillsides- general and local. During the violations of the general stability, the landslide process includes the whole slope or the hillside, or the larger part of the massifs. The displacement depth is tens of meters.

During the violations of the local sustainability, as a rule, not the whole massifs, but the slopes or hillsides collapse, they have different nature and may result in any part of the slope or hillside. Only such landslides have much smaller volume, but they occur with greater frequency and a significant amount. The uniqueness of the local stability violation lies in the fact that their development is possible even if the overall stability is provided, which in the future may lead to the development of powerful landslides and activation.

The variety of landslide processes determines the necessity of use of different forms of anti-landslide constructions and taking special measures. The landslide complex structures must be realized in their full composition. The partial realization of the complexes shall not be allowed in order to prevent a repetition of landslide of the slope sustainability. The complex structure of each anti-landslide system has been designed to eliminate one or more reasons of landslide production. One of the main reasons for landslide development to the building in the land is the impact of the surface water and groundwater. It causes the physical - mechanical changes of the soil due to its saturation, reduction of strength due to the rise in groundwater level, increase of filtration and hydrodynamic forces, formation of suffusion, saturation of soil contact surfaces with rocks. Thus, the first-order measure to fight the land and structure slope deformation is to regulate the surface and underground water flows. The further action is the soil fortification with various technical means, including the arrangement of the ground slide deterrent separate structural systems, such as soil anchors and ground deterrent structures. At the socio - economic development of the modern stage, Georgia, which is situated in the difficult geographical terrain, demonstrates the greatest efforts to achieve the level of developed countries through developing tourism and resort complexes. The significant investments have been carried out to explore new lands, to lay the main transport routes and communications, construct and reconstruct the industrial and residential complexes, and in many regions of the country to provide housing for numerous homeless households due to the impact of landslides.



The foregoing makes it necessary to carry out necessary research and relevant work to identify the technical and technological solutions to provide reliability and operational safety of the constructions in the soils or the buildings which are to be constructed on the soils that are characterized by unstable natural - geological conditions, particularly the grassroots and dangerous event, such as a landslide. The problems raised above are discussed and solved in the dissertation, which gives it the undeniable urgency.

**The purpose of the dissertation** is to provide and process the technical and technological solutions for common ground constructions in order to stabilize the slope structural systems, which simultaneously will function to prevent the collapse (topple) of soils, deter the ground water, remove the water hastily, and dry (dehydrate) the soil. The **scientific innovation** is as follows: According to the specific local conditions, the following structural system combinations have been proposed:

1. Soil anchors - the drainage system;
2. Soil anchors - Drainage system – the massif fortification (torkret shell) membranes;
3. Soil anchors - Drainage system - light support wall;
4. Soil anchors - - anchors recoverable system.

In order to accelerate the underground water discharge, use of electrical osmoses within the drainage system proved to be effective, using the steel anchors in the form of electrodes and the axis driven into the soil, which will be removed out of the soil after the dehydration process of the soil is complete.

The technological process for arrangement of combined systems has been developed, where each of the structural elements ensures provision of two or more compatible, parallel functions, which guarantee the land construction slope stabilization. Proposed a new type of recoverable soil anchors, which are reusable and allow removal without damaging them.

## ცხრილების ნუსხა

ცხრ. 2.1 მიღებული შედეგები -----	42
ცხრ. 4.1 არმატურის სპეციფიკაციები -----	90
ცხრ. 4.2 ანკერების მჭიმებში აღძრული გამჭიმავი ძალები -----	94
ცხრ. 4.3 ანკერების ჭიმებისათვის საჭირო განივკვეთები -----	96
ცხრ. 5.1 ქვიშოვან გრუნტში სადრენაჟე მილისდან გამოსული წყალი -	103
ცხრ. 5.2 ექსპერიმენტის ეტაპების მიხედვით წყლის გამოდინება -----	104
ცხრ. 5.3.1 გამონადენი წყლის რაოდენობა -----	114
ცხრ. 5.3.2 ეტაპების და სერიების მიხედვით წყლის ხარჯი -----	114
ცხრ. 5.4.1 გამონადენი წყლის რაოდენობა -----	115
ცხრ. 5.4.2 ეტაპების მიხედვით წყლის ხარჯი -----	116
ცხრ. 5.5.1 გამონადენი წყლის რაოდენობა -----	120
ცხრ. 5.5.2 ექსპერიმენტის მსვლელობისას წყლის ხარჯი -----	121
ცხრ. 5.6.1 გამონადენი წყლის რაოდენობა -----	123
ცხრ. 5.6.2 ეტაპების და სერიების მიხედვით წყლის ხარჯი -----	125
ცხრ. 5.7.1 ქვიშნაროვან გრუნტში გამოსული წყლის რაოდენობა -----	125
ცხრ. 5.7.2 ექსპერიმენტის მსვლელობისას წყლის ხარჯი -----	126
ცხრ. 5.8.1 ქვიშოვან გრუნტში გამოსული წყლის რაოდენობა -----	129
ცხრ. 5.5.2 ექსპერიმენტის მსვლელობისას წყლის ხარჯი -----	130
ცხრ. 6.1 გოგირდიანი და ცემენტის ბეტონების შედარება -----	136
ცხრ. 6.2 მრღვევი ძალების განსაზღვრა -----	140
ცხრ. 7.1 საყრდენი კედლების მარკირება -----	144
ცხრ. 7.2 მასალის ხარჯი ანკერების მოსაწყობად -----	145
ცხრ. 7.3 მასალების საერთო ხარჯი -----	146

## ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1.1	მეწყერსაწინააღმდეგო მასიური საყრდენი კედლების სქემები --	21
ნახ. 1.2	ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილები-----	22
ნახ. 1.3	საანკერო მჭიმის დაჭიმვა -----	22
ნახ. 1.4	ჭაბურღილი საანკერე კომპლექტით -----	23
ნახ. 1.5	ქვაბულის ფერდობების დროებითი დამაგრება -----	23
ნახ. 1.6	თვითმცოცავი საბურღი მანქანა -----	24
ნახ. 1.8	კომპლექსური სადრენაჟე ანკერების ვარიანტები -----	29
ნახ. 1.7.	კომპლექსური სისტემების მუშაობის პრინციპის ვარიანტები –	30
ნახ. 1.9	ყალიბი საყრდენი კედლის დაბეტონებისათვის -----	31
ნახ. 1.10	საყრდენი კედლის გამოყენების ვარიანტები -----	32
ნახ. 2.1	შემოთავაზებული კომპლექსური მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემა	35
ნახ. 2.2	არსებული (ტრადიციული) საყრდენი კედელი -----	
36		
ნახ. 2.3	-----	39
ნახ. 2.4.	-----	41
ნახ. 3.1	საყრდენი კედლის პროფილის ვარიანტები -----	44
ნახ. 3.2	მასიური ვერტიკალური საყრდენი კედელი -----	
49		
ნახ. 3.3.	დახრილი მასიური საყრდენი კედელი -----	51
ნახ. 3.4	-----	52
ნახ. 3.5	-----	53
ნახ. 3.6	მღუნავი მომენტების ეპიურა -----	55

ნახ. 3.7	საყრდენი კედლის დაარმატურება -----	57
ნახ. 3.8	-----	58
ნახ. 3.9	მღუნავი მომენტების ეპიურა -----	60
ნახ. 3.10	საყრდენი კედლის დაარმატურება -----	62
ნახ. 3.11	-----	63
ნახ. 3.12	-----	64
ნახ. 3.13	მღუნავი მომენტების ეპიურა -----	

66

ნახ. 3.14	საყრდენი კედლის დაარმატურება -----	67
ნახ. 3.15	საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა -----	68
ნახ. 3.16	-----	68
ნახ. 3.17	-----	70
ნახ. 3.18	-----	71
ნახ. 4.1	საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა -----	74
ნახ. 4.2	საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა -----	75
ნახ. 4.3	საყრდენი კედლის კონსტრუქციული ნაწილი-----	75
ნახ. 4.4	ლენტური საყრდენი კედლის დაარმატურება (თიხნარი) -----	77
ნახ. 4.5	ლენტური საყრდენი კედლის დაარმატურება (ქვიშნარი) -----	79
ნახ. 4.6	სვეტებიანი საყრდენ კედელი -----	80
ნახ. 4.7	სვეტის დაარმატურება -----	81
ნახ. 4.8	კედლის გადაანგარიშებისათვის -----	82
ნახ. 4.9	კედლის დაარმატურება -----	83
ნახ. 4.10	სვეტის დაარმატურება -----	84
ნახ. 4.11	კედლის დაარმატურება -----	85
ნახ. 4.12	სვეტის დარმატურება -----	86
ნახ. 4.13	საყრდენი კედლის დაარმატურება -----	87
ნახ. 4.14	სვეტის დაარმატურება -----	88

ნახ. 4.15	კედლის დაარმატურება -----	89
ნახ. 4.16	საყრდენ კედლებში გრუნტული ანკერების განთავსება -----	90
ნახ. 5.1	მოდელის სქემა -----	100
ნახ. 5.2	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	101
ნახ. 5.3	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	105
ნახ. 5.4	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	106
ნახ. 5.5	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	106
ნახ. 5.6	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	107
ნახ. 5.7	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	107
ნახ. 5.8	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	108
ნახ. 5.9	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	108
ნახ. 5.10	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	110
ნახ. 5.11	5.2 ცხრილის მონაცემებით-----	111
ნახ. 5.12	5.2 ცხრილის მონაცემებით-----	111
ნახ. 5.13	5.2 ცხრილის მონაცემებით-----	112
ნახ. 5.14	5.1 ცხრილის მონაცემებით-----	112
ნახ. 5.15	5.3.1 ცხრილის მონაცემებით-----	115
ნახ. 5.16	5.4.1 ცხრილის მონაცემებით-----	117
ნახ. 5.17	5.4.1 ცხრილის მონაცემებით-----	117
ნახ. 5.18	5.4.1 ცხრილის მონაცემებით-----	118
ნახ. 5.19	5.4.1 ცხრილის მონაცემებით-----	118
ნახ. 5.20	5.4.1 ცხრილის მონაცემებით-----	119
ნახ. 5.21	5.4.1 ცხრილის მონაცემებით-----	119
ნახ. 5.22	5.4.1 ცხრილის მონაცემებით-----	120
ნახ. 5.23	5.1 და 5.2 ცხრილის მონაცემებით-----	121
ნახ. 5.24	5.1 და 5.2 ცხრილის მონაცემებით -----	122
ნახ. 5.25	5.6.1 ცხრილის მონაცემებით-----	123

ნახ. 5.26	5.7.1 ცხრილის მონაცემებით-----	127
ნახ. 6.1	-----	132
ნახ. 6.2	-----	133
ნახ. 6.3	-----	133
ნახ. 6.4	გრუნტული ანკერი “ტიტანი”-----	134
ნახ. 6.5	კორეული წარმოების ამოსაღები გრუნტული ანკერი-----	135
ნახ. 6.6	გოგირდბეტონით ჩამაგრებული ანკერული სისტემა-----	135
ნახ. 6.7	გოგირდბეტონიანი ნიმუშების დამზადება-----	137
ნახ. 6.8	გამოსაცდელი ნიმუშები -----	138
ნახ. 6.9	არმატურის ბეტონან შეჭიდულების გამოცდის სქემა-----	138
ნახ. 6.10	არმატურის ბეტონან შეჭიდულების გამოცდა--	----- 139
ნახ. 6.11	გამოცდილი ნიმუში -----	139
ნახ. 6.12	გამოცდილი გოგირდბეტონიანი ნიმუშები -----	140
ნახ. 6.13	გოგირდბეტონის ელექტროგახურება-----	141

# შინაარსი

სარჩევი

83

შესავალი	-----	15
<b>თავი 1</b>	<b>პრობლემის გადაწყვეტის მეთოდები და არსებული მეთოდების ანალიზი</b>	<b>----- 17</b>
1.1.	პრობლემების გადაწყვეტის მეთოდები.	
1.2.	არსებული მეთოდების ანალიზი.	
1.3.	გამოკვლევის მიზნები და პრობლემის შემოთავაზებული გადაწყვეტა.	
1.4.	პრობლემის გადაწყვეტის შედეგად მიღებული რეზულტატების წინასწარი ანალიზი.	
<b>თავი 2</b>	<b>მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები და გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის</b>	<b>----- 34</b>
2.1.	შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები.	
2.2.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის.	
2.2.1.	წინასწარი მონაცემები.	
2.2.2.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება მშრალი ქვიშისათვის (ქვიშნარისათვის).	
2.2.3.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება მშრალი თიხნარისათვის (თიხისათვის).	
2.2.4.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება წყალნაჯერი ქვიშისათვის	
2.2.5.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება წყალნაჯერი თიხნარისათვის	
<b>თავი 3</b>	<b>ტრადიციული საყრდენი კედლების გაანგარიშების ვარიანტები</b>	<b>----- 43</b>
3.1.	საწყისი მონაცემები	
3.2.	მასიური საყრდენი კედლების გაანგარიშება.	
3.2.1.	საყრდენი კედლის ოპტიმალური მოხაზულობის და გეომეტრიული ზომების წინასწარი დადგენა.	
3.2.2.	ვერტიკალური მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშება.	

- (გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი) .
- 3.2.3. დახრილი მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშება.  
(გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი).
- 3.3. ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის უანკერო საყრდენი კედლების გაანგარიშება.
- 3.2.1. გრუნტი – მშრალი ქვიშნარი.
- 3.3.2. გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი.
- 3.4. ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის ანკერებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშება.
- 3.4.1. გრუნტი-მშრალი ქვიშნარი.
- 3.4.1. გრუნტი-წყალნაჯერი თიხნარი.

**თავი 4 შემოთავაზებული მეწყერსაწინააღმდეგო გრუნტულანკერებიანი კომბინირებული სისტემების ვარიანტების გაანგარიშება ----- 72**

- 4.1. გრუნტულანკერებიანი კომბინირებული სისტემის ოპტიმალური კონსტრუქციული გადაწყვეტის დადგენა.
- 4.2. მონოლითური რკინაბეტონის ლენტური საყრდენი კედლების გაანგარიშება (კედლის ერთი გრძივი მეტრისათვის).
- 4.2.1. წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის.
- 4.2.2. მშრალი ქვიშნარის (ქვიშის) შემთხვევისათვის.
- 4.3. სვეტებიანი საყრდენი კედლების გაანგარიშება.
- 4.3.1. წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის.
- 4.3.2. მშრალი ქვიშნარის შემთხვევისათვის.
- 4.4. სვეტებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშება B30 კლასის ბეტონის შემთხვევაში.
- 4.4.1. მშრალი ქვიშნარის შემთხვევისათვის.
- 4.4.2. წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის.
- 4.5. არმატურის სპეციფიკაციები მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლების 10 გრძ. მეტრისათვის.
- 4.6. კომბინირებული სისტემების გრუნტული ანკერების გაანგარიშება.
- 4.6.1. საწყისი მონაცემები გაანგარიშებისათვის.
- 4.6.2. ანკერის მჭიმების დიამეტრების განსაზღვრა.
- 4.6.3. გრუნტში ანკერების ჩამაგრების (ჩაკეთების) გაანგარიშება.



**თავი 5**      **გამოსაშრობ გრუნტში ჰორიზონტალური  
სადრენაჟე ჭაბურღილიდან ფილტრირებული წყლის  
გამოდინების ელექტროსმოსით ამაღლების  
შესაძლებლობის გამოკვლევა ----- 98**

- 5.1. ელექტროსმოსით გრუნტების გამოშრობის ძირითადი დებულებები.
- 5.2. ფერდობის და კალთების გრუნტის გამოშრობის პროცესის დაჩქარების შესაძლებლობის გამოკვლევა მოდელირებით, ჰორიზონტალური სადრენაჟე სისტემებით, ელექტროსმოსის გამოყენებით.
- 5.2.1. ექსპერიმენტული მოდელი და გამოკვლევების ჩატარების მეთოდика.
- 5.2.2. ქვიშოვან გრუნტებზე ექსპერიმენტების შედეგები.
- 5.2.3. ქვიშნაროვან გრუნტებთან ექსპერიმენტების შედეგები.

**თავი 6**      **ამოსაღები გრუნტული ანკერების არსებული ტიპების  
გაუმჯობესების შესაძლებლობები გოგირდბეტონის  
გამოყენებით----- 132**

- 6.1. ამოსაღები გრუნტული ანკერები
- 6.2. გოგირდბეტონის გამოყენება გრუნტული ანკერების ჩასამაგრებლად

**თავი 7**      **მეწყერდამცავი სისტემების არსებული (ტრადიციული)  
და შემოთავაზებული კონსტრუქციული და  
ტექნოლოგიური გადაწყვეტების ტექნიკურ-  
ეკონომიკური შედარება ----- 142**

- 7.1. ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების მეთოდика.

**ძირითადი დასკვნები ----- 148**

## შესავალი

საქართველო წარმოადგენს რთული გეოგრაფიული რელიეფის მქონე ქვეყანას, სადაც ახალი მიწების ათვისების, მაგისტრალური სატრანსპორტო გზების და კომუნიკაციების გაყვანას, სამრეწველო და საცხოვრებელი კომპლექსების მშენებლობის და ექსპლუატაციის დროს, ხშირად ფერდობზე და კალთებზე ადგილი აქვს გრუნტის ცოცვადობით გამოწვეულ ბუნებრივ გადაადგილებებს და მეწყერულ მოვლენებს. ამიტომ მათი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად საჭირო ხდება სხვადასხვა ტიპის შემკავებელი, წყალამრიდი, სადრენაჟო და დამცავი კონსტრუქციული სისტემების მოწყობა. უპირველეს ყოვლისა ეს შეეხება ზვავსაშიშ რაიონებს, რაც მოითხოვს მეწყერებისაგან გზების, ნაგებობების და გარემოს დაცვის საიმედო გადაწყვეტებს, შესაბამისი ღონისძიებების სწორ და დროულ განხორციელებას.

საქართველოს ბევრ რაიონში გვხვდება მნიშვნელოვანი მეწყერსაშიში ადგილები. მეწყერული მოვლენების მასშტაბი, განსაკუთრებით ბოლო წლებში, დიდია. საქართველოს ქალაქებსა და დასახლებულ პუნქტებში, რთული რელიეფით, ფერდობზე განთავსებული ნაგებობებით – გრუნტის ცოცვადობით გამოწვეული ბუნებრივი გადაადგილებების გარდა, წარმოიქმნება დამატებითი გადაადგილებები და მეწყერები მოძველებული, დაზიანებული კატასტროფული მოვლენები ხდება საქართველოს სხვადასხვა რაიონებში ყოველწლიურად (აჭარის მაღალ მთიანი სოფლები, რაჭა, ყაზბეგი, სვანეთი და სხვა). ბუნებრივი გამოვლენის ასეთი სურათი, განსაკუთრებით საქართველოს ტერიტორიის სეისმურობასთან ერთად, როცა მიწისძვრის დროს წარმოებს გრუნტის გათხევადების მოვლენები, მოითხოვს დროულ ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ გადაწყვეტებს.

ამაცილებელი ღონისძიებების ეფექტურობა უნდა ემყარებოდეს კომპლექსურ გადაწყვეტებს, რომლებიც შეიცავენ სხვადასხვა დანიშნულების

მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების ერთობლივ გამოყენებას: შემკავებელი, წყალამრიდი, სადრენაჟო და დამცავი, რომლებიც უზრუნველყოფენ ფერდობების ზედაპირულ გამაგრებას, აგრეთვე მათ ადგილობრივ მდგრადობას. ახალი ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების შემუშავება აქტუალურია არა მხოლოდ ქვეყნის ტერიტორიის ცალკეული ნაწილების სრულფასოვანი ათვისებისათვის, არამედ მათი გამოყენების ფართო სფეროს წარმოადგენს ცალკეული ობიექტების მშენებლობა. მშენებლობის მასშტაბებისა და შესაძლებლობების მზარდ ტენდენციებთან ერთად სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება მიწის სამუშაოების წარმოების დროს შენობა-ნაგებობების ქვაბულის კედლების გრუნტის ჩამოშლისაგან დაცვა. ქვაბულის კედლების გამაგრების პრობლემები. განსაკუთრებით მწვავედ დგას მჭიდროდ განაშენიანებულ, შეზღუდულ ადგილებში მშენებლობის დროს.

ქვაბულის კედლების სხვადასხვა კონსტრუქციული სისტემებით გამაგრების შემთხვევაში ძალზე რთულდება თვით ქვაბულის შიგნით სამუშაოების წარმოება. დამონტაჟებული კონსტრუქციები ხშირად ხელს უშლიან არა მარტო მიწის სამუშაოების წარმოებას, არამედ შენობების საძირკვლისა და მიწისზედა ნაწილის აგებას. აღნიშნული სირთულეების თავიდან აცილების მიზნით აქტიურად დაიწყო გრუნტული ანკერების გამოყენება. მათი საშუალებით დამონტაჟებული გამაგრების კონსტრუქციები მართალია ხელს აღარ უშლიან მშენებლობის წარმოებას, მაგრამ შეუძლებელი ხდება სამუშაოების დასრულების შემდეგ მათი გრუნტიდან ამოღება. გაცილებით პროგრესულია ამოსაღები გრუნტული ანკერები. მათი უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს ის რომ საჭიროა სხვადასხვა ჩასამაგრებელი დეტალების ქარხნული წესით დამზადება, რომელთა ამოღება და მრავალჯერადი გამოყენება შემდეგ ვერ ხერხდება. არსებული სისტემების გამოკვლევის და შედარების პროცესში გამოიკვეთა შემოთავაზებული

გოგირდბეტონით ჩამაგრებული ამოსაღები გრუნტული ანკერების უპირატესობა. მათი მოწყობა მარტივად ხდება სამშენებლო მოედანზე. ამასთან ექსპერიმენტალურად დადასტურდა, რომ გოგირდბეტონის 130-140°C-მდე გახურების შედეგად ყოველგვარი გართულების გარეშე შეიძლება ანკერების დაუზიანებლად ამოღება და მათი ხელმეორედ გამოყენება.

## თავი 1.

### პრობლემის გადაწყვეტის მეთოდები და არსებული მეთოდების ანალიზი.

#### 1.1. პრობლემების გადაწყვეტის მეთოდები

კალთების და ფერდობების სამაგრი კონსტრუქციები, გარე ძალოვანი და კლიმატური ზემოქმედებისაგან გრუნტის დამცავი ფუნქციების მიხედვით შესაძლებელია დაყოფილი იქნენ შემდეგ ჯგუფებად:

- ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩანადენების მარეგულირებელი კონსტრუქციები (მათ, კერძოდ, მიეკუთვნება დრენაჟის ყველა ტიპი);
- მეწყერსაწინააღმდეგო დამჭერი კონსტრუქციები (ხიმინჯოვანი კონსტრუქციები, საყრდენი კედლების და ანკერული დამაგრების ყველა სახეობა);
- მიწის ნაგებობების კალთების და ფერდობების ზედაპირების სამაგრი კონსტრუქციები (მათ მიეკუთვნება ფერდობების ზედაპირების ბიოლოგიური და აგლოსამელიორაციო სამაგრები, გეოტექსტილი);
- ნაპირსამაგრი კონსტრუქციები (ბუნებრივი და ხელოვნური მასალები).

ნაშრომში ჩვენ ვიხილავთ მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების პირველ ორ ტიპს – სადრენაჟო სისტემებს და ანკერული ჩამაგრებებს საყრდენი კედლებით.

სადრენაჟო კონსტრუქციებს, როგორც წესი, იყენებენ მეწყერული მასივების ან მისი ცალკეული წყალგამტარი შრეების გამოშრობის, გრუნტის წყლების დონის დაწევის და მათი დაწნევის შემცირების მიზნით. აღნიშნული ამაღლებს მეწყერული ფერდოს მდგრადობას, ქმნის მათზე მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციის აგების სათანადო პირობებს, უზრუნველყოფს მიწის ნაგებობის სტაბილურობას. ცალკეული შრეების და პლასტების გამოშრობა (გაუწყლოვნება) ამაღლებს გრუნტების სიმტკიცეს საკონტაქტო ზონაში ან აღმოფხვრის სუფოზურ მოვლენებს ქვიშოვან შრეებში.

მეწყერსაწინააღმდეგო დრენაჟების სრული ნომენკლატურიდან ფართო გამოყენება ჰპოვეს ტრანშეულმა ჰორიზონტალურმა მილოვანმა დრენაჟებმა, რომლებიც არა მხოლოდ ადაბლებენ გრუნტის წყლების დონეს, არამედ მათ წარმატებით იჭერენ და გაყავთ მიწის ნაგებობის ან ფერდოს ზონებიდან. ტრანშეულ ჰორიზონტალურ მილოვან დრენაჟებს იყენებენ 2-5 მეტრის სიღრმეში არსებულ გრუნტის წყლებისათვის.

მშენებლობის პრაქტიკაში ჰორიზონტალური დრენირების მეთოდებს ცალკეულ შემთხვევაში იყენებენ ღრმა მთხრებლის ფერდოებში. ამასთან გამოიყენება ჰორიზონტალური სადრენაჟო ნაბურღები, რომლებშიც ატარებენ მილფილტრებს მთხრებლის ფერდოს ძირში.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში, ჰორიზონტალური ან დახრილი ბურღვისათვის გამოსაყენებელი მოწყობილობის დეფიციტი მნიშვნელოვანწილად აფერხებდა ამ ეფექტური მეთოდის ფართოდ გამოყენების შესაძლებლობას, რითაც ამცირებდა მეწყერული მონაკვეთების სტაბილიზაციისათვის საჭირო კომპლექსური ღონისძიებების ეფექტურობას. ამავე დროს წყალამცილებელი და სადრენაჟო ნაგებობები არ არის ძვირადღირებული, არ საჭიროებენ მნიშვნელოვან სამშენებლო დანახარჯებს, ხოლო მასალების ხარჯვა უმნიშვნელოა.

საზღვარგარეთ დრენირება – მეწყერების სტაბილიზაციის ხშირად გამოყენებული მეთოდია. როგორც წესი, საზღვარგარეთულ პრაქტიკაში

გამოყენება ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების გადაყვანის, მათი დონის დაწვევის და ჩადინების რეგულირების კომპლექსური გადაწყვეტები. ჰორიზონტალურმა ნაბურღმა დრენაჟებმა ბევრ ქვეყანაში, მეწყერსაწინააღმდეგო ბრძოლის პრაქტიკიდან გამოდევნეს სადრენაჟო შტოლნები და გალერეები. მნიშვნელოვანწილად ჰორიზონტალური დრენირების მეთოდების ფართოდ გავრცელებას ხელი შეუწყო ჰორიზონტალური და დახრილი ბურღვის მანქანების და მოწყობილობების დაჩქარებულმა განვითარებამ, აგრეთვე სხვადასხვა განიკვეთის, ფორმის და დანიშნულების პლასტების დრეკადი დრენების შექმნამ. პრაქტიკულად საზღვარგარეთ მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ნებისმიერი კომპლექსი იწყება მეწყერული ფერდოს ჰორიზონტალური დრენაჟის მოწყობის სამუშაოებით.

საანკერო კონსტრუქციები წარმოადგენენ შემკავებელი მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობების ერთ-ერთ ტიპს, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია დამოუკიდებელი კონსტრუქციული გადაწყვეტის სახით, ან დრეკად საყრდენ კედლებთან, შპუნტურ სამაგრ ელემენტებთან კომბინაციაში, აგრეთვე ისეთ კონსტრუქციებთან ერთად, როგორცაა ბურღტენილი ხიმინჯები და სხვადასხვა დანიშნულების საყრდენი კედლები.

განასხვავებენ გრუნტის ანკერებს, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია აუთვისებელ ტერიტორიებზე პოტენციური მეწყერული კალთების ან განაშენიანებული ფერდოების (შენობა-ნაგებობები, გზები) სტაბილიზაციისათვის და ანკერ-მჭიმებს, რომლებიც გამოიყენება კომბინირებული ტიპის მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციებში. ამ შემთხვევაში ანკერ-მჭიმები შეიძლება იყოს დროებითი და მუდმივი. დროებითი ანკერების სამსახურის ვადაა 1-2 წელი. მუდმივ ანკერებს აწყობენ 50 წლიან სამსახურის ვადაზე გაანგარიშებით.

ანკერ-მჭიმებს, როგორც წესი, იყენებენ ისეთ კონსტრუქციულ გადაწყვეტებში, როდესაც საჭიროა მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების მოწყობა შეზღუდულ პირობებში. ასეთი პირობები შეიძლება დაკავშირებული

იყოს საერთო მეწყერულ გარემოებასთან ან გზის განაშენიანებასთან, როცა გამოყოფილი მიწების ფართობი შეზღუდულია. ასეთ შემთხვევაში მასიური საყრდენი კედლების გამოყენება არმოჩნდება ხოლმე შეუძლებელი. ამასთან დაკავშირებით მიზანშეწონილია ანკერ-მჭიმებიანი დრეკადი რკინაბეტონის ანაკრები ან მონოლითური ელემენტების ვარიანტი. ასეთი კონსტრუქცია დებულობს დაწნევას მის უკან განთავსებული ჩამონგრევის მთელი პრიზმიდან და შესაძლებელია მოწყობილ იქნეს ერთ ან რამდენიმე იარუსად, ნაგებობის ან გზის დასაცავი მონაკვეთის მუშა ნიშნულის მხედველობაში მიღებით. გრუნტული ანკერების მუშაობის პრინციპი დაკავშირებულია მათ გამოყენებასთან, როგორც წესი, დამოუკიდებელი კონსტრუქციების სახით, დამატებითი ელემენტების გარეშე.

გრუნტული საანკერო კონსტრუქციის მუშაობა, სხვა ტიპებისაგან განსხვავებით (საყრდენი კედლები, ბურღტენილი ხიმინჯები და სხვ.), დამყარებულია მეწყერული ან პოტენციურად მეწყერული გრუნტის მასის მიწოლაზე (მიკუმშვაზე) მდგრად გრუნტებზე და ამით საყრდენი შემკავებელი პრიზმის შექმნაზე, რომელმაც უნდა მიიღოს საანგარიშო მეწყერული დაწნევა. ანკერული კონსტრუქციის ელემენტები ანკერ-მჭიმების გამოყენებით შესაძლებელია გამოყენებულ იქნენ უკვე ექსპლუატაციაში მყოფი ასეთი კონსტრუქციების გასამაგრებლად.

მეწყერსაწინააღმდეგო საყრდენი კედლები გამოიყენება მათ უკან არსებული სრიალის და გამოწნევის მცირე მეწყერების სტაბილიზაციისათვის (როცა მეწყერული დაწნევა მცირედ აღემატება აქტიურ დაწნევას ჩამონგრევის პრიზმისაგან).

მეწყერული დაწნევის დიდი მნიშვნელობების დროს ერთი მძიმე კედლის ნაცვლად განათავსებენ მსუბუქი მეწყერსაწინააღმდეგო კედლების რამდენიმე იარუსს, რომლებიც გაანგარიშებულია მეწყერული დაწნევის შესაბამის ნაწილზე, ან საყრდენ კედლებს ცვლიან ხიმინჯოვანი კონსტრუქციებით.

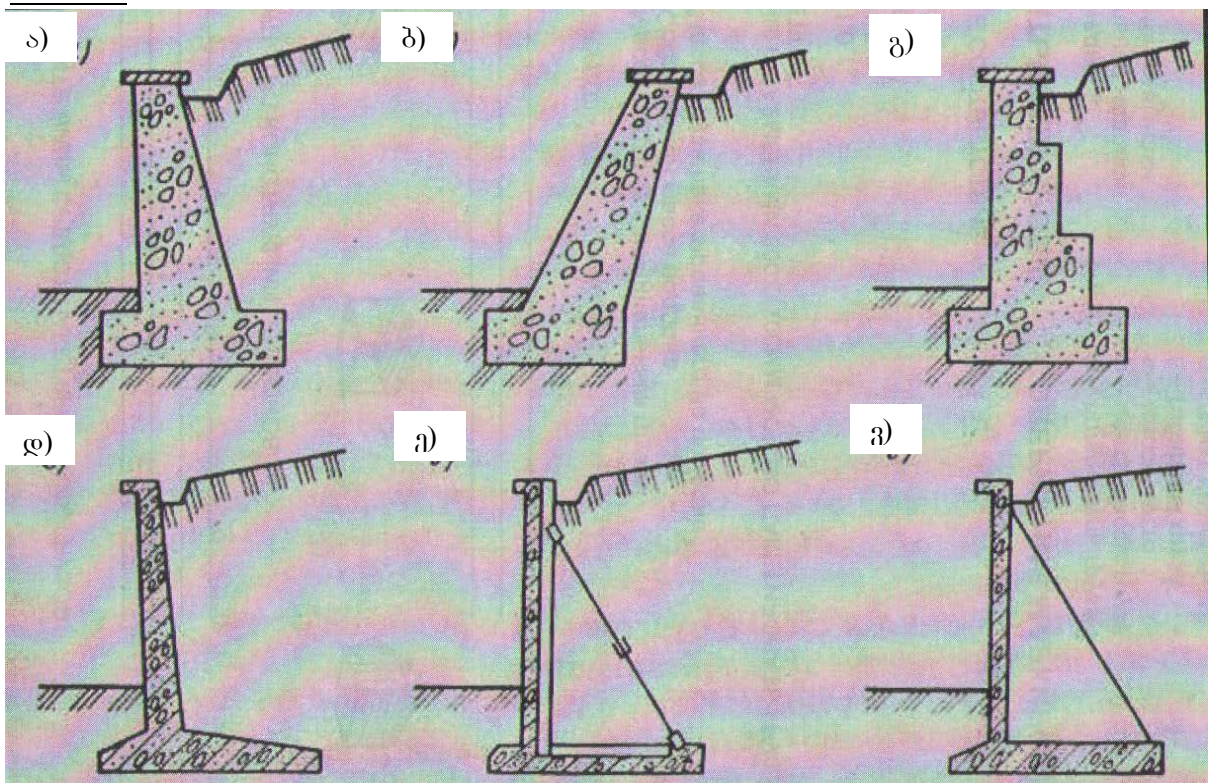
როგორც წესი, მეწყერული მასების შესაკავებლად, საყრდენი კედლები განთავსებული უნდა იყვნენ მტკიცე ბუნებრივი ქანების საფუძველზე. კედლების განივკვეთებმა უნდა უზრუნველყონ მეწყერული ან აქტიური დაწნევის საკმარისი წინააღმდეგობა, ხოლო მათ უკან მოწყობილმა სადრენაჟო კონსტრუქციებმა წარმატებით უნდა მოაშორონ კედლის უკანა წახნაგთან დაგროვებული წყალი.

საყრდენი კედლების აგება შესაძლებელია აგრეთვე ხიმინჯოვან ფუძეებზე. მეწყერსაწინააღმდეგო ბრძოლის მიზნით ჩვეულებრივ გამოიყენება გრავიტაციული და შპუნტური საყრდენი კედლები. უმეტესად ფართო გამოყენება ჰპოვა გრავიტაციულმა საყრდენმა კედლებმა, რომლებსაც განეკუთვნება მასიური, კუთხოვანისებრი, კონტრფორსებიანი, უჯრედოვანი და სხვ. კონსტრუქციები. საყრდენი კედლების აღნიშნული კონსტრუქციები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან მხოლოდ მუშაობის პრინციპით მეწყერული ან აქტიური დაწნევის ზემოქმედებისას. როგორც წესი, იყენებენ ტიპობრივ საყრდენ კედლებს მონოლითური ან ანაკრები რკინაბეტონისაგან ან ბეტონის ბლოკებისაგან, რომლებიც იძლევიან სამშენებლო სამუშაოების ინდუსტრიალიზაციის და მექანიზაციის საშუალებას. განსაზღვრულ შემთხვევაში იყენებენ მონოლითურ რკინაბეტონის საყრდენ კედლებს ინდივიდუალური დაპროექტებით. მასიური მეწყერსაწინააღმდეგო საყრდენი კედლების მდგრადობა გრუნტის მეწყერული დაწნევის ზემოქმედებისას უზრუნველყოფილია ძირითადად კედლის საკუთარი წონით. მიზანშეწონილია მასიური კედლების დაპროექტება შემცირებადი სისქით. წყლის მიღებისა და მოცილებისათვის საყრდენ კედლებში ითვალისწინებენ კედლის უკან განთავსებულ დრენაჟს და სადრენაჟო სარკმელებს.

მშენებლობის პრაქტიკაში გამოიყენება საყრდენი კედლების სხვა სახეობებიც, რომელთა აგება ხდება კონკრეტული ადგილობრივი პირობების და მათ ასაგებად საჭირო მასალების სახეობების მხედველობაში მიღებით.

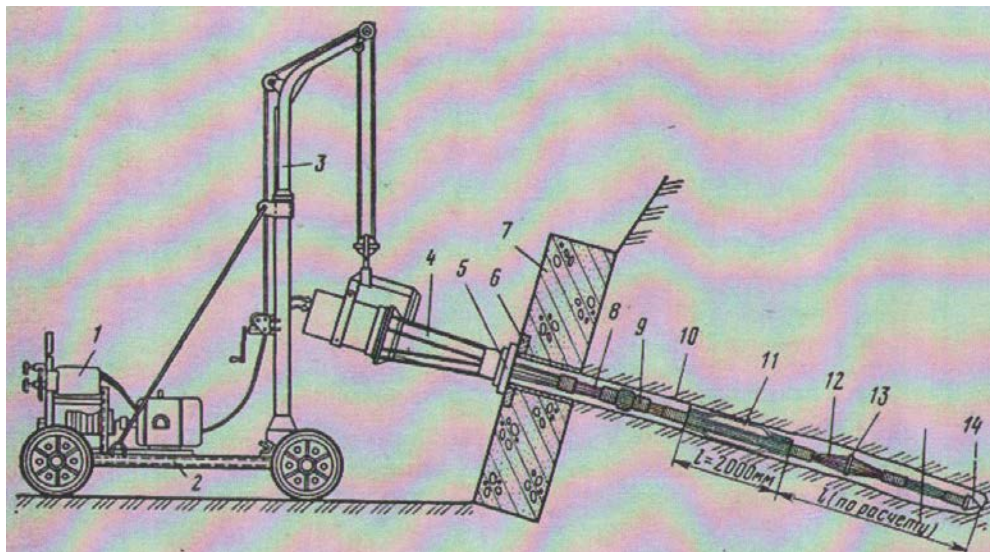
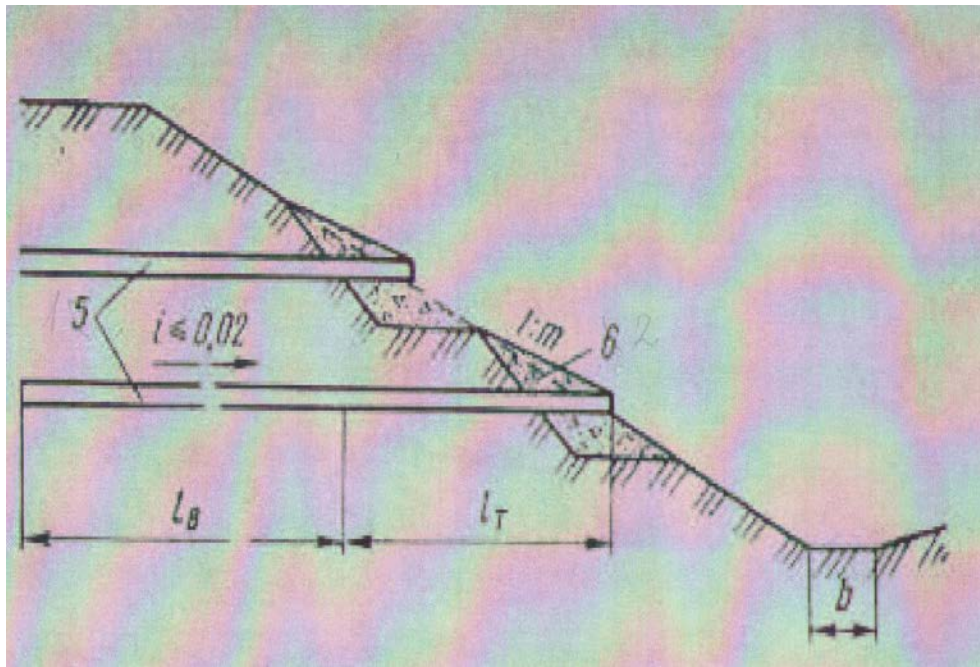


ფრიად ეფექტურია კომბინირებული კონსტრუქციების გამოყენება საყრდენი კედლების სახით ანკერული მჭიმებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ მდგრადობას და რაციონალურ განივკვეთებს. ზემოაღნიშნული მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ასახვა მოცემულია ნახაზებზე: 1.1.6



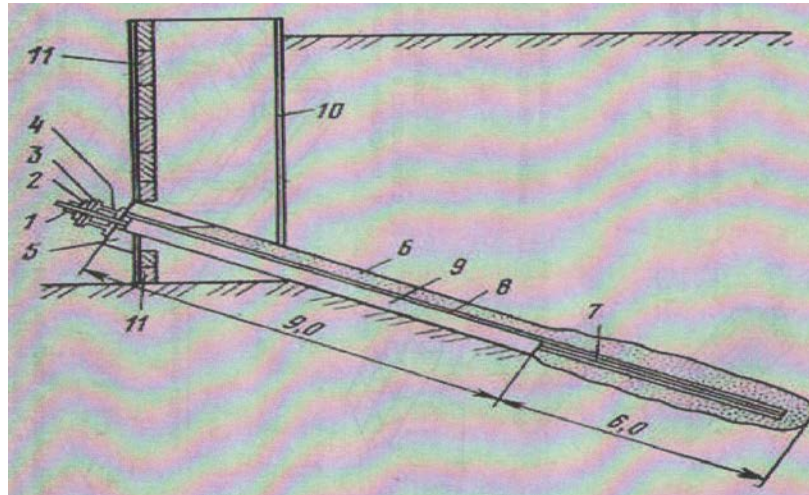
**ნახ. 1.1. მეწყერსაწინააღმდეგო მასიური საყრდენი კედლების კონსტრუქციების სქემები**

ა)-დახრილი უკანა წახნაგი; ბ)-ორივე დახრილი წახნაგი; გ)-საფეხუროვანი უკანა წახნაგი; დ)-კუთხოვანისებური კონსოლური საყრდენი კედელი; ე)-კუთხოვანისებური საყრდენი კედელი ანკერული მჭიმებით; ვ)-კუთხოვანისებური საყრდენი კედელი კონტრფორსებით.



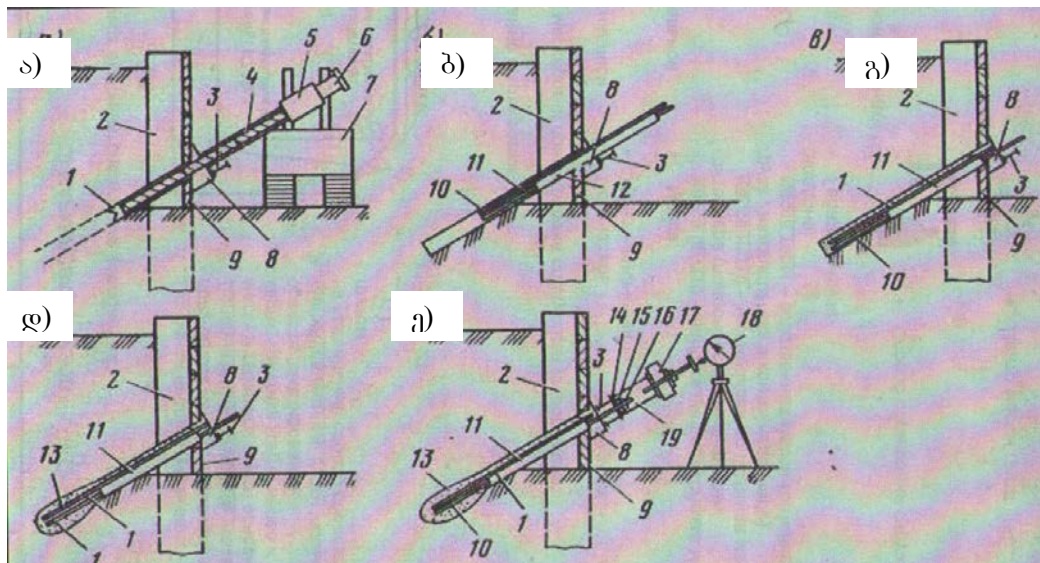
ნახ. 13. საანკერო მჭიმის დაჭიმვა

1-სატუმბი სადგური; 2-ურიკა; 3-ისარი; 4-ჰიდროდომკრატი; 5-ზედა ანკერი; 6-ლითონის გამანაწილებელი ფილა; 7-რკინაბეტონის საანკერო ფილა; 8-რეზინის ან პოლიქლორვინილური გარსი; 9-მავთულოვანი წნული; 10-მიმმართველი; 11-ჰაკერი; 12-მაღალი სიმტკიცის არმატურა; 13-ქვედა ანკერის დიაფრაგმა; 14-მიმმართველი კონუსი.



**ნახ. 14. ჭაბურღილი საანკერო კომპლექტით**

1-ანკერის სათავისის დამაფიქსირებელი ქანჩი; 2-ანკერის სათავისის სფერული ჩანადები; 3-ანკერის სათავისის სფერული საყელო; 4-გრძივი სარტყლის ორტესებრი კოჭი; 5-კრონშტეინი ფურცლოვანი რკინისაგან; 6-ანკერის ტანი (ანკერის ფესვი); 7-საანკერო ღერო პერიოდული ფოლადისაგან; 8-ლითონის საინიექციო მილი; 9-პოლიეთილენის მილი; 10-ლითონის ხიმინჯი; 11-ხე-მასალის შემოფარგვა.



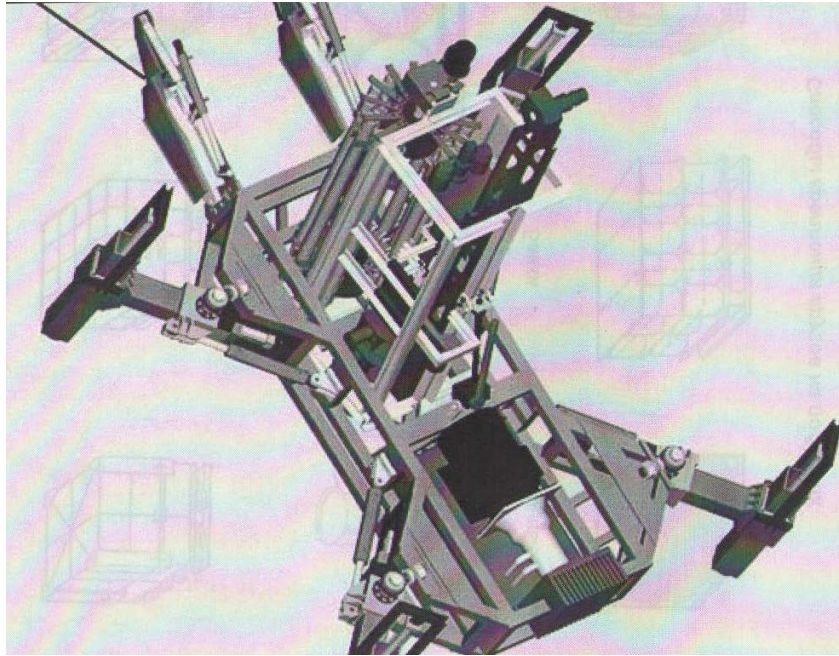
**ნახ. 15. ქვაბულის ვერტიკალური ფერდობების დროებითი დამაგრების მოწყობის ტექნოლოგიური ოპერაციების სქემა**

ა)-ჭაბურღილის გაბურღვა; ბ)-ანკერის კომპლექტის დაყენება; გ)-ცემენტის დულაბის პირველადი ჩაჭირხვნა; დ)-ცემენტის დულაბის მეორადი ჩაჭირხვნა; ე)-ანკერების დაჭიმვა.

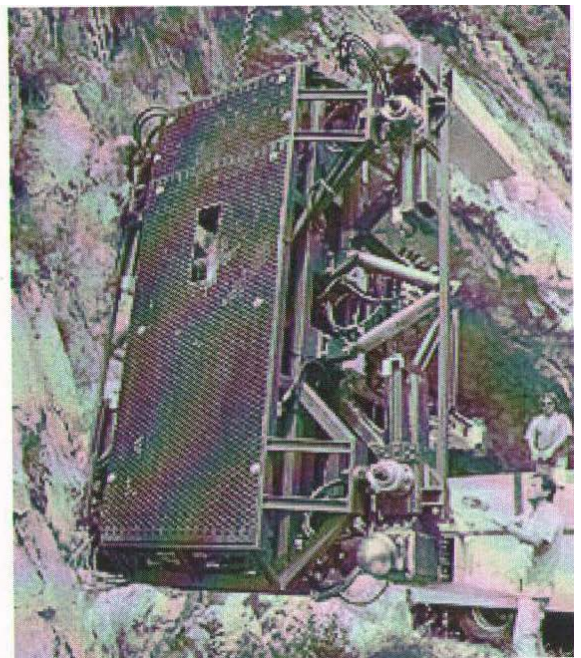
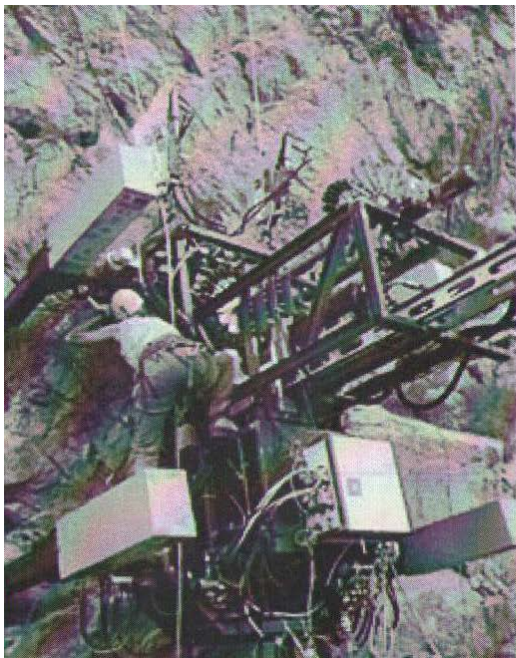
1-საბურღი წვერი; 2-ლითონის ხიმინჯი; 3-გრძივი სარტყლის ორტესებრი კოჭი; 4-საშნეკო რგოლები; 5-ურიკა; 6-მიმმართველი ჩარჩო; 7-საბურღი მანქანა; 8-კრონშტეინი; 9-ხის შემოფარგვა; 10-საინიექციო მილი; 11-საანკერო ღერო; 12-პოლიეთილენის მილი; 13-ანკერის ტანი; 14-ანკერის სათავისის სფერული საყელო.; 15-ანკერის სათავისის სფერული

ჩანადები; 16-დამაფიქსირებელი ქანჩი; 17-ჰიდროდომკრატი; 18-საათის ტიპის ინდიკატორი; 19-ჭიქა ანკერის გამოცდისათვის.

ა)



ბ)



**ნახ. 1.6. თვითმცოცავი საბურღი მანქანა**  
ა)-საერთო ხედი; ბ)-“კოსმიური ბურღი” მუშაობის პროცესში  
**1.2. არსებული მეთოდების ანალიზი**

როგორც ჩანს მეწყერული პროცესების წარმოქმნის და განვითარების თავიდან აცილების არსებული გადაწყვეტების ზემოთ მოტანილი მოკლე მიმოხილვიდან, ძირითადი კონსტრუქციულ-ტექნოლოგიური საშუალებებია:

– საყრდენი სისტემები, რომლებიც აგვაცილებენ მეწყერული პროცესების ძირითად მიზეზს – ფერდოზე გრუნტის გაჯერებას წყლით (გაწყლოვანებას) – მის თანმდევ ყველა მოვლენასთან ერთად – გრუნტის გაწყლოვანება, სეისმური მდგრადობის შემცირება, მარცლოვანი და წყალში ხსნადი მასების სუფეზია და გამოტანა, გრუნტის მასების ნაწილაკების ხახუნის და შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება, გრუნტის გაჯირჯვლა და შემატივტივებელი ძალის გაზრდა და, საბოლოო ჯამში, გრუნტის ჩამონგრევის პრიზმის სრიალის კუთხის შემცირება;

– ანკერული ჩამაგრებები, რომლებიც იძლევიან ჩამონგრევის პრიზმის მიმაგრების (მიწნეხვის) საშუალებას მდგრად გრუნტულ ან კლდოვან ჯიშებთან, რის გამოც გამოირიცხება ან მნიშვნელოვნად შენელებება მეწყერული პროცესი, ხოლო საყრდენ კედელთან ერთად კომპლექსში გამოყენების შემთხვევაში – იძლევა ამ უკანასკნელის მასის მნიშვნელოვანი შემცირების შესაძლებლობას;

– საყრდენი კედლები – მასიურები ან ჩამაგრებულები მკვრივ ქანებში – რომლებიც აკავებენ მეწყერულ პროცესებს ერთ ან რამდენიმე იარუსად მოწყობით ფერდოს მთელ სიმაღლეზე.

აღნიშნული საშუალებები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, პირობებისა და სიტუაციების მიხედვით, ერთდროულად, კომპლექსურად, ან დამოუკიდებლად, ცალკეადაც. ამასთან, შესაბამისი გაანგარიშებით და ნატურული აზომვებით შესაძლებელია მათი საიმედოობის ხარისხის განსაზღვრა.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ჩამოთვლილი ტექნიკური საშუალებების გაანგარიშება, დამუშავება და ტექნოლოგიურად აგება ან დაყენება ხდება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად, როგორც ცალკეული კონსტრუქციული ერთეულებისა. აუცილებლობის შემთხვევაში მხედველობაში მიიღება მათი კომპლექსურად გამოყენების შესაძლებლობაც, თუმცა მათი გაანგარიშება, აგება და მოწყობა წარმოებს ინდივიდუალურად, ძირითადად – მიმდევრობით. ეს გარკვეულწილად აძვირებს მშენებლობას და ადიდებს კომპლექსური სისტემების მშენებლობის ვადებს.

ამავე დროს ექსტრემალურ სიტუაციებში, მეწყერული პროცესების მოულოდნელად წარმოქმნის პოტენციური საშიშროებისას, მკვეთრი კლიმატური ცვლადობების პირობებში, მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების აგების მიღებული ტექნოლოგიური ვადები შეიძლება აღმოჩნდეს არასაკმარისი მეწყერის თავიდან აცილებისათვის. აქედან ცხადია, რომ საჭიროა უფრო მოქნილი, ტექნიკურად და ტექნოლოგიურად უფრო თანამედროვე დამცავი გადაწყვეტილებების მიღება.

### **1.3. გამოკვლევის მიზნები და პრობლემის შემოთავაზებული გადაწყვეტა**

დამცავი და მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების არსებული ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების ზემოთ მოტანილი მიმოხილვიდან ჩანს, რომ ყველაზე უფრო ეფექტურია მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების კომპლექსური გამოყენება, თუმცა მათი მიმდევრობითი განხორციელება დაკავშირებულია ეკონომიკური დანახარჯების გაზრდასთან და მშენებლობის უფრო დიდ ვადებთან. მიწის ნაგებობების ფერდობების მეწყერსაწინააღმდეგო სტაბილიზაციის ვადების დაჩქარების პრობლემის გადასაწყვეტად ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ერთიანი კონსტრუქციული სისტემის შესაქმნელად ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების დამუშავება, რომელიც ერთდროულად

შეასრულებს ჩამონგრევისაგან (ჩამოშლისაგან) გრუნტის მასების შეკავების და წყლის დაჩქარებულად მოშორების, გრუნტის გაშრობის (გაუწყლოების) ფუნქციებს. აღნიშნული აგვაცილებს მეწყერის წარმოქმნასა და განვითარებას, დაასტაბილიზირებს მიწის ნაგებობების ფერდობების გრუნტულ მასებს, აამაღლებს მათ საიმედოობას, აგრეთვე მოითხოვს სამშენებლო ციკლის ნაკლებ ვადებს და ნაკლებ ფინანსურ დანახარჯებს. კონკრეტული ადგილობრივი პირობების მიხედვით ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია კონსტრუქციული სისტემები შემდეგი კომბინაციებით:

1. გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა;
2. გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა – მასივის დამამგრებელი ტორკრეტ-გარსი (მემბრანა);
3. გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა – მსუბუქი საყრდენი კედელი;
4. გრუნტული ანკერი – ამოსაღები გრუნტული ანკერის სისტემა.

გრუნტის წყალგაცემის დაჩქარების მიზნით შემოთავაზებულია სადრენაჟო სისტემაში ელექტროოსმოსის გამოყენება, ელექტროდების სახით ფოლადის საანკერო მჭიმების და გრუნტში ჩასობილი ფოლადის ღეროს გამოყენებით, რომლის ამოღება გრუნტიდან მოხდება გამოშრობის პროცესის დამთავრების შემდეგ. კომბინირებული სისტემების მოწყობის სამუშაოთა კომპლექსის წარმოების ტექნოლოგია ითვალისწინებს სისტემაში შემავალი ყველა ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტებისათვის ერთდროულად შესასრულკებელ ტექნოლოგიურ პროცესებს.

ამ მიზნით კომბინირებული სისტემის თითოეული კონსტრუქციული ელემენტი შეიძლება დაპროექტებული იყოს ორი და მეტი შეთავსებული, პარალელური ფუნქციების შესასრულებლად, რომლებიც უზრუნველყოფენ მიწის ნაგებობების ფერდობების სტაბილიზაციას.

მაგალითად, ძირითადი ფუნქციის გარდა კომპლექსში „გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა“: გრუნტული ანკერისათვის გაბურღული ჭაბურღილი დაპროექტებული იქნება როგორც ელემენტი, მილოვანი დრენაჟის ტანი;

კომპლექსში „გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა – საყრდენი კედელი“: ზემოაღწერილ პირველ შემთხვევაზე დამატებითი – საყრდენი კედელი შეასრულებს გრუნტული ანკერის საყრდენი ფილის ფუნქციასაც, ხოლო სადრენაჟო სისტემა შეასრულებს აგრეთვე კედლის უკანა დრენაჟის ფუნქციას.

არსებული პრობლემის – ფერდობის მეწყერსაწინააღმდეგო სტაბილიზაციის ვადების შემცირება – დაგეგმილია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტით:

- მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემების კომპლექსის ვარიანტების კონსტრუქციული დამუშავება საქართველოს პირობებში ყველაზე უფრო დამახასიათებელი მეწყერული პროცესების გამოვლენისას;

- კომპლექსის კონსტრუქციული ელემენტების ტექნიკური განგარიშება საქართველოში მეწყერების გამოვლენის ყველაზე უფრო დამახასიათებელი სიტუაციური შეხამების დროს გამოსაყენებლად;

- მეწყერსაწინააღმდეგო კომპლექსების დასამზადებლად და ასაგებად სამუშაოთა წარმოების ტექნოლოგიური სქემების დამუშავება და ტექნოლოგიური განგარიშება;

- გრუნტის მასისაგან წყლის გამოყოფის დასაჩქარებლად ელექტროოსმოსის სისტემის გამოყენების ტექნიკური და ტექნოლოგიური განგარიშებები;

- ასაგები მეწყერსაწინააღმდეგო კომპლექსების ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება ვარიანტული დაპროექტების, საიმედოობის და ეკონომიურობის საფუძველზე.

შემოთავაზებული სისტემები მოცემულია ნახაზებზე 1.7&1.10.

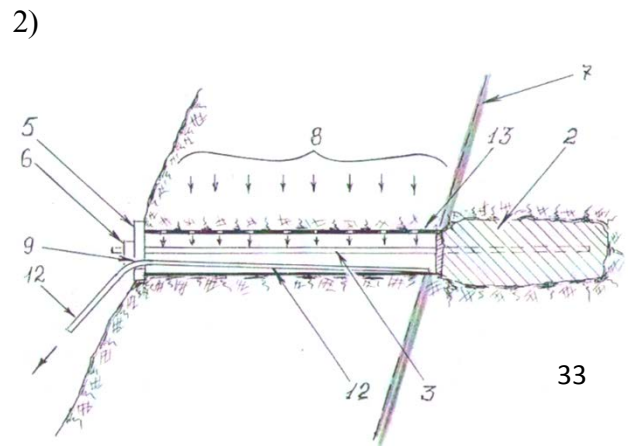
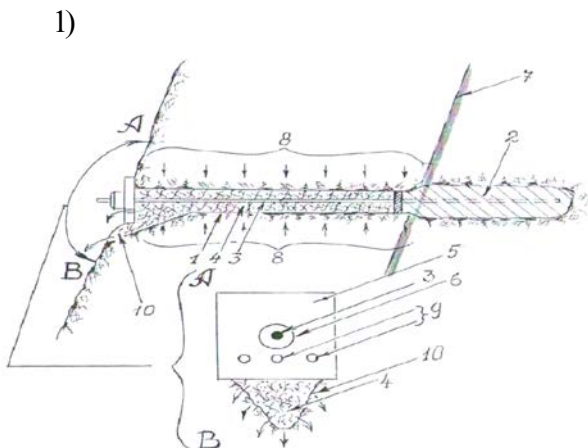
მოცემული ელემენტების განმარტებები:

1 - საანკერო ჭაბურღილის კედელი.

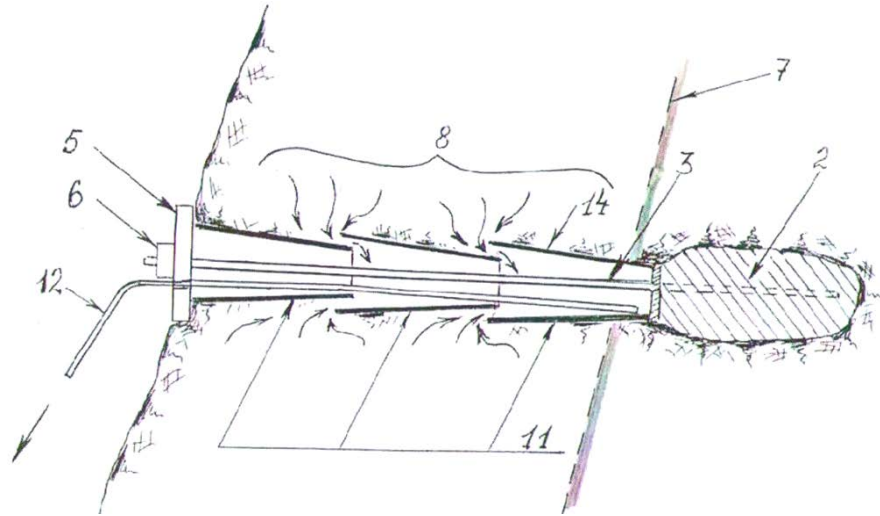
2 - ანკერის ფესვი ჩაკეთებული საანკერო მჭიმით.



- 3 - საანკერო მჭიმი.
- 4 - სადრენაჟე მასალა.
- 5 - ანკერის ძირითადი ფილა.
- 6 - საანკერო მჭიმის დამაფიქსირებელი მოწყობილობა.
- 7 - გრუნტის ჩამონგრევის სიბრტყე.
- 8 - გრუნტიდან ფილტრირებული წყალი.
- 9 - წყლის გამოსადენი წყალი.
- 10- წყალამცილებელი შტრაბი.
- 11- სექციებისაგან შედგენილი სადრენაჟე მილი.
- 12- მილაკი (შლანგი) გრუნტის წყლების მოსაშორებლად ან გამოსაქაჩად (მაგალითად, ელექტროსმოსის დროს).
- 13- პერფორირებული სადრენაჟე მილი.
- 14- შედგენილი სადრენაჟე მილი.
- 15- საყრდენი კედელი.
- 16- ლითონის ღერო – მიერთებული მუდმივი დენის მიმწოდებელი სისტემის დადებით პოლუსთან.
- 17- საანკერო მჭიმი – მიერთებული მუდმივი დენის მიმწოდებელი სისტემის უარყოფით პოლუსთან.
- 18- ფერდოს მემბრანული დამაგრება, შესრულებული ტორკრეტირებით, ფოლადის ბადეზე.



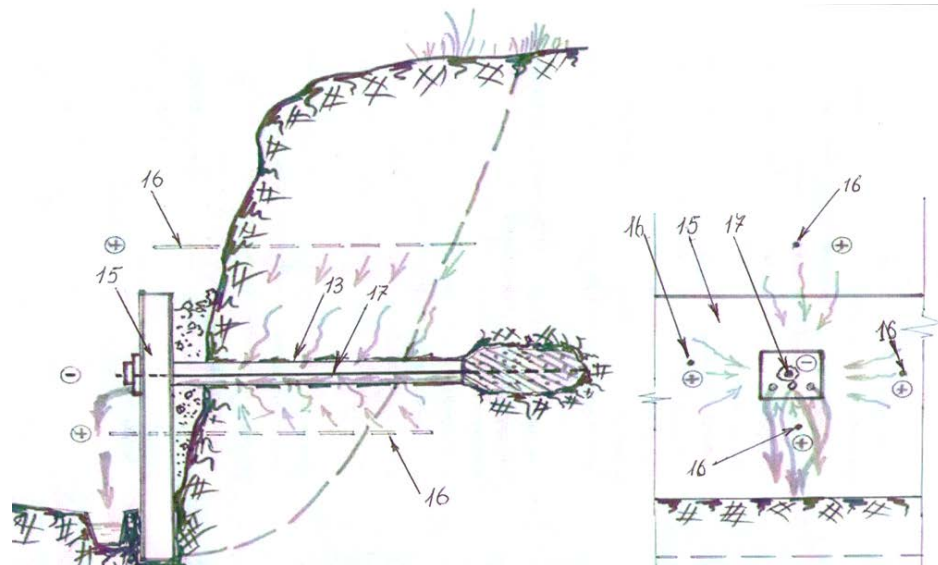
3)



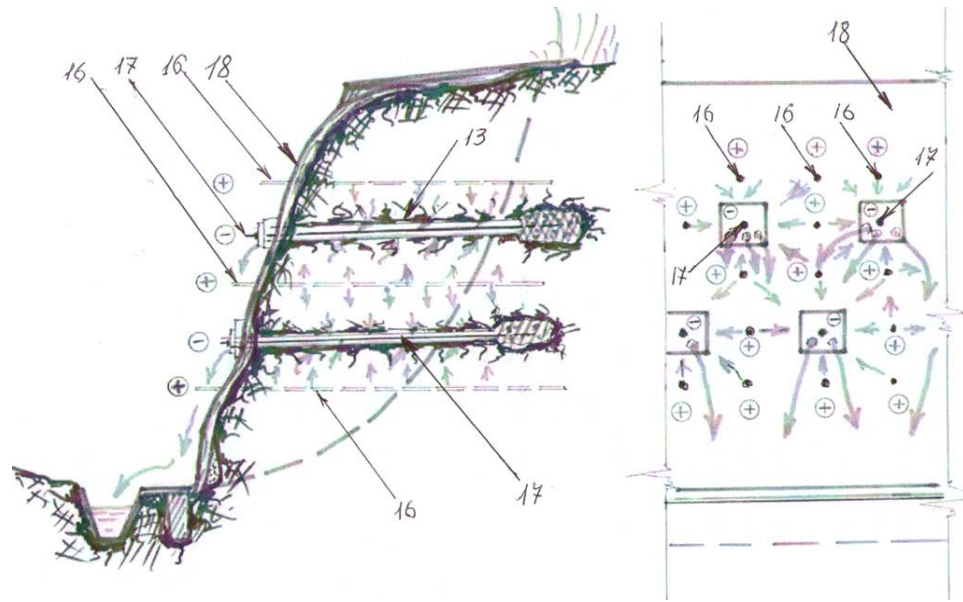
ნახ. 1.7. კომპლექსური სადრენაჟე ანკერების ვარიანტები

1-სადრენაჟე მასალით; 2-სადრენაჟე მილით; 3-ანკერები, ღრეჩობისსნი პირაპირებით.

1)

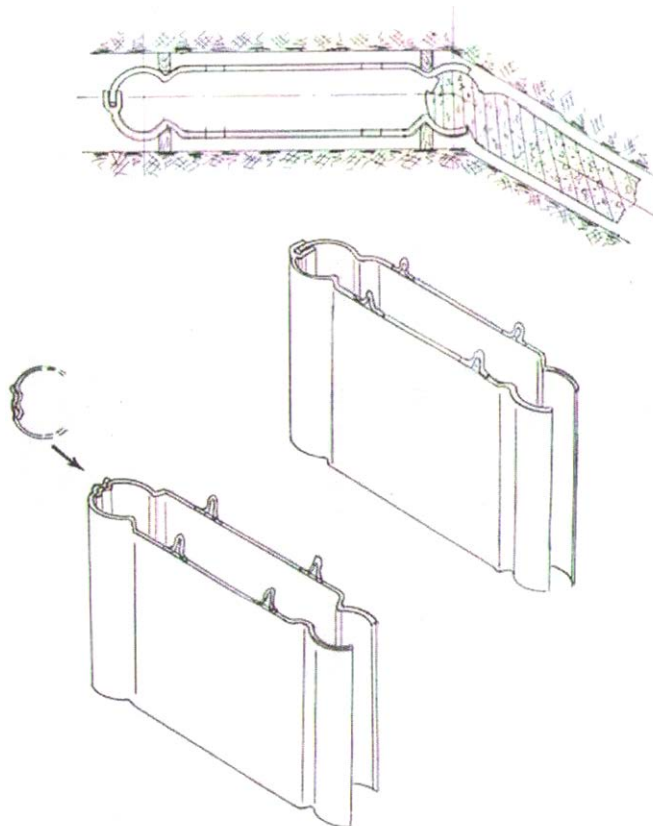


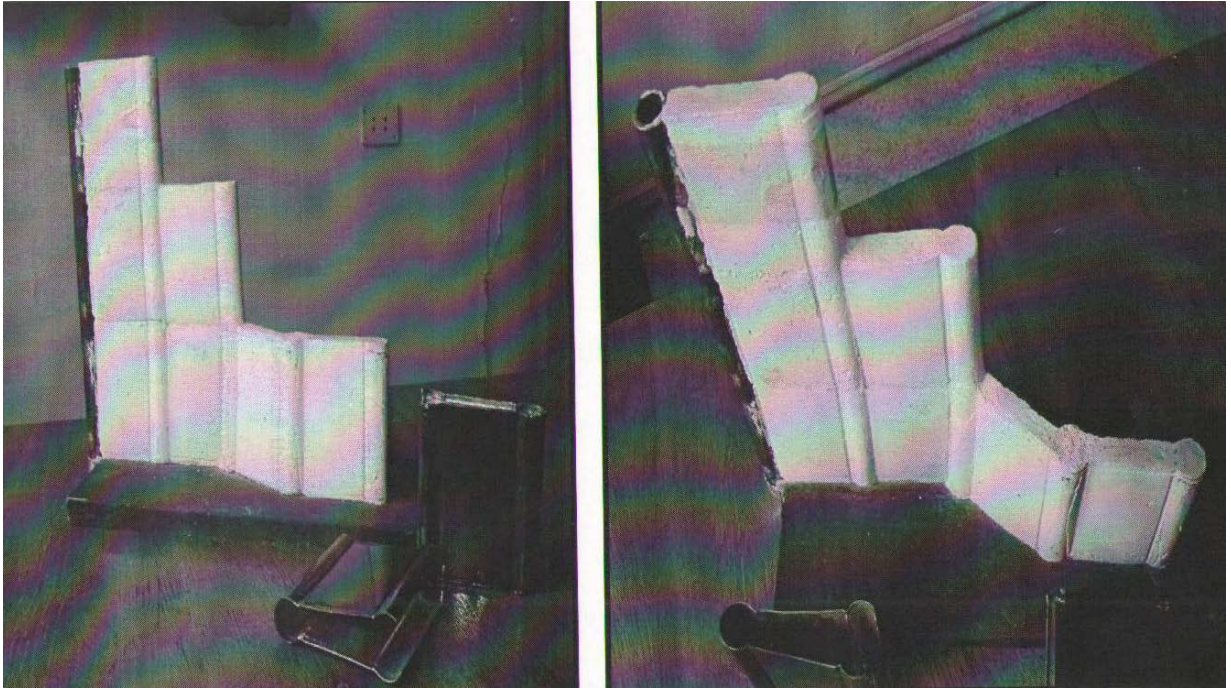
2)



ნახ. 1.8. კომპლექსური სისტემების მუშაობის პრინციპის ვარიანტები  
 1-სისტემა საყრდენი კედლით; 2-სისტემა ზედაპირის მემბრანული გამაგრებით.

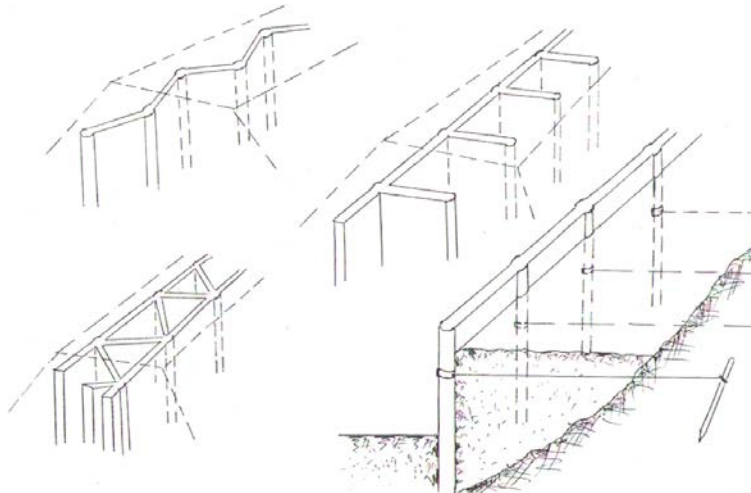
ა)



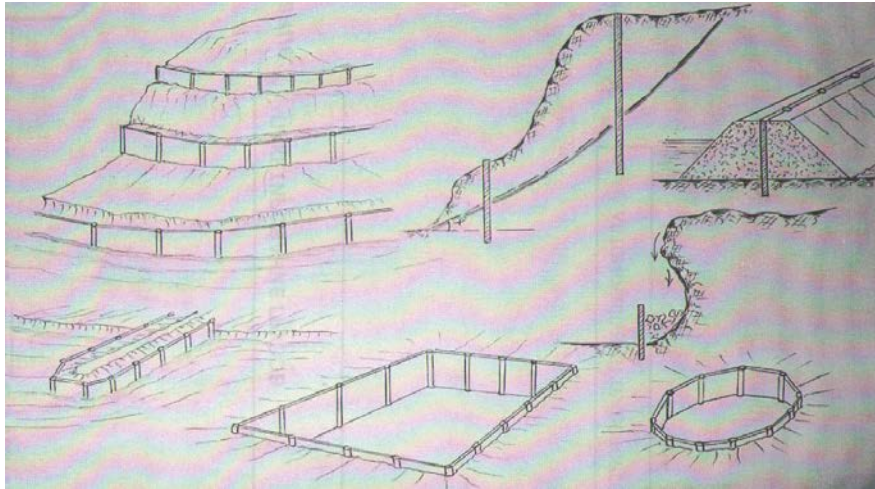


ნახ. 1.9. ყალიბი საყდენი კედლის დაბეტონებისათვის  
 ა-საყრდენი კედლის საერთო ხედი; ბ-საყრდენი კედლის მოდელი.

ა)



ბ)



ნახ. 1.10. საყრდენი კედლის გამოყენების ვარიანტები და მაგალითები  
ა-საყრდენი კედლის გამოყენების ვარიანტები; ბ-საყრდენი კედლის მაგალითები.

#### 1.4. პრობლემის გადაწყვეტის შედეგად მიღებული რეზულტატების წინასწარი ანალიზი

წინასწარი გაანგარიშებების შედეგად შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი:

1. შეიქმნება უფრო საიმედო მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემები;
2. შემოთავაზებული მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემის მშენებლობა განხორციელდება შედარებით მოკლე ვადებში;
3. უეჭველია ეკონომიკური ეფექტის მიღება – მეწყერსაწინააღმდეგო მრავალფუნქციური კონსტრუქციული სისტემის შექმნის გზით. საერთო ეკონომია მიიღწევა მატერიალური რესურსების ეკონომიის, ნაგებობების აგების შრომატევადობისა და ტექნოლოგიური ვადების შემცირების გზით;
4. საიმედო მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემის მოწყობა უზრუნველყოფს ეკოლოგიურ სტაბილურობას როგორც არსებულ, ათვისებულ, ასევე ასათვისებელ ტერიტორიებზე. უზრუნველყოფს როგორც არსებული, ასევე პერსპექტიული, ტურიზმისათვის ასათვისებელი და საკურორტო ზონების სტაბილურობას;
5. უზრუნველყოფილი იქნება უსაფრთხოება მეწყერული პროცესებისგან როგორც არსებულ სატრანსპორტო მაგისტრალებზე, ასევე ახლად

შესაქმნელი ინფრასტრუქტურისათვის;

6. ამოსაღები დროებითი გრუნტული ანკერების გამოყენებით საჭირო აღარ იქნება ქვაბულის კედლების გამაგრების მიზნით სხვადასხვა ტიპის კონსტრუქციული სისტემების გამოყენება, რომელებიც როგორც წესი ხელს უშლიან სამშენებლო პროცესების წარმოებას. ამით შესაძლებელი გახდება შემოთავაზებული ანკერების მრავალჯერადი გამოყენება, რაც საერთო ჯამში მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა;

7. არანაკლებია სოციალური ეფექტიც – მეწყერსაშიში ზონების საცხოვრებელი ფონდის და სამეურნეო სავარგულების შენარჩუნება;

8. განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია საქართველოს ისტორიული ძეგლების შენარჩუნება, რადგანაც ძველი თბილისის და სხვა ქალაქების შენობები და ნაგებობები და საქართველოს ტერიტორიები ხშირად განთავსებული არიან მეწყერულ ზონებში და იმ ადგილებზე, რომლებზეც მოსალოდნელია გრუნტის ჯდენა, გრუნტის წყლის ჩადინების გამო.

შემოთავაზებული გაანგარიშებების შედეგების გამოყენება შესაძლებელია: მშენებლობის სფეროში; სატრანსპორტო სფეროში; რეგიონალური განვითარების და ინფრასტრუქტურის სამინისტროს დაქვემდებარებაში მყოფ ობიექტებზე; გარემოს დაცვის და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ეკოლოგიისა და ბუნებადამცავ ობიექტებზე; ეკონომიკის მდგრადი განვითარების სამინისტროს ობიექტებზე.

## თავი 2

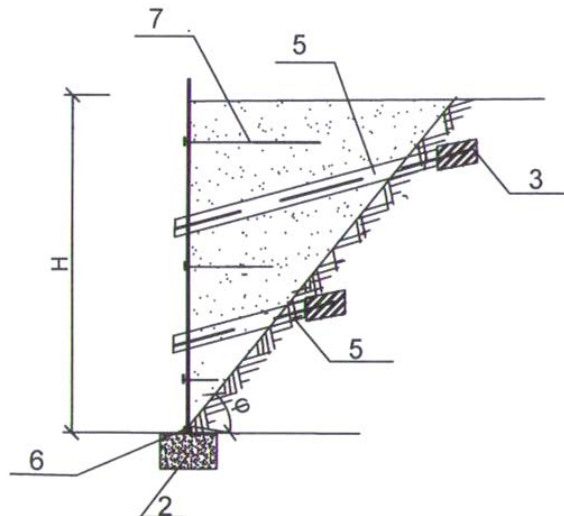
### მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები და გრუნტის დაწნვის გაანგარიშება სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის

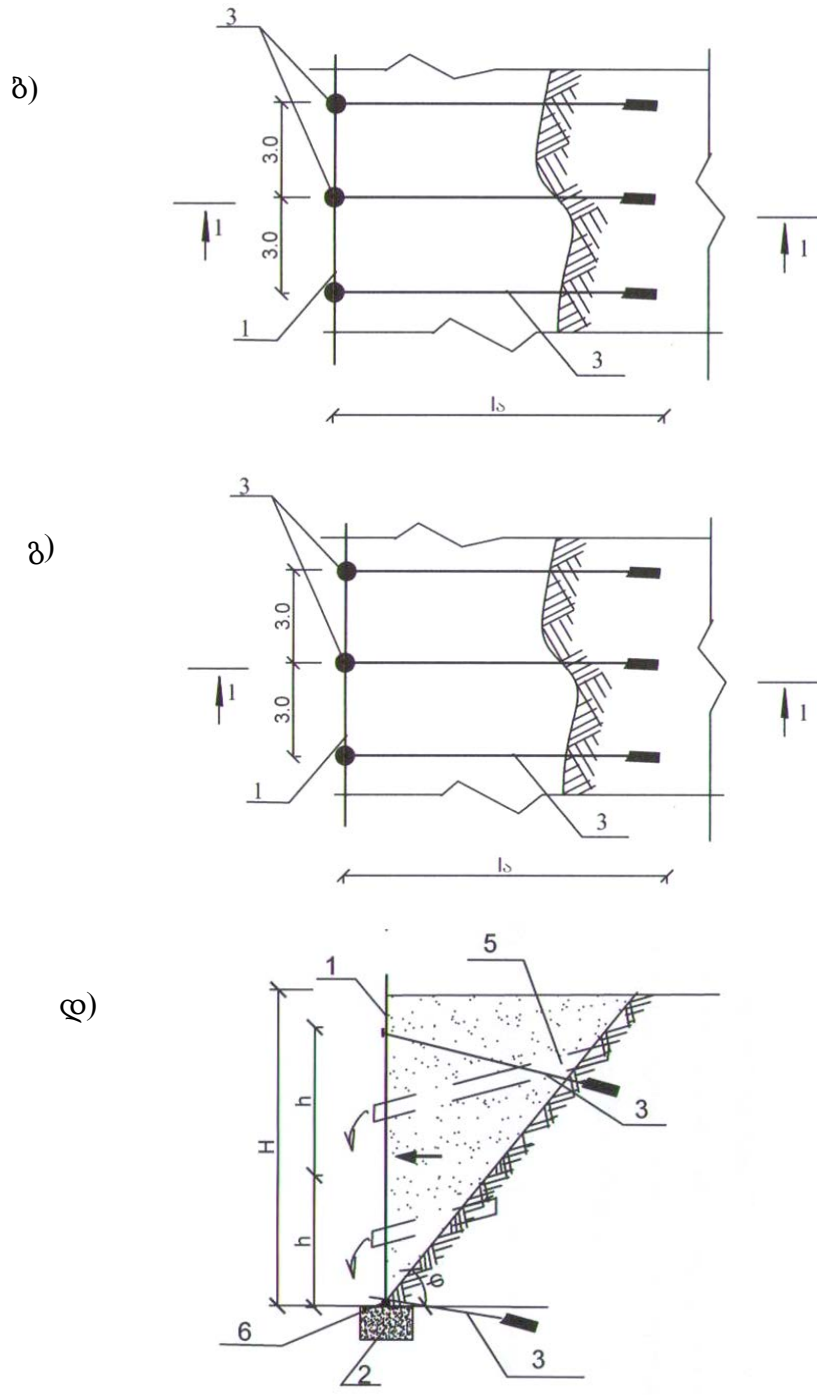
#### 2.1. შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები

შემოთავაზებულ კომპლექსურ მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემების ძირითად კონსტრუქციულ ელემენტს წარმოადგენს საყრდენი კედელი. განხილულია მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლის ორი ვარიანტი: ლენტური (სვეტების გარეშე) და სვეტებიანი (სვეტები ბიჯით 3მ). ორივე შემთხვევაში გათვალისწინებულია საძირკველში მათი სახსროვანი ჩამაგრება. საძირკველები დაპროექტებულია მხოლოდ საყრდენი კედლის მასაზე. კედლის მდგრადობას გადაბრუნებაზე და ძვრაზე (მოცურებაზე) უზრუნველყოფენ გრუნტული ანკერები, რომლებიც ჩამაგრებულია (ჩაკეთებულია) გრუნტში შიგა ხახუნის კუთხის გარე სივრცეში. საყრდენი კედლის წონასწორობაში ყოფნა (მდგრადობა) უზრუნველყოფილია 2 იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით, რომლებიც ერთნაირი მანძილით არიან დაშორებული გრუნტის დაწნვის ტოლქმედის (E) მოდების წერტილიდან.

ანკერების ასეთნაირი განლაგება უზრუნველყოფს მათში ერთნაირი გამჭიმავი ძალების აღძვრას ( $N = \frac{E}{2}$ ) და, აქედან გამომდინარე, საყრდენი კედლის წონასწორობაში ყოფნას (ნახ. 2.1.)

ა)



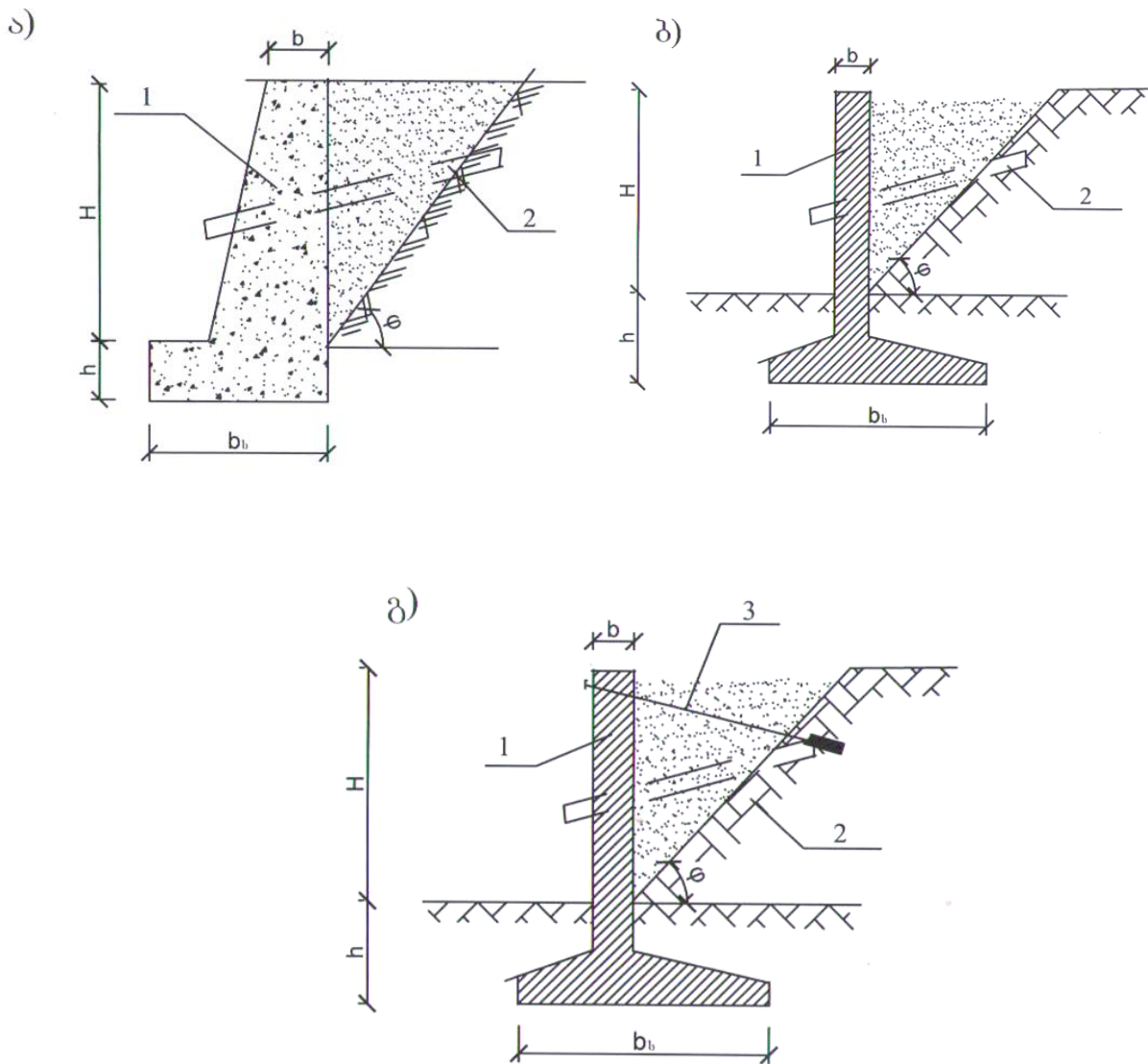


ნახ. 2.1. შემოთავაზებული კომპლექსური მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემა საყრდენი კედლით  
 ა-სისტემის კონსტრუქციული სქემა; ბ,გ,დ- შემოთავაზებული საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემები.



1-ლენტური საყრდენი კედელი; 2-საძირკველი; 3-გრუნტული ანკერი; 4-საყრდენი კედლის სვეტები; 5-საყრდენი მილი; 6-იდეალურიზირებული სახსარი; 7-ფოლადის ღეროები (ანოდი)

ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების მიზნით, განხილული გვაქვს არსებული (ტრადიციული) საყრდენი კედლები: მასიური, მონოლითური რკინაბეტონის (უანკერო) და მონოლითური რკინაბეტონის (ერთ იარუსზე განთავსებული ანკერებით კედლის ზემო ნაწილში) – ნახ. 2.2.



## ნახ. 2.2 არსებული (ტრადიციული) საყრდენი კედლები:

ა) მასიური; ბ) მონოლითური რკინაბეტონის, უანკერო; გ) მონოლითური რკინაბეტონის, ანკერით; 1-საყრდენი კედელი; 2-სადრენაჟე მილი; 3-ანკერი.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია გრუნტის დრენირების დაჩქარების ტექნოლოგია ელექტროოსმოსის მოვლენის გამოყენებით, რომლის არსი, როგორც ცნობილია, მდგომარეობს მუდმივი დენის წყაროზე ანოდისა და კათოდის მიერთებით, რის შედეგადაც შესაძლებელი გახდება ანოდის ზონიდან კათოდის ზონისაკენ წყლის გადაადგილება.

კათოდის როლს შეასრულებენ ფოლადის სადრენაჟე პერფორირებული მილები, ხოლო ანოდის როლს – ასევე ფოლადის (არმატურის ან ბაგროვანი) გრუნტული ანკერები, რაც საშუალებას იძლევა ანოდის ფუნქციის შესასრულებლად სისტემაში არ შევიყვანოთ დამატებით ფოლადის ღეროები.

რადგანაც საყრდენ კედელზე გრუნტის დაწნევის სიდიდე დამოკიდებულია გრუნტის სახეობაზე, ჩვენს მიერ განხილულია მისი ყველაზე უფრო გავრცელებული ოთხი ტიპი: მშრალი ქვიშა (ქვიშნარი), წყალნაჯერი ქვიშა (ქვიშნარი); მშრალი თიხნარი (თიხა) და წყალნაჯერი თიხნარი (თიხა).

როგორც ტრადიციული, ასევე შემოთავაზებული საყრდენი კედლების გაანგარიშებისას მისი სიმაღლე მიღებულია  $H=6m$ . გაანგარიშებები შესრულებულია ზემოაღნიშნული ოთხივე სახის გრუნტული პირობებისათვის.

რადგანაც გრუნტის დრენირების მილებით აღჭურვილია როგორც ტრადიციული, ასევე შემოთავაზებული საყრდენი კედლები, ამიტომ, კედლების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებისას, ისინი გათვალისწინებული არ არის.

გაანგარიშებებში მიღებულია:

– საყრდენი კედლის უკან ჩანაყარი გრუნტის ზედაპირის დახრის კუთხე ჰორიზონტალური სიბრტყის მიმართ -  $\alpha=15^{\circ}$ ;

- სასარგებლო (დროებითი) დატვირთვა მასზე – 500 კგ/მ<sup>2</sup>;

## 2.2. გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის.

### 2.2.1. წინასწარი მონაცემები:

ცნობილია, რომ ვერტიკალურ ან გრუნტისაკენ დახრილ სიბრტყიანი, აგრეთვე ჩანაყარი გრუნტის ჰორიზონტალური ან დახრილ სიბრტყიან საყრდენი კედლის 1 გრძივ მეტრზე გრუნტის აქტიური დაწნევა, ზოგად შემთხვევაში, განისაზღვრება ფორმულით

$$E=0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \mu \quad (1)$$

სადაც:

$\gamma$  – გრუნტის ნორმატიული მოცულობით მასაა კგ/მ<sup>3</sup>;

H – საყრდენი კედლის სიმაღლე, მ;

$\mu$  – კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია განსახილველი გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხეზე ( $\varphi$ ), ჩანაყარი გრუნტის ზედაპირის დახრის კუთხეზე -  $\alpha$  და ვერტიკალიდან საყრდენი კედლის უკანა სიბრტყის გადახრის კუთხეზე -  $\beta$ .

კედელზე გრუნტის დაწნევის ეპიურას აქვს სამკუთხედის ფორმა.

გრუნტის ჩამონგრევის პრიზმაზე თანაბარგანაწილებული დატვირთვის არსებობისას, ინტენსივობით  $q$ , გრუნტის დაწნევა კედელზე, მისი უკანა სიბრტყის ვერტიკალიდან მცირედი გადახრისას ( $\beta \leq 10^\circ$ ), განისაზღვრება ფორმულით

$$E=0,5 \cdot \gamma \cdot H (H+2h_0) \mu \quad (2)$$

სადაც:  $h_0 = \frac{q}{\gamma}$  – გრუნტის ფენის დაყვანილი სიმაღლეა.

ასეთ შემთხვევაში კედლის სიმაღლეზე გრუნტის დაწნევის ეპიურას აქვს ტრაპეციის ფორმა, ორდინატებით, რომლებიც განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\text{ტრაპეციის ქვედა დონეზე } q_1 = \frac{2E}{H + h_0} \text{ და ზედა დონეზე } q_2 = q_1 \frac{h_0}{H + h_0} .$$

ტრაპეციის სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს  $e$  მანძილზე კედლის ძირიდან:

$$e = \frac{H}{3} \cdot \frac{q_1 + 2q_2}{q_1 + q_2} \quad (3)$$

წყალნაჯერი გრუნტების შემთხვევაში, კედელზე გრუნტის დაწნევის სიდიდე მცირდება, წყალში გრუნტის ჩონჩხის წონის შემცირების გამო. მაგრამ ასეთ შემთხვევაში კედელი განიცდის აგრეთვე წყლის ჰიდროსტატიკურ დაწნევასაც. გრუნტის და წყლის ჯამური დაწნევა განისაზღვრება გრუნტის დონის მიმართ წყლის დონის მდგომარეობით. თუ წყლის დონე ემთხვევა გრუნტის დონეს ან მასზე მაღალია, გრუნტი მთელ სიმაღლეზე იმყოფება შეტივტივებულ მდგომარეობაში და გრუნტის და წყლის ჯამური დაწნევა კედელზე განისაზღვრება ფორმულით

$$E = E_{\delta} + E_{\varphi} = 0,5(\gamma - a\gamma_0) \cdot h_2^2 \mu + 0,5\gamma_0 H^2 \quad (4)$$

გრუნტის დაწნევის ეპიურას აქვს ორი სამკუთხედის სახე.

თუ წყლის დონე გრუნტის დონეზე დაბალია, ჯამური დაწნევა ტოლია

$$E = E_{\delta} + E_{\varphi} = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \mu + 0,5\gamma_0(1 - a\mu)h_2^2 \quad (5)$$

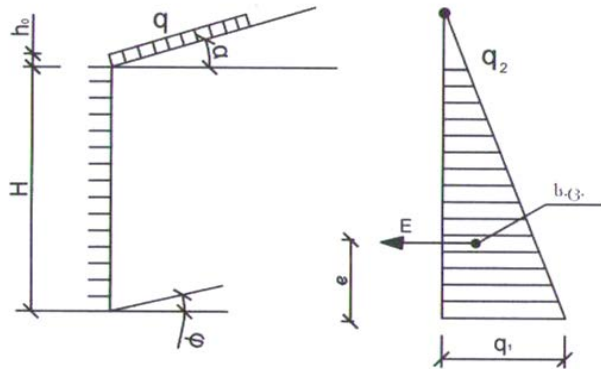
სადაც:

$\gamma$  – მშრალი გრუნტის მოცულობითი მასაა;

$\gamma_0$  – წყლის მოცულობითი მასა;

$\alpha$  – ნაწილაკების მოცულობითი ნაწილი გრუნტის მოცულობის ერთეულში ( $\alpha = 0,55 \div 0,7$ )

2.2.2. გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება მშრალი ქვიშისათვის (ქვიშნარისათვის) ნახ. 2.3



$$H=6\text{მ}; \quad \varphi = 32^{\circ}; \quad \gamma = 1,62 \text{ ტ/მ}^3$$

$$\alpha = 15^{\circ};$$

გრუნტის დაწნევა:

$$E = 0,5\gamma H(H + 2h_0)\mu_a;$$

$$h_0 = \frac{g}{\gamma} = \frac{0,5}{1,62} = 0,3 \text{ მ}$$

ნახ. 2.3.

$$\mu_a = 0,369$$

$$E = 0,5 \cdot 1,62 \cdot 6(6 + 2 \cdot 0,3) \cdot 0,369 = 11,839$$

$$E = 11,84 \text{ ტ}$$

$$q_1 = \frac{2E}{H + h_0} = \frac{2 \cdot 11,84}{6 + 0,3} = 3,76 \text{ ტ/მ};$$

$$q_2 = q_1 \frac{h_0}{H + h_0} = 3,76 \cdot \frac{0,3}{6 + 0,3} = 0,18 \text{ ტ/მ};$$

$$e = \frac{H}{3} \cdot \frac{q_1 + 2q_2}{q_1 + q_2} = \frac{6}{3} \cdot \frac{3,76 + 2 \cdot 0,18}{3,76 + 0,18} = 2 \cdot 1,051 = 2,1 \text{ მ.} \quad e = 2,1 \text{ მ}$$

2.2.3. გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება მშრალი თიხნარისათვის (თიხისათვის):

$$H=6 \text{ მ}; \quad \varphi=43^{\circ}; \quad \gamma=1,55 \text{ ტ/მ}^3; \quad \alpha=15^{\circ}; \quad g=0,5 \text{ ტ/მ}^2$$

$$h_0 = \frac{0,5}{1,55} = 0,32 \text{ მ};$$

$$\mu_a = 0,22;$$

$$E=0,5 \cdot 1,55 \cdot 6(6+2 \cdot 0,32) \cdot 0,22=6,79 \approx 6,86 \text{ ტ}$$

$$q_1 = \frac{2 \cdot 6,8}{6 + 0,32} = 2,15 \text{ ტ/მ}; \quad q_2 = 2,15 \cdot \frac{0,32}{6 + 0,32} = 0,11 \text{ ტ/მ};$$

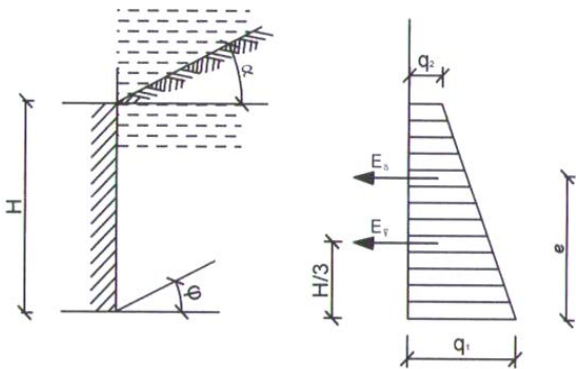
$$e = \frac{6}{3} \cdot \frac{2,15 + 2 \cdot 0,11}{2,15 + 0,11} = 2,29 \text{ მ};$$

#### 2.2.4. გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება წყალნაჯერი ქვიშისათვის:

$$\gamma = 2,0 \text{ ტ/მ}^3 \quad \varphi = 25^\circ; \quad \alpha = 15^\circ;$$

$$g = 0,5 \text{ ტ/მ}^2; \quad h_o = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ მ};$$

გაანგარიშებისათვის მივიღოთ შემთხვევა, როცა გრუნტი მთელ სიმაღლეზე იმყოფება შეტივტივებულ მდგომარეობაში (ნახ. 2.4).



კედელზე წყლის დაწნევის სიდიდე ტოლი იქნება:

$$E_{\varphi} = 0,5 \cdot \gamma_0 H^2 = 0,5 \cdot 1 \cdot 6^2 = 18 \text{ ტ.}$$

მისი ეპიურა წარმოადგენს სამკუთხედს ხოლო გრუნტის საწნევის სიდიდე:

$$E_{\delta} = 0,5(\gamma - a\gamma_0) \cdot H(H + 2h_0) \cdot \mu_a;$$

ნახ. 2.4.

$$h_o = \frac{g}{\gamma} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ მ};$$

$$\mu_a = 0,51$$

$$E_{\delta} = 0,5(1,62 - 0,62 \cdot 1) \cdot 6(6 + 2 \cdot 0,25) \cdot 0,51 = 9,945 \approx 9,94 \text{ ტ};$$

მისი ეპიურა წარმოადგენს ტრაპეციას, რომლისთვისაც:

$$q_1 = \frac{2E}{H + h_0} = \frac{2 \cdot 9,94}{6 + 0,25} = 3,18 \text{ ტ/მ};$$

$$q_2 = q_1 \frac{h_0}{H + h_0} = 3,18 \cdot \frac{0,25}{6 + 0,25} = 0,127 \approx 0,13 \text{ ტ/მ};$$

$$e = \frac{6}{3} \cdot \frac{3,18 + 2 \cdot 0,13}{3,18 + 0,13} = 2,078 \approx 2,1 \text{ მ.}$$

კედელზე გრუნტის და წყლის ჯამური დაწნევა ტოლი იქნება:

$$E = E_{\delta} + E_{\nabla} = 9,94 + 18,0 = 27,94 \approx 27,9 \text{ ტ}$$

$$E = 27,9 \text{ ტ}$$

რადგან  $e_{\nabla} = \frac{H}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ მ}$  და  $e_{\delta} = 2,1 \text{ მ}$

პირობითად შეიძლება მივიღოთ:  $e = 2,05 \text{ მ}$

### 2.2.5. გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება წყალნაჯერი თიხნარისათვის:

$$\gamma = 1,9 \text{ ტ/მ}^3 \quad \varphi = 23^0; \quad \alpha = 15^0;$$

$$g = 0,5 \text{ ტ/მ}^2; \quad h_0 = \frac{0,5}{1,9} = 0,26 \text{ მ};$$

$$E_{\nabla} = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 = 0,5 \cdot 1 \cdot 6^2 = 18 \text{ ტ.} \quad \mu_a = 0,55$$

$$E_{\delta} = 0,5(1,55 - 0,62 \cdot 1) \cdot 6(6 + 2 \cdot 0,26) \cdot 0,55 = 10,0 \text{ ტ};$$

$$E = E_{\delta} + E_{\nabla} = 10,0 + 18,0 = 28,0 \text{ ტ} \quad E = 28,0 \text{ ტ}$$

ძაბვების ეპიურისათვის:

$$q_1 = \frac{2 \cdot 10,0}{6 + 0,26} = 3,19 \text{ ტ/მ};$$

$$q_2 = 3,19 \cdot \frac{0,26}{6 + 0,26} = 0,13 \text{ ტ/მ};$$

$$e_{\text{წ}} = \frac{6}{3} \cdot \frac{3,19 + 2 \cdot 0,13}{3,19 + 0,13} = 2 \cdot 1,039 = 2,078 \text{ მ}$$

პირობითად:  $e = 2,05 \text{ მ}$

მიღებული შედეგები შეტანილია ცხრილში 2.1

ცხრილი 2.1

მიღებული შედეგები (1 გრძ. მ)							
ვარიანტები	გრუნტის დასახელება	$R$	$\varphi$	$E$	$e$	ხახუნის კოეფიციენტი	$\gamma$
I	მშრალი ქვიშა (ქვიშნარი)	3	32	11,84	2,1	0,6	1,62
II	მშრალი თიხნარი (თიხა)	2,5	43	6,8	2,3	0,55	1,55
III	წყალნაჯერი ქვიშა (ქვიშნარი)	2,0	25	27,9	2,1	0,5	2,0
IV	წყალნაჯერი თიხა (თიხნარი)	1,8	23	28,0	2,05	0,4	1,9

გაანგარიშებული ვარიანტებიდან გრუნტის მაქსიმალური დაწნევა შეესაბამება წყალნაჯერ თიხნარს:

$$E = 28,0 \text{ ტ} \quad \text{და} \quad e = 2,05 \text{ მ.}$$



## თავი 3 ტრადიციული საყრდენი კედლების გაანგარიშების ვარიანტები

### 3.1. საწყისი მონაცემები

როგორც უკვე იყო აღნიშნული, შემოთავაზებულ მეწყერსაწინააღმდეგო კომპლექსურ სისტემებში ძირითად ელემენტს წარმოადგენს საყრდენი კედელი. ამიტომ ტრადიციულებთან (არსებულებთან) შემოთავაზებული სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების მიზნით მოტანილი გვაქვს შემდეგი ტიპის ტრადიციული საყრდენი კედლების გაანგარიშებები:

- მასიური საყრდენი კედლები (მშრალი და წყალნაჯერი გრუნტული პირობებისათვის);
- მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლები გრუნტული ანკერების გარეშე (იგივე გრუნტული პირობებისათვის);
- მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლები ზედა დონეზე განთავსებული გრუნტული ანკერებით (იგივე გრუნტული პირობებისათვის).

მასიური საყრდენი კედლების შემთხვევაში, მათ შორის ოპტიმალური ვარიანტის გამოვლენის მიზნით, შესრულებული მათი 3 ტიპის გაანგარიშება.

- კედლის წინა და უკანა ვერტიკალური სიბრტყეებით;
- კედლის წინა-დახრილი და უკანა-ვერტიკალური სიბრტყეებით;
- დახრილი საყრდენი კედლისათვის.

გაანგარიშებები შესრულებულია B20 კლასის ბეტონისა და A-III კლასის არმატურისათვის.

გაანგარიშებები შესრულებულია საყრდენი კედლის 1 გრძ. მეტრისათვის.

### 3.2. მასიური საყრდენი კედლების გაანგარიშება.

#### 3.2.1. საყრდენი კედლის ოპტიმალური მოხაზულობის და გეომეტრიული ზომების წინასწარი დადგენა.

მასიური საყრდენი კედლის ოპტიმალური ვარიანტის დადგენას ვაწარმოებთ მშრალი გრუნტული პირობებისათვის (მშრალი ქვიშა).

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

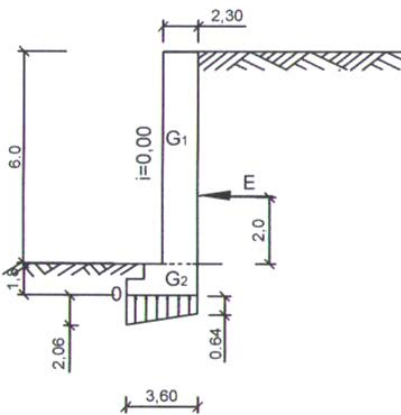
$$H_0 = 6,0 \text{ მ}; \quad h = 1,8 \text{ მ}; \quad H = 7,8 \text{ მ};$$

$$\varphi = 32^\circ; \quad \gamma_{\text{გრ}} = 1,62 \text{ ტ/მ}^3; \quad \gamma_s = 1,62 \text{ ტ/მ}^3; \quad R = 3,0 \text{ კგ/სმ}^2;$$

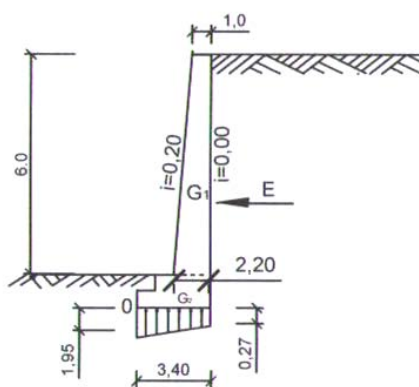
$$E = 11,84 \text{ ტ}; \quad f = 0,6$$

რადგან კედლის სისქე ხ ბევრადაა დამოკიდებული მის პროფილზე, ამიტომ გაანგარიშება შევასრულოთ კედლის წახნაგების სამ სხვადასხვა ქანობისათვის (ნახ. 3.1)

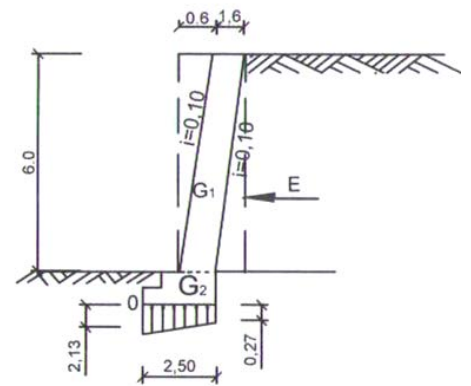
ა) ვარიანტი 1



ბ) ვარიანტი 2



გ) ვარიანტი 3



ნახ. 3.1. საყრდენი კედლის პროფილის ვარიანტები

მასიური საყრდენი კედლის სისქეების ( $b_i$ ) წინასწარი გაანგარიშება მიწის დონიდან ნებისმიერ ( $H_i$ ) დონეზე, აგრეთვე მისი სისქე საძირკვლის ჩანაჭრის დონეზე  $-b_0$  და საძირკვლის სიგანე  $b_{II}$  წარმოებს ფორმულით:

$$b_i = H_i(-C_1 + \sqrt{0,75 + \frac{\gamma_r}{\gamma_k} \mu + C_2})$$

სადაც:  $C_1$  და  $C_2$  – რიცხვითი კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულია კედლის წინა და უკანა წახნაგების დახრის კუთხეზე ( $\text{tg}\beta$  და  $\text{tg}\beta^1$ );

$\gamma_r, \gamma_k$  – გრუნტის და კედლის მასალის მოცულობითი წონეები;

$\mu$  – კოეფიციენტია, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის შინაგანი ხახუნის კუთხეზე –  $\varphi$ , გრუნტის ზედაპირის დახრის კუთხეზე –  $\alpha$  და კედლის უკანა წახნაგის დახრის კუთხეზე –  $\beta$ .

**ვარიანტი 1:**

კედლის წინა და უკანა წახნაგები ვერტიკალურია (ნახ.3.1, ა)  $\beta^1 = \beta = 0$ ;  
სათანადო ცხრილიდან:  $C_1 = C_2 = 0$ ;  $\mu = 0,305$

კედლის სისქე საძირკვლის ჩანაჭრის დონეზე:

$$b_0 = 6,0(-0 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,62}{2,4} \cdot 0,305 + 0}) = 6 \cdot 0,39 = 2,36 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_0 = 2,3 \text{ მ}$ .

საძირკვლის ფუძის სიგანე

$$b_{II} = 1,2 \cdot 7,8(-0 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,62}{2,4} \cdot 0,305 + 0}) = 6 \cdot 0,39 = 3,65 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_{II} = 3,6 \text{ მ}$

**ვარიანტი 2:** (ნახ.3.1, ბ)

კედლის წინა წახნაგის ქანობი  $i=\text{tg}\beta^1=0,2$ ; ( $\beta^1 \approx 11^\circ 20'$ ). უკანა წახნაგი ვერტიკალურია ( $\text{tg}\beta=0,00$ ).

$$C_1=0,062; \quad C_2=0,034; \quad \mu=0,305$$

კედლის სისქე საძირკვლის ჩანაჭრის დონეზე:

$$b_0 = 6,0(-0,062 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,62}{2,4} \cdot 0,305 + 0,034}) = 6 \cdot 0,3721 = 2,232 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_0 = 2,2 \text{ მ}$ .

საძირკვლის ფუძის სიგანე

$$b_{II} = 1,2 \cdot 7,8(-0,062 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,62}{2,4} \cdot 0,305 + 0,034}) = 3,48 \text{ მ}$$

ვიღებთ

$$b_{II} = 3,4 \text{ მ}$$

**ვარიანტი 3:** (ნახ.3.1, გ)

წინა და უკანა წახნაგების ქანობია  $i=\text{tg}\beta^1 = \text{tg}\beta = 0,1$ ; ( $\beta^1 = \beta \approx 6^\circ$ ).

$$C_1=0,112; \quad C_2=0,0125; \quad \mu=0,27$$

კედლის სისქე საძირკვლის ჩანაჭრის დონეზე:

$$b_0 = 6,0(-0,112 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,62}{2,4} \cdot 0,27 + 0,0125}) = 6 \cdot 0,27425 = 1,6455 \approx 1,65 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_0 = 1,6 \text{ მ}$ .

საძირკვლის ფუძის სიგანე

$$b_{II} = 1,2 \cdot 7,8(-0,112 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,62}{2,4} \cdot 0,27 + 0,0125}) = 9,36 \cdot 0,27425 = 2,567 \approx 2,57 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_{II} = 2,5 \text{ მ}$

### დასახული ვარიანტებიდან ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.

საჭიროა მიღებული ვარიანტები შემოწმებულ იქნეს შემდეგ პირობებზე:

1. საყრდენი კედლის გადაბრუნებაზე პირობიდან  $M_{\text{დ}} > M_{\text{ბ}}$ ;

2. საყრდენი კედლის ძვრაზე პირობიდან  $E \leq T = f \sum P_i$ ;

3. გრუნტზე გადაცემულ წნევაზე პირობიდან  $\sigma = \frac{p}{F} \pm \frac{M}{W} \leq R_6$

### ვარიანტი 1:

კედლის მასა:  $G = G_1 + G_2$ ;

$$G_1 = 6,0 \cdot 2,3 \cdot 1,0 \cdot 2,4 = 33,12 \text{ ტ.}$$

$$G_2 = 3,6 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 2,4 = 15,55 \text{ ტ.}$$

$$G = 48,67$$

ტ.

გადამბრუნებელი მომენტი:

$$M_{\text{ბ}} = n \cdot E \cdot \frac{H_0}{3} = 1,2 \cdot 11,84 \cdot \frac{7,8}{3} = 36,94 \text{ ტმ}$$

დამჭერი მომენტი:

$$M_{\text{დ}} = 0,8(33,12 \cdot 2,45 + 15,55 \cdot 1,8) = 0,8 \cdot 109,1 = 87,27 \text{ ტმ}$$

$$M_{\text{დ}} > M_{\text{ბ}}$$

ძვრის ძალა:

$$T = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 48,67 = 23,36 \text{ ტ} > E = 11,84 \text{ ტ.}$$

გრუნტზე გადაცემული წნევა:  $\sum M = -36,94 + 33,12 \cdot 0,65 = -15,4 \text{ ტმ.}$

$$\sigma = \frac{p}{F} \pm \frac{M}{W} = \frac{48,67}{1 \cdot 3,6} \pm \frac{15,4 \cdot 6}{1 \cdot 3,6^2} = 13,52 \pm 7,1$$

$$\sigma_{\text{max}} = 13,52 + 7,1 = 20,62 \text{ ტ/მ}^2 = 2,06 \text{ კგ/სმ}^2 < R_6$$

$$\sigma_{\text{min}} = 13,52 - 7,1 = 6,42 \text{ ტ/მ}^2 \approx 0,64 \text{ კგ/სმ}^2$$

### ვარიანტი 2:

კედლის მასა:  $G = G_1 + G_2$ ;

$$G_1 = \frac{2,2 + 1,0}{2} \cdot 6 \cdot 2,4 = 23,0 \text{ ტ}$$

$$G_2 = 3,4 \cdot 1,8 \cdot 2,4 = 14,7 \text{ ტ.}$$

$$G=37,7 \text{ ტ.}$$

გადამბრუნებელი მომენტი:

$$M_{\delta} = n \cdot E \cdot \frac{H_0}{3} = 1,2 \cdot 11,84 \cdot \frac{7,8}{3} = 36,94 \text{ ტმ}$$

დამჭერი მომენტი:

$$M_{\rho} = 0,8(23,0 \cdot 2,6 + 14,7 \cdot 1,7) = 67,8 \text{ ტმ}$$

$$M_{\rho} > M_{\delta}$$

ძვრის ძალა:

$$T=0,8 \cdot 0,6 \cdot 37,7 = 18,09 \approx 18,1 > E=11,84 \text{ ტ.}$$

გრუნტზე გადაცემული წნევა:  $\sum M = -36,94 + 23,0 \cdot 0,9 = -16,24 \text{ ტმ.}$

$$\sigma = \frac{p}{F} \pm \frac{M}{W} = \frac{37,7}{3,4} \pm \frac{16,24}{3,4^2} = 11,09 \pm 8,43$$

$$\sigma_{\max} = 19,52 \text{ ტ/მ}^2 = 1,95 \text{ კგ/სმ}^2 < R^{\sigma} = 3,0 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\min} = 2,66 \text{ ტ/მ}^2 \approx 0,27 \text{ კგ/სმ}^2$$

### ვარიანტი 3:

კედლის მასა:  $G=G_1+G_2$ :

$$G_1=1,6 \cdot 6 \cdot 2,4=23,04 \text{ ტ.}$$

$$G_2=2,5 \cdot 1,8 \cdot 2,4=10,8 \text{ ტ.}$$

$$G=33,84 \text{ ტ.}$$

გადამბრუნებელი მომენტი:

$$M_{\delta} = 36,94 \text{ ტმ}$$

დამჭერი მომენტი:

$$M_{\rho} = 0,8(23,04 \cdot 2,0 + 10,8 \cdot 1,25) = 47,66 \text{ ტმ}$$

$$M_{\rho} > M_{\delta}$$

ძვრის ძალა:

$$T=0,8 \cdot 0,6 \cdot 33,84 = 16,24 > E=11,84 \text{ ტ.}$$

გრუნტზე გადაცემული წნევა:  $\sum M = -36,94 + 23,04 \cdot 0,75 = -19,66 \text{ ტმ.}$

$$\sigma = \frac{33,84}{2,5} \pm \frac{19,66}{2,5^2} = 13,54 \pm 18,87$$

$$\sigma_{\max} = 32,4 \text{ ტ/მ}^2 = 3,24 \text{ კგ/სმ}^2 > R^{\sigma} = 3,0 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\min} = -5,33 \text{ ტ/მ}^2 = -0,53 \text{ კგ/სმ}^2 < 0$$

ამიტომ ვზრდით საძირკვლის სიგანეს

$$b_{II} = 3,0 \text{ მ} \quad \text{მაშინ:}$$

$$G_2 = 3 \cdot 1,8 \cdot 2,4 = 12,96 \text{ ტ} \quad \text{და} \quad G = 36,0 \text{ ტ}; \quad \Sigma = -36,94 + 23,04 \cdot 1,0 = -13,94 \text{ ტ.მ};$$

$$\sigma = \frac{36,0}{3,0} \pm \frac{13,94 \cdot 6}{3,0^2} = 12,0 \pm 9,29$$

$$\sigma_{\max} = 21,29 \text{ ტ/მ}^2 = 2,13 \text{ კგ/სმ}^2 < R^\sigma = 3,0 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\min} = 2,71 \text{ ტ/მ}^2 = 0,27 \text{ კგ/სმ}^2$$

დასკვნა: მასალის ხარჯის მიხედვით უფრო ეკონომიურია მე-3 ვარიანტი, მაგრამ ჩვენ შემოთავაზებულ საყრდენ კედელს ვაპროექტებთ ვერტიკალური წინა და უკანა წახნაგებით, ამიტომ ვასრულებთ როგორც დახრილი, ასევე ვერტიკალური მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშებას.

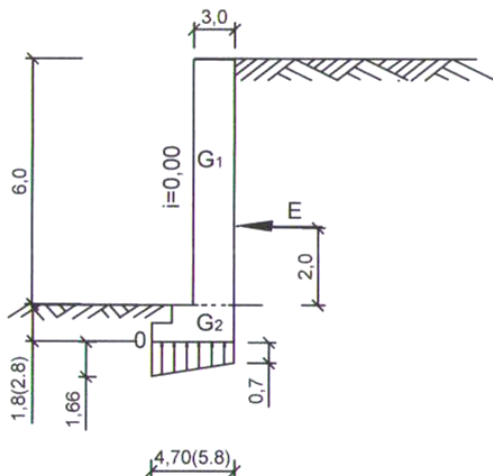
### 3.2.2. ვერტიკალური მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშება. (გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი)

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

$$H_0 = 6,0 \text{ მ}; \quad h = 1,8 \text{ მ}; \quad H = 7,8 \text{ მ};$$

$$\varphi = 23^\circ; \quad \gamma_{\text{გრ}} = 1,9 \text{ ტ/მ}^3; \quad \gamma_{\text{ჰ}} = 2,4 \text{ ტ/მ}^3; \quad R^\sigma = 1,8 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$E = 28,0 \text{ ტ}; \quad f = 0,5 \quad (\text{ნახ. 3.2})$$



გაანგარიშება:

$$\beta^1 = \beta = 0^\circ;$$

$$\text{სათანადო ცხრილიდან:} \quad C_1 = C_2 = 0;$$

$$\mu = 0,41.$$

კედლის სისქე საძირკვლის ჩასაჭრის დონეზე:

$$b_0 = 6,0(-0 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,9}{2,4} \cdot 0,55 + 0}) = 6 \cdot 0,51 =$$

ნახ. 3.2. მასიური ვერტიკალური  
საყრდენი კედელი

ვიღებთ  $b_0 = 3,0$  მ.

სამირკვლის სიგანე

$$b_{II} = 1,2 \cdot 7,8(-0 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,9}{2,4} \cdot 0,55 + 0}) = 9,36 \cdot 0,51$$

ვიღებთ  $b_{II} = 4,7$  მ.

საყრდენი კედლის მასა:

$$G_1 = 3 \cdot 6 \cdot 2,4 = 43,2 \text{ ტ}; \quad G_2 = 4,7 \cdot 1,8 \cdot 2,4 = 20,3 \text{ ტ}. \quad G = 63,5 \text{ ტ}.$$

$$M_\delta = nE \cdot \frac{H_0}{3} = 1,2 \cdot 28 \cdot \frac{7,8}{3} = 87,36 \text{ ტმ};$$

$$M_\rho = 0,8(43,2 \cdot 3,2 + 20,3 \cdot 2,35) = 185,9 \text{ ტმ}$$

$$M_\rho > M_\delta$$

$$T = 0,8 \cdot 0,45 \cdot 63,5 = 22,86 \text{ ტ} < E = 28,0 \text{ ტ}.$$

საჭიროა კედლის მასის გაზრდა. ვზრდით კედლის სისქეს  $b=3,7$  მ და  
სამირკვლის ზომებს: სიღრმე  $h=2,8$  სიგანეს:

$$b_{II} = 5,8 \text{ მ} \quad \text{მაშინ:}$$

$$G_1 = 3,7 \cdot 6 \cdot 2,4 = 53,3 \text{ ტ}; \quad G_2 = 5,8 \cdot 1,8 \cdot 2,4 = 25,06 \text{ ტ} \quad \text{და} \quad G = 78,4 \text{ ტ};$$

$$T = 0,8 \cdot 0,45 \cdot 78,4 = 28,2 \text{ ტ} \approx E = 28,0 \text{ ტ}.$$

გრუნტზე დაბეჭდვის შემოწმება:

$$\sum M = -87,36 + 43,2 \cdot 1,4 = -26,88 \text{ ტმ}.$$

$$\sigma = \frac{68,25}{5,8} \pm \frac{26,88 \cdot 6}{5,8^2} = 11,77 \pm 4,79$$

$$\sigma_{\max} = 16,56 \text{ ტ/მ}^2 = 1,66 \text{ კგ/სმ}^2 < R^\sigma = 1,8 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\min} = 6,98 \text{ ტ/მ}^2 = 0,7 \text{ კგ/სმ}^2$$





განგარიშება: წინა და უკანა წახნაგების ქანობა

$$i = \text{tg}\beta^1 = \text{tg}\beta = 0,1 \quad (\beta^1 = \beta \approx 6^\circ);$$

სათანადო ცხრილიდან:  $C_1=0,112$ ;  $C_2=0,0125$ ;  $\mu=0,41$ .

კედლის სისქე საძირკვლის შენაჭრის დონეზე:

$$b_0 = 6,0(-0,112 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,9}{2,4} \cdot 0,41 + 0,125}) = 6 \cdot 0,394 = 2,36 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_0 = 2,4 \text{ მ}$ .

საძირკვლის სიგანე

$$b_{II} = 1,2 \cdot 7,8(-0,112 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,9}{2,4} \cdot 0,41 + 0,0125}) = 9,36 \cdot 0,394 = 3,68 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_{II} = 3,7 \text{ მ}$ .

საყრდენი კედლის მასა:

$$G_I = 2,4 \cdot 6 \cdot 2,4 = 34,56 \text{ ტ}; \quad G_2 = 3,7 \cdot 1,8 \cdot 2,4 = 15,98 \text{ ტ}. \quad G = 50,54 \text{ ტ}.$$

გადამბრუნებელი მომენტი:

$$M_\delta = nE \cdot \frac{H_0}{3} = 1,2 \cdot 28 \cdot \frac{7,8}{3} = 87,36 \text{ ტმ}$$

დამჭერი მომენტი:

$$M_\rho = 0,8(34,56 \cdot 2,8 + 15,98 \cdot 1,85) = 0,8 \cdot 126,33 = 101,1 \text{ ტმ}$$

$$M_\rho > M_\delta$$

შემოწმება მოსრიალებაზე (ძვრაზე):

$$T = 0,8 \cdot 0,45 \cdot 50,54 = 18,19 \text{ ტ} < E = 28,0 \text{ ტ}.$$

ამიტომ უნდა გავზარდოთ კედლის მასა; მივიღოთ (ნახ. 3.4):

$$b_0 = 3,0 \text{ მ}, \quad b_{II} = 5,7 \text{ მ} \quad \text{და}$$

$h=2,6$  მ, მაშინ:

$$G_1 = 3,0 \cdot 6 \cdot 2,4 = 43,2 \text{ ტ}$$

$$G_2 = 5,7 \cdot 2,6 \cdot 2,4 = 35,57 \text{ ტ} \quad \text{და} \quad G = 78,77 \text{ ტ};$$

დამჭერ მომენტს არ ვამოწმებთ, რადგან პირველ შემთხვევაშიც იგი აღემატებოდა  $M_3$ -ს.

$$T = 0,8 \cdot 0,45 \cdot 78,8 = 28,4 \text{ ტ} > E = 28,0 \text{ ტ}.$$

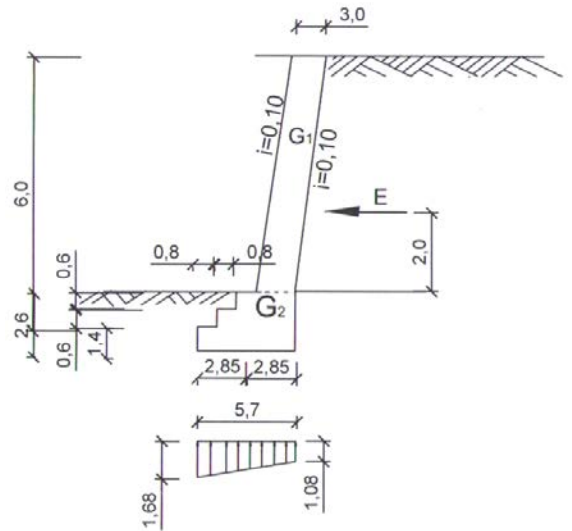
გრუნტზე დაბჯების შემოწმება:

$$\sum M = -87,36 + 43,2 \cdot 1,65 = -16,08 \text{ ტმ}.$$

$$\sigma = \frac{78,77}{5,7} \pm \frac{16,08 \cdot 6}{5,7^2} = 13,8 \pm 2,97$$

$$\sigma_{\max} = 16,77 \text{ ტ/მ}^2 = 1,68 \text{ კგ/სმ}^2 < R^\sigma = 1,8 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\min} = 10,83 \text{ ტ/მ}^2 = 1,08 \text{ კგ/სმ}^2$$



ნახ.3.4

ანალოგიურად გვაქვს გაანგარიშებული დახრილი მასიური საყრდენი კედელი მშრალი ქვიშნარის შემთხვევაში. (ნაშრომში არ მოგვაქვს, ხოლო ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებისას მხედველობაში გვაქვს მიღებული).

### 3.3. ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის უანკერო საყრდენი კედლების გაანგარიშება.

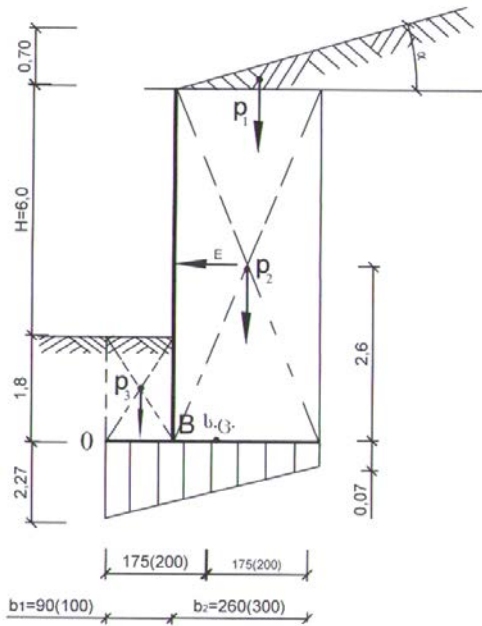
#### 3.2.1. გრუნტი – მშრალი ქვიშნარი

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

$$H = 6,0 \text{ მ}; \quad h = 1,8 \text{ მ}; \quad \varphi = 32^\circ; \quad \gamma_{\text{გრ}} = 1,62 \text{ ტ/მ}^3;$$

$$R^\sigma = 3,0 \text{ კგ/სმ}^2; \quad \gamma_{\text{საშ}} = C^1 \cdot \gamma = 1,1 \cdot 1,62 = 1,78 \text{ ტ/მ}^3;$$

$$\alpha = 15^\circ; \quad \text{tg} \alpha = 0,26795; \quad \mu_\alpha = 0,369; \quad f = 0,6 \quad (\text{ნახ.3.5.})$$



ნახ.3.5

განგარიშება: საძირკვლის ფილის

სიგანის წინასწარი განსაზღვრა

$$b = (H + h) \sqrt{C \frac{\gamma}{\gamma_{\text{საშ}}} \mu_a} = (6 + 1,8) \sqrt{0,6 \cdot \frac{1620}{1780} \cdot 0,369} = 7,8 \cdot 0,449 = 3,5 \text{ მ}$$

საძირკვლის ფილის კონსოლების სიგრძეები:

$$b_1 = 0,25 \cdot b = 0,25 \cdot 3,5 = 0,875 \text{ მ}$$

$$\text{ვიღებთ } b_1 = 90 \text{ სმ;}$$

$$b_2 = 350 - 90 = 260 \text{ სმ.}$$

საყრდენ კედელს ვამოწმებთ მდგრადობაზე:

სიდიდეები E, P<sub>i</sub> და  $\sum P_i$  ტოლია:

$$1. E = 0,5\gamma(H + h)^2 \cdot \mu_a = 0,5 \cdot 1,62(6,0 + 1,8)^2 \cdot 0,369 \approx 18,2 \text{ ტ}$$

$$2. P_1 = 2,6 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1,78 = 1,62 \text{ ტ}$$

$$P_2 = 2,6 \cdot 7,8 \cdot 1,78 = 36,1 \text{ ტ}$$

$$P_3 = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 1,78 = 2,9 \text{ ტ}$$

$$\sum P_i = 40,6 \text{ ტ}$$

3. გადაბრუნებელი მომენტი (n=1,2):

$$M_{\text{გ}} = -nEe = -1,2 \cdot 18,2 \cdot \frac{6 + 1,8}{3} = -56,78 \text{ ტ.მ.}$$

4. დამჭერი მომენტი (n=0,8):

$$M_{\text{დ}} = n \sum P_i a_i = 0,8(1,62 \cdot 2,63 + 36,1 \cdot 2,2 + 2,9 \cdot 0,45) = 0,8 \cdot 84,99 = 67,99 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_{\text{დ}} > M_{\text{გ}}$$

5. შემოწმება ძვრაზე (მოსრიალებაზე):

$$T = fn \sum P_i = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 40,6 = 19,5 \text{ ტ}$$

$$T = 19,5 \text{ ტ} < nE = 1,2 \cdot 18,2 = 21,84 \text{ ტ}$$

ამიტომ უნდა გავზარდოთ საძირკვლის ფილის სიგანე და მივიღოთ:

$$b = 4,0 \text{ მ}; \quad b_1 = 0,25 \cdot b = 1 \text{ მ}; \quad b_2 = 4 - 1 = 3 \text{ მ}.$$

(ნახ. 3.5. ფილის დაზუსტებული ზომები მოცემულია ფრჩხილებში).

ვსაზღვრავთ გრუნტის ახალ მასებს:

$$P_1 = 3,0 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1,78 = 1,87 \text{ ტ}$$

$$P_2 = 3,0 \cdot 7,8 \cdot 1,78 = 41,65 \text{ ტ}$$

$$P_3 = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,78 = 3,2 \text{ ტ}$$

$$\sum P_i = 46,72 \text{ ტ}.$$

საყრდენ კედელს ხელმეორედ აღარ ვამოწმებთ გადაბრუნებაზე, რადგან პირველ შემთხვევაში გვექონდა შემოწმებული. კედელს ხელმეორედ ვამოწმებთ მხოლოდ ძვრაზე:

$$T = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 46,72 = 22,43 \text{ ტ} > nE = 1,2 \cdot 18,2 = 21,84 \text{ ტ}$$

ვამოწმებთ ფუძის გრუნტის სიმტკიცეს:

$E$  და  $\sum P_i$  ძალების მომენტი ფუძის ფილის სიმძიმის ცენტრის მიმართ; გადატვირთვის კოეფიციენტების მხედველობაში მიუღებლად:

$$M = -M_0 + \sum P_i a_i = -\frac{56,78}{1,2} + 1,87 \cdot 1 + 41,65 \cdot 0,5 - 3,2 \cdot 1,5 = -52,12 + 22,7 = -29,42 \text{ ტ.მ.}$$

წნევა გრუნტზე:

$$\sigma = \frac{\sum P_i}{F} \pm \frac{6M}{W} = \frac{46,72}{1,0 \cdot 4,0} \pm \frac{6 \cdot 29,42}{1 \cdot 4^2} = 11,68 \pm 11,03;$$

$$\sigma_{\max} = 22,7 \text{ ტ/მ}^2 = 2,27 \text{ კგ/სმ}^2 < R^\sigma = 3,0 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\min} = 0,65 \text{ ტ/მ}^2 = 0,07 \text{ კგ/სმ}^2$$

**კედლის ფილების გაანგარიშება სიმტკიცეზე:**

ისინი, როგორც ცნობილია, იანგარიშება საანგარიშო დატვირთვაზე. თუ ძაბვების ეპიურების შესაბამის ფართებს აღვნიშნავთ  $F_i$  ასოთი, გვექნება:

$$M_1 = F_1 \cdot 0,58 - nP_3 \cdot 0,5 = \frac{22,7 + 17,2}{2} \cdot 0,58 \cdot 1,0 - 1,2 \cdot 3,2 \cdot 0,5 = 9,65 \text{ ტ.მ.}$$

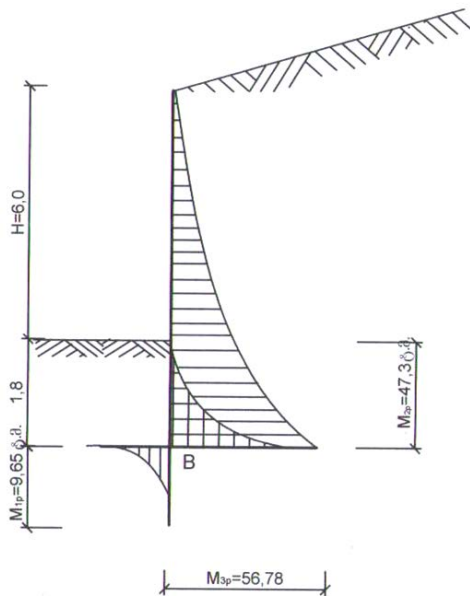
$$M_2 = nP_i \cdot 2 + nP_2 \cdot 1,5 - F_2 \cdot 1,1 = 1,2 \cdot 1,87 \cdot 2 + 1,2 \cdot 41,65 \cdot 1,5 - \frac{17,2 + 0,7}{2} \cdot 3 \cdot 1,1 = 47,3 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_3 = -nE \cdot 2,6 = -1,2 \cdot 18,2 \cdot 2,6 = -56,78 \text{ ტ.მ.}$$

$$\Sigma M = 9,65 + 47,3 - 56,78 \approx 0$$

მლუნავი მომენტების ეპიურა იხ. ნახ. 3.6

მიღებული საანგარიშო მომენტების და განივი ძალების მიხედვით ვსაზღვრავთ **B** წერტილში ფილების სისქეს და არმატურის ფართობს.



ნახ. 3.6. მლუნავი მომენტების ეპიურა

### საყრდენი კედლის ფილების დაარმატურება

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

1. ვერტიკალური ფილისათვის:  $M_3=56,78$  ტ.მ;  $Q_3=1,2 \cdot E=1,2 \cdot 18,2=21,84$  ტ
2. საძირკვლის ფილებისათვის:  $M_1=9,65$  ტ.მ და  $M_2=47,38$  ტ.მ

### ვერტიკალური ფილის დაარმატურება:

კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $b=1,0$  მ;  $h=0,55$  მ;  $a=0,05$  მ;  
 $h_0=0,50$  მ; ბეტონი მძიმე B 20 კლასის (მ 250);  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა S, A<sub>T</sub>-III C  
კლასის ( $R_s=365$  მპა).

საანგარიშო მლუნავი მომენტი  $M=567,8$  კნ.მ.

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

გაანგარიშება:

ვამოწმებთ კედლის სისქეს:

$$b \cdot h_0 \cdot R_3 = 100 \cdot 50 \cdot 9 = 45000 \text{ კგ} = 45 \text{ ტ} > 1,2E = 21,84 \text{ ტ}$$

ე.ი. განივი არმატურის ანგარიში საჭირო არ არის.

B 20 კლასის ბეტონისათვის  $\gamma_{b2} = 0,9$

კოეფიციენტის გათვალისწინებით

$$R_b \gamma_{b2} = 11,5 \cdot 0,9 = 10,35 \text{ მპა}$$

$$B_0 = \frac{56780}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,5^2} = 0,22 \quad V = 0,875$$

$$A_s = \frac{567800}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,875 \cdot 0,50} = 0,0035557 \text{ მ}^2 = 35,6 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ:  $10\Phi 22A-III$  ( $A_s=38,01 \text{ სმ}^2$ )

ჩამაგრების კვანძში (წერტილი B) საძირკვლის ფილის სისქეს ვიღებთ იგივეს  
-  $h=55$  სმ.

საძირკვლის ფილის მარცხენა მხარისათვის:

$$M_1 = 9,65 \text{ ტ.მ}$$

$$B_0 = \frac{96500}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,5^2} = 0,037 \quad V = 0,98$$

$$A_s = \frac{96500}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,98 \cdot 0,5} = 0,0005396 \text{ მ}^2 = 5,4 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ  $6\Phi 12A-III$  ( $A_s=6,79 \text{ სმ}^2$ )

საძირკვლის ფილის მარჯვენა მხარისათვის:

$$M_2 = 47,3 \text{ ტ.მ}$$

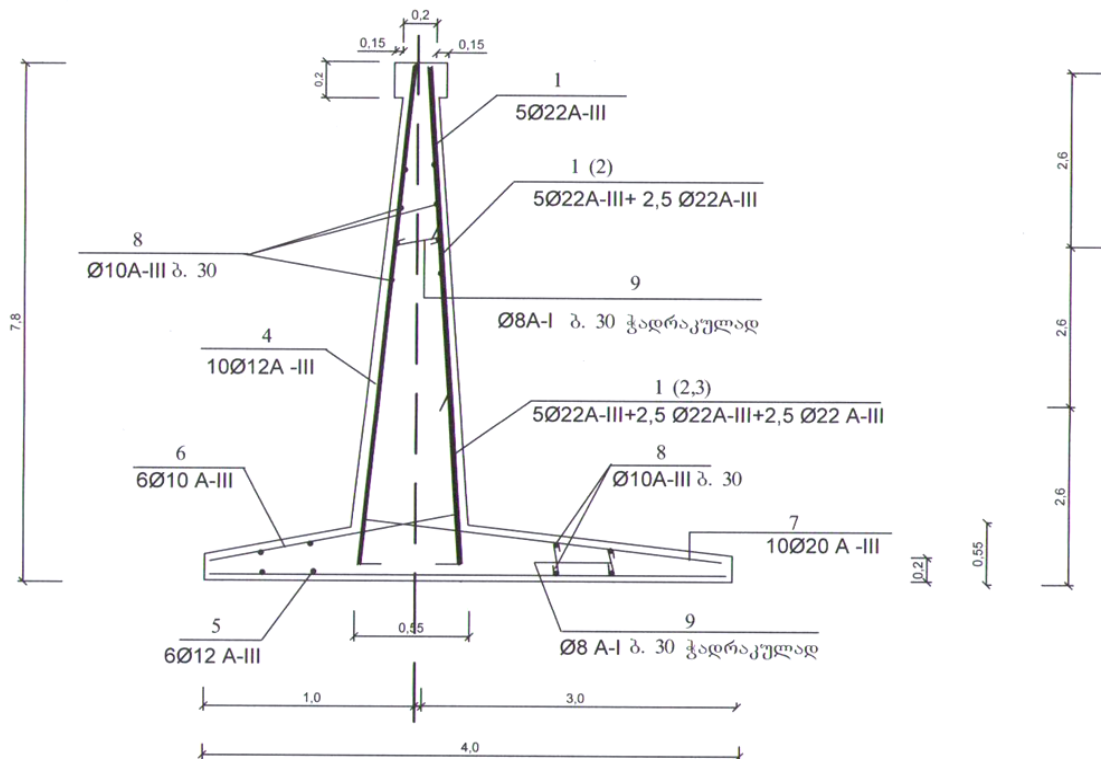
$$B_0 = \frac{473000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,5^2} = 0,183;$$

$$V = 0,899;$$

$$A_s = \frac{473000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,899 \cdot 0,5} = 0,002883 \text{ მ}^2 = 28,83 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ 10Φ20A-III ( $A_s=31,42 \text{ სმ}^2$ )

საყრდენი კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 3.7.



ნახ. 3.7. საყრდენი კედლის დაარმატურება.

### 3.3.2. გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

$$H = 6,0 \text{ მ}; \quad h = 1,8 \text{ მ};$$

$$\varphi = 23^0; \quad \gamma = 1,9 \text{ ტ/მ}^3;$$



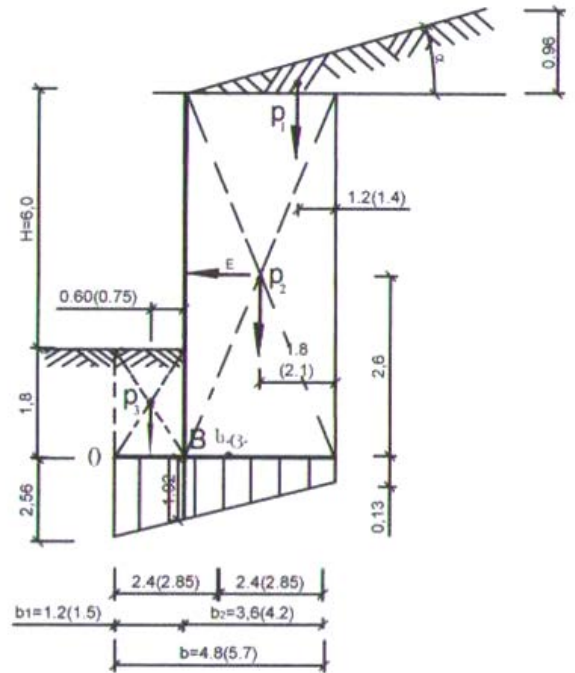
$$R^\sigma = 1,8 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$\gamma_{\text{საშ}} = C^1 \cdot \gamma = 1,7 \cdot 1,9 = 2,03 \text{ ტ/მ}^3;$$

$$\alpha = 15^\circ; \quad \text{tg} \alpha = 0,26795;$$

$$\mu_\alpha = 0,54;$$

$$f = 0,6$$



ნახ. 3.8

განგარიშება:

საძირკვლის ფილის სიგანის წინასწარი განსაზღვრა

$$b = (H + h) \sqrt{C \frac{\gamma}{\gamma_{\text{საშ}}} \mu_\alpha} = (6 + 1,8) \sqrt{0,7 \cdot \frac{1,9}{2,03} \cdot 0,54} = 7,8 \cdot 0,5948 = 4,64 \approx 4,8 \text{ მ}$$

საძირკვლის ფილის კონსოლების სიგრძეები:

$$b_1 = 0,25 \cdot b = 0,25 \cdot 4,8 = 1,2 \text{ მ}$$

$$b_2 = 4,8 - 1,2 = 3,6 \text{ მ.}$$

კედლის შემოწმება მდგრადობაზე: სიდიდეები E, P<sub>1</sub> და ΣP<sub>i</sub> ტოლია:

$$1. \quad E = 0,5 \gamma (H + h)^2 \cdot \mu_\alpha = 0,5 \cdot 1,9 (6,0 + 1,8)^2 \cdot 0,54 = 31,21 \text{ ტ}$$

$$2. \quad P_1 = 3,6 \cdot 0,96 \cdot 0,5 \cdot 2,03 = 3,51 \text{ ტ};$$

$$P_2 = 7,8 \cdot 3,6 \cdot 2,03 = 57,0 \text{ ტ}$$

$$P_3 = 1,2 \cdot 1,8 \cdot 2,03 = 4,38 \text{ ტ}$$

$$\sum P_i = 64,9 \text{ ტ}$$

3. გადამბრუნებელი მომენტი ( $n=1,2$ ):

$$M_{\delta} = -nEe = -1,2 \cdot 31,21 \cdot \frac{7,8}{3} = -97,38 \text{ ტ.მ.}$$

4. დამჭერი მომენტი ( $n=0,8$ ):

$$M_{\sigma} = n \sum P_i a_i = 0,8(3,51 \cdot 3,6 + 57,0 \cdot 3,0 + 4,38 \cdot 0,6) = 0,8 \cdot 186,3 = 149,0 \text{ ტ.მ.}$$

$M_{\sigma}$

>  $M_{\delta}$

5. შემოწმება ძვრაზე (მოსრიალებაზე):

$$T = fn \sum P_i = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 64,9 = 31,2 \text{ ტ}$$

$$T = 31,2 < nE = 1,2 \cdot 31,21 = 37,45 \text{ ტ}$$

ამიტომ უნდა გავზარდოთ საძირკვლის ფილის სიგანე და მივიღოთ:

$$b = 5,7 \text{ მ}; \quad b_1 = 1,5 \text{ მ}; \quad b_2 = 4,2 \text{ მ.}$$

(ნახ. 3.8. ფილის დაზუსტებული ზომები მოცემულია ფრჩხილებში).

გრუნტის ახალი მასები:

$$P_1 = 4,2 \cdot 1,13 \cdot 0,5 \cdot 2,03 = 4,82 \text{ ტ};$$

$$P_2 = 4,2 \cdot 7,8 \cdot 2,03 = 66,5 \text{ ტ};$$

$$P_3 = 1,5 \cdot 1,8 \cdot 2,03 = 5,48 \text{ ტ}; \quad \sum P_i = 76,8 \text{ ტ,}$$

$$T = fn \sum P_i = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 76,8 = 36,86 \text{ ტ} \approx nE$$

ფუძის გრუნტის შემოწმება სიმტკიცეზე:

$$M = -M_0 + \sum P_i a_i = -\frac{97,38}{1,2} + 4,82 \cdot 1,45 + 66,5 \cdot 0,3 - 5,48 \cdot 2,1 = 26,94 - 92,66 = -65,72 \text{ ტ.მ.}$$

წნევა გრუნტზე:

$$\sigma = \frac{\sum P_i}{F} \pm \frac{6M}{W} = \frac{76,8}{1 \cdot 5,7} \pm \frac{6 \cdot 65,72}{1 \cdot 5,7^2} = 13,47 \pm 12,14;$$

$$\sigma_{\text{მაქს}} = 25,61 \text{ ტ/მ}^2 = 2,56 \text{ კგ/სმ}^2; < 1,2 \cdot R^{\sigma} = 1,2 \cdot 1,8 = 2,16 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\text{მინ}} = 1,33 \text{ ტ/მ}^2 = 0,13 \text{ კგ/სმ}^2$$

მართალია,  $\sigma_{\text{მაქს}} > 1,2 \cdot R^{\sigma}$  მაგრამ საპირველის ფილის მიღებულ ზომებს ვტოვებთ უცვლელად და ფუძის საანგარიშო წინალობას გავზრდით მასში ხრემის (ან ღორღის) ჩატკეპნით.

საყრდენი კედლის ფილების გაანგარიშება სიმტკიცეზე

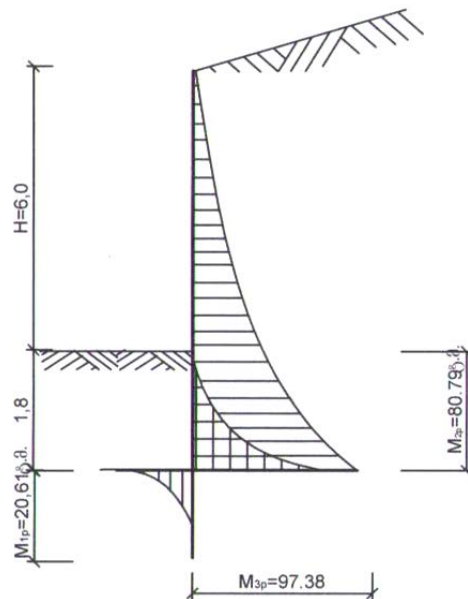
მღუნავი მომენტები ფილების ურთიერთმიერთების წერტილის (B) მიმართ:

$$M_1 = F_1 \cdot 0,76 - nP_3 \cdot 0,75 = \frac{25,6 + 19,2}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,76 - 1,2 \cdot 5,48 \cdot 0,75 = 20,61 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_2 = nP_i \cdot 2,8 + nP_2 \cdot 2,1 - F_2 \cdot 2,09 = 1,2 \cdot 4,82 \cdot 2,8 + 1,2 \cdot 66,5 \cdot 2,1 - \frac{19,2 + 1,3}{2} \cdot 4,2 \cdot 2,09 = 80,79 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_3 = -nE \cdot 2,6 = -1,2 \cdot 31,21 \cdot 2,6 = -97,375 \text{ ტ.მ.} \quad \Sigma M \approx 0$$

მღუნავი მომენტების ეპიურა იხ. ნახ.3.9.



ნახ. 3.9. მღუნავი მომენტების ეპიურა

საყრდენი კედლის ფილების დაარმატურება

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

1. ვერტიკალური ფილისათვის;

$$M_3 = 97,38 \text{ ტ.მ.}$$

$$Q_3 = 1,2 \cdot E = 1,2 \cdot 31,21 = 37,45 \text{ ტ}$$

2. საძირკვლის ფილებისათვის;

$$M_1 = 20,61 \text{ ტ.მ.} \quad \text{და} \quad M_2 = 80,79 \text{ ტ.მ.}$$

კედლის ფილის დაარმატუება:

კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $b=1,0 \text{ მ}; \quad h=0,6 \text{ მ}; \quad a=0,05 \text{ მ};$

$h_0=0,55 \text{ მ};$  ბეტონი მძიმე – B 20 კლასის (მ 250);

$R_b=11,5 \text{ მპა};$  არმატურა  $A_T$  -III<sub>C</sub> კლასის ( $R_s=265 \text{ მპა}$ ).

საანგარიშო მღუნავი მომენტი  $M=973,8 \text{ კნ.მ}$

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

განგარიშება:

ვამოწმებთ კედლის მიღებულ სისქეს ( $h=0,6 \text{ მ}$ ).

$$bh_0R=100 \cdot 55 \cdot 9=49 \text{ 500 კგ}=45 \text{ ტ} > 1,2 E=37,45 \text{ ტ.}$$

ე.ი. განივი არმატურის ანგარიში საჭირო არ არის.

$$R_b \cdot \gamma_{b2} = 11,5 \cdot 0,9 = 10,35 \text{ მპა}$$

$$B_0 = \frac{973000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,55^2} = 0,31 < B_R; \quad V = 0,81$$

$$A_s = \frac{973000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,81 \cdot 0,55} = 0,005984 \text{ მ}^2 = 59,84 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ 10Φ28A-III ( $A_s=61,58 \text{ სმ}^2$ ).

ჩამაგრების კვანძში (წერტილი B) საძირკვლის ფილის სისქეს ვიღებთ იგივეს - 60 სმ.

საძირკვლის ფილის მარჯვენა კონსოლისათვის:

$$B_0 = \frac{206100}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,55^2} = 0,066; \quad V = 0,965$$

$$A_s = \frac{206100}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,965 \cdot 0,55} = 0,000639 \text{ მ}^2 = 6,39 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ 10Φ12A-III ( $A_s=11,31 \text{ სმ}^2$ ).

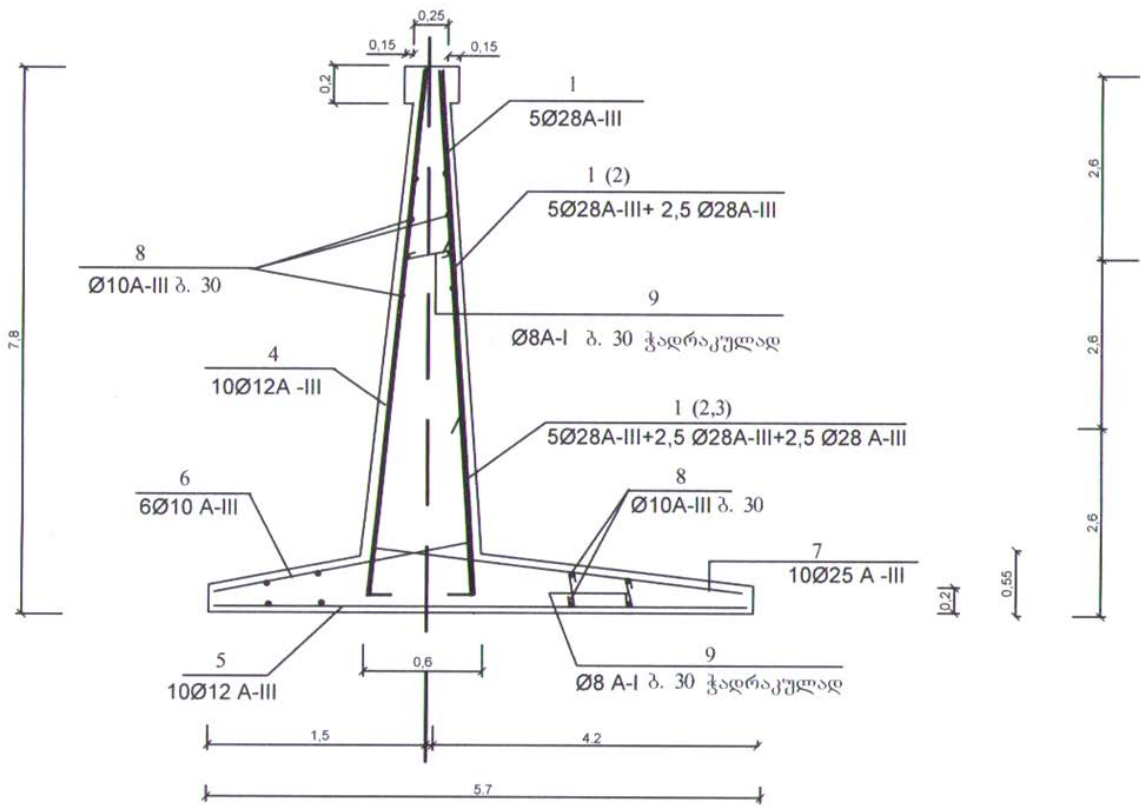
საძირკვლის ფილის მარჯვენა კონსოლისათვის:

$$B_0 = \frac{807900}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,55^2} = 0,258; \quad V = 0,848$$

$$A_s = \frac{807900}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,848 \cdot 0,55} = 0,004746 \text{ მ}^2 = 47,46 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ 10Φ25A-III (A<sub>s</sub>=49,09 სმ<sup>2</sup>).

საყრდენი კედლის არმირება იხ. ნახ. 3.10.



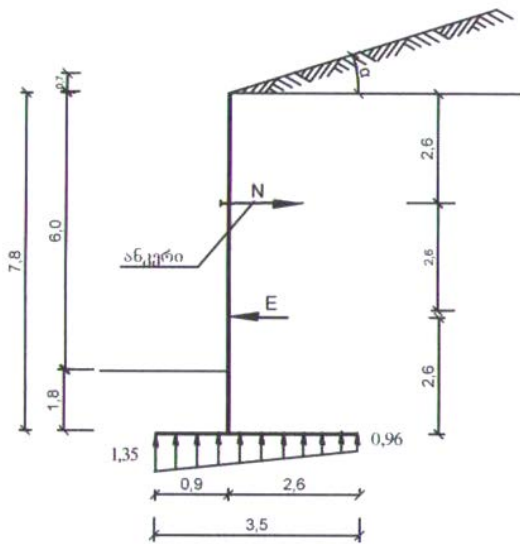
ნახ. 3.10. საყრდენი კედლის დაარმატურება

### 3.4. ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის ანკერებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშება

#### 3.4.1. გრუნტი-მშრალი ქვიშნარი

მონაცემები გაანგარიშებისათვის, საძირკვლის ფილის ზომების დადგენა და საძირკვლის ფილაზე გრუნტის დაწნევის მასები იხ. ოტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის უანკერო საყრდენი კედლების გაანგარიშება (§3.3 ნახ.3.5).

კედლის კონსტრუქციულ სქემას ექნება შემდეგი სახე (ნახ. 3.11).



$$E = 18.2 \text{ ტ}$$

$$N = \frac{E}{2} = 9,1 \text{ ტ}$$

ნახ. 3.11

განსახილველ ვარიანტში ანკერის არსებობის გამო კედლის შემოწმებას გადაბრუნებაზე არ ვასრულებთ.

კედლის შემოწმება ძვრაზე (მოსრიალებაზე).

$$T = fn \sum P_i = 19.5 > \text{ტ} > nN = 1,2 \cdot 9,1 = 10,9 \text{ ტ}$$

ე.ი. გვაკმაყოფილებს საძირკვლის ფილის ნაანგარიშევი.

ზომები:  $b_1=0,9$  მ;  $b_2=2,6$  მ;  $b_3=3,5$  მ.

საყრდენი კედლის სტატიკური გაანგარიშება.

კონსტრუქცია წარმოადგენს სტატიკურად ერთხელ ურკვევ სისტემას.

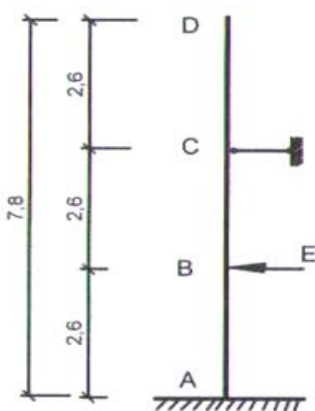
$E = 18.2$  ტ       $N = \frac{E}{2} = ?$  ტ

კედლის საანგარიშო სქემა, ძირითადი სისტემა და მღუნავი მომენტების ეპიურა იხ. ნახ.3.12.

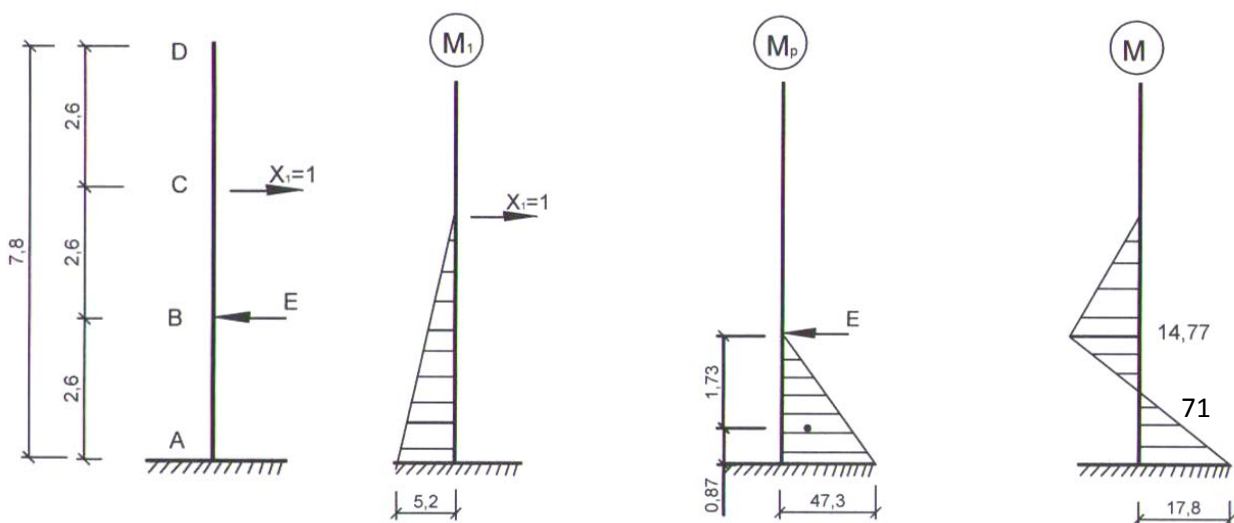
საანგარიშო სქემა

$\sigma_{11}x_1 + \Delta_{1p} = 0$

$x_1 = -\frac{-\Delta_{1p}}{\sigma_{11}}$



ძირითადი სისტემა



ნახ.3.12.

$$M_1 = 5,2 \cdot 1 = 5,2 \quad M_p = 2,6 \cdot E = 2,6 \cdot 18,2 = 47,3 \text{ ტ.მ.}$$

$$\sigma_{11} = \frac{5,2 \cdot 5,2}{2} \cdot 5,2 \cdot \frac{2}{3} = 46,87$$

$$\Delta_{1p} = \frac{47,3 \cdot 2,6}{2} \cdot 4,33 = 266,3$$

$$x_1 = N = -\frac{266,3}{46,87} = 5,6 \text{ ტ}$$

ჯამური მომენტები:

$$M_D = 0; \quad M_C = 0; \quad M_B = \frac{5,2}{2} \cdot 5,68 = 14,77 \text{ ტ.მ.}$$
$$M_A = 5,2 \cdot 5,68 - 47,3 = -17,80 \text{ ტ.მ.}$$

**ფუძის გრუნტის სიმტკიცის შემოწმება**

$$M = -M_0 + \sum P_i a_i = -17,82 + 1,62 \cdot 0,88 + 36,1 \cdot 0,45 - 2,9 \cdot 1,3 = -3,96 \text{ ტ.მ.}$$

წნევა გრუნტზე:

$$\sigma = \frac{40,6}{1,0 \cdot 3,5} \pm \frac{6 \cdot 3,96}{1 \cdot 3,5^2} = 11,6 \pm 1,94$$

$$\sigma_{\max} = 13,54 \text{ ტ/მ}^2 = 1,35 \text{ კგ/სმ}^2 < R^\sigma = 3,0 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\sigma_{\min} = 9,66 \text{ ტ/მ}^2 = 0,96 \text{ კგ/სმ}^2$$

**საყრდენი კედლის ფილების გაანგარიშება სიმტკიცეზე**

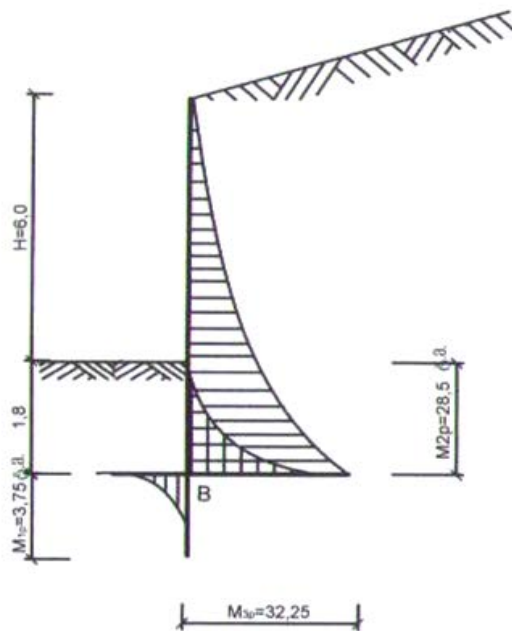


$$M_1 = F_1 \cdot 0,46 - 1,2 \cdot 2,9 \cdot 0,45 = \frac{1,35 + 1,22}{2} \cdot 0,9 \cdot 0,46 - 1,57 = 3,75 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_2 = nP_1 \cdot 1,73 + nP_2 \cdot 1,3 - F_2 \cdot 1,25 = 1,2 \cdot 1,62 \cdot 1,73 + 1,2 \cdot 36,1 \cdot 1,3 - \frac{12,2 + 9,6}{2} \cdot 1,1 \cdot 2,6 = 28,5 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_3 = (M_1 + M_2) = -32,25 \text{ ტ.მ.}$$

მლუნავი მომენტის ეპიურა იხ. ნახ. 3.13.



ნახ. 3.13. მლუნავი მომენტების ეპიურა

### საყრდენი კედლის ფილების დარმატურება

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

1. კედლის ფილისათვის:

$$M_3 = 32,25 \text{ ტ.მ.; } Q_3 = 1,2 \cdot N = 1,2 \cdot 18,2 = 21,84 \text{ ტ}$$

2. საძირკვლის ფილებისათვის:

$$M_1 = 3,75 \text{ ტ.მ.} \quad \text{და} \quad M_2 = 28,5 \text{ ტ.მ.}$$

კედლის ფილის დაარმატურება

კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $b=1,0$  მ;  $h=0,4$  მ;  $a=0,05$  მ;  $h_0=0,35$  მ;  
ბეტონი მძიმე B20 კლასის; ( $R_b=11,5$  მპა); არმატურა A T-III C კლასის ( $R_s=365$  მპა).

$$bh_0R_b=100 \cdot 35 \cdot 9=31500 \text{ კგ}=31,5 \text{ ტ} > Q=21,84 \text{ ტ};$$

$$R_b \gamma_{b2} = 11,5 \cdot 0,9 = 10,35 \text{ მპა}$$

$$B_0 = \frac{322500}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,35^2} = 0,254; \quad V = 0,85$$

$$A_s = \frac{322500}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,85 \cdot 0,35} = 29,7 \text{ სმ}^2$$

ვილებთ: 10  $\Phi 20$  A-III ( $A_s=31,42 \text{ სმ}^2$ ).

საძირკვლის ფილის მარცხენა მხარისათვის:  $M_1=3,75$  ტ.მ.

$$B_0 = \frac{37500}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,35^2} = 0,03; \quad V = 0,985$$

$$A_s = \frac{37500}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,985 \cdot 0,35} = 2,3 \text{ სმ}^2$$

ვილებთ: 5  $\Phi 12$  A-III ( $A_s=5,65 \text{ სმ}^2$ ).

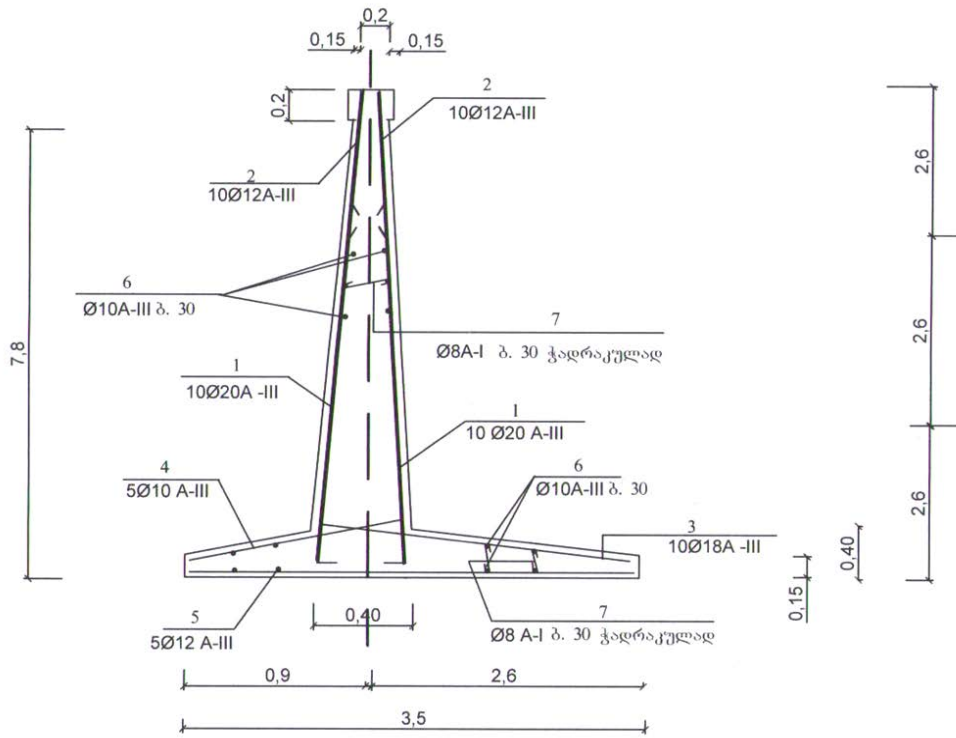
საძირკვლის ფილის მარჯვენა მხარისათვის:  $M_2=28,5$  ტ.მ.

$$B_0 = \frac{285000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,35^2} = 0,225; \quad V = 0,87$$

$$A_s = \frac{185000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,87 \cdot 0,35} = 25,6 \text{ სმ}^2$$

ვილებთ: 10  $\Phi 18$  A-III ( $A_s=25,45 \text{ სმ}^2$ ).

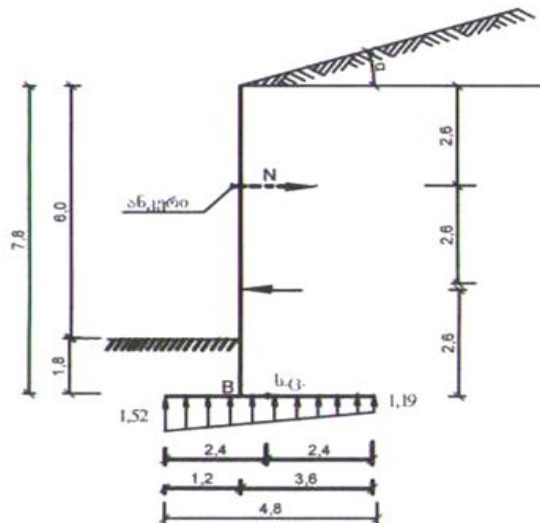
საყრდენი კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 3.14.



ნახ. 3.14. საყრდენი კედლის დარმატურება.

### 3.4.2. გრუნტი-წყალნაჯერი თიხნარი

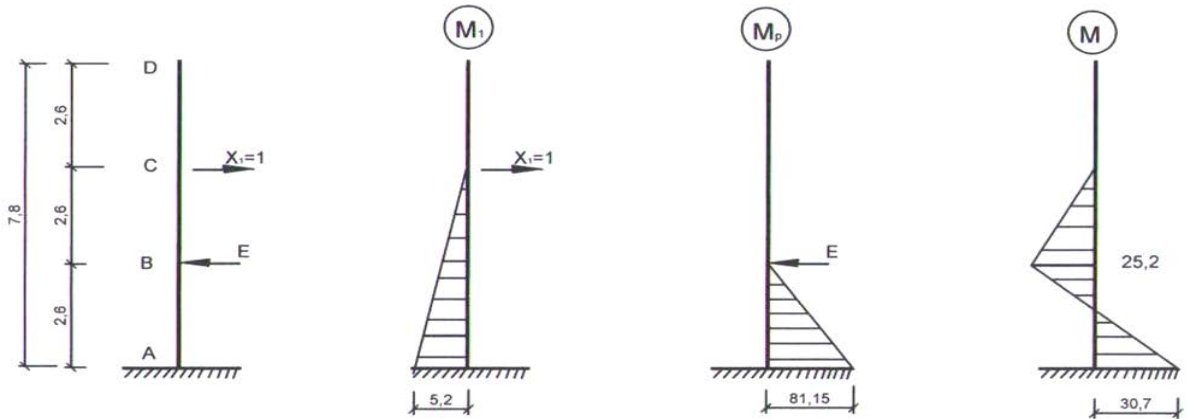
მონაცემები გაანგარიშებისათვის ფილის ზომების დადგენა და ფილაზე გრუნტის დაწნევა მასები იხ. უანკერო საყრდენი კედლების გაანგარიშება (§3.3. ნახ.3.5). კედლის კონსტრუქციულ სქემა იხ. ნახ. 3.15.



ნახ. 3.15. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა

კედლის სტატიკური გაანგარიშება.

კონსტრუქცია წარმოადგენს ერთხელ სტატიკურად ურკვევ სისტემას. მისი ძირითადი სისტემა და მღუნავი მომენტების ეპიურები იხ. ნახ. 3.16.



ნახ. 3.16

$$\sigma_{11} = \frac{5,2 \cdot 5,2}{2} \cdot 5,2 \cdot \frac{2}{3} = 46,87 \quad \Delta_{1p} = \frac{81,15 \cdot 2,6}{2} \cdot 4,33 = 456,8 \quad x_1 = 9,7 \text{ ტ}$$

ჯამური მომენტები:

$$M_0=0; \quad M_c=0; \quad M_B=2,6 \cdot 9,7=25,2 \quad \text{ტ.მ.}$$

$$M_A = 5,2 \cdot 9,7 - 81,15 = -30,7 \text{ ტ.მ.}$$

შევამოწმოთ პირობა:  $M_c > M_0$

$$M_0=1,2 (N \cdot 5,2 - E \cdot 2,6)=1,2(9,7 \cdot 5,2 - 31,21 \cdot 2,6)=-1,2 \cdot 30,6 \text{ ტ.მ.}=-36,84 \text{ ტ.მ.}$$

კედლის შემოწმება ძვრადობაზე

$$T = fn \sum P_i = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 64,9 = 20,8 \text{ ტ} > nN = 1,2 \cdot 9,7 = 11,6 \text{ ტ}$$

გრუნტში ძაბვების განსაზღვრა:

$$M = -36,84 + 3,51 \cdot 1,2 + 57,0 \cdot 0,6 - 4,38 \cdot 1,8 = -6,34 \text{ ტ.მ.}$$

$$\sigma = \frac{64,9}{1 \cdot 4,8} \pm \frac{6 \cdot 6,34}{1 \cdot 4,8^2} = 13,52 \pm 1,65$$

$$\sigma_{\max} = 1,52 \text{ კგ/სმ}^2 < R^6 = 1,8 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$\sigma_{\min} = 1,19 \text{ კგ/სმ}^2$$

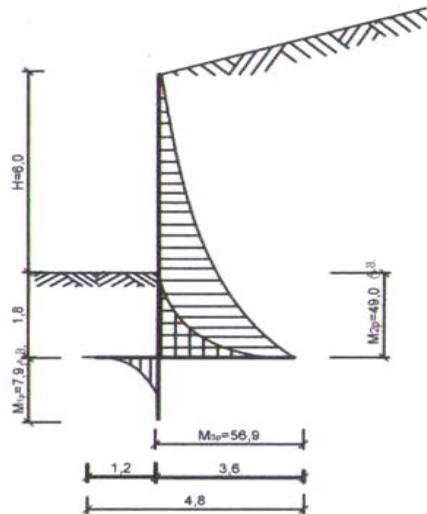
მლუნავი მომენტები B წერტილის მიმართ

$$M_1 = F_1 \cdot 0,6 - nP_3 \cdot 0,6 = \frac{15,2 + 14,4}{2} \cdot 1,2 \cdot 0,62 - 4,38 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 7,85 \text{ ტ.მ.} \approx 7,9 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_2 = 3,51 \cdot 2,4 \cdot 1,2 + 57,0 \cdot 1,2 \cdot 1,8 - \frac{14,4 + 11,9}{2} \cdot 3,6 \cdot 1,78 = 48,96 \text{ ტ.მ.} \approx 49,0 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_3 = 56,85 \text{ ტ.მ.} \approx 56,9 \text{ ტ.მ.}$$

მლუნავი მომენტების ეპიურა იხ. ნახ. 3.17.



ნახ. 3.17.

## საყრდენი კედლის დაარმატურება

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

1. კედლის ფილისათვის:

$$M_3 = 56,9 \text{ ტ.მ}; \quad Q_3 = 1,2 \cdot N = 1,2 \cdot 9,7 = 11,64 \text{ ტ}$$

2. საძირკვლის ფილისათვის:

$$M_1 = 7,9 \text{ ტ.მ.} \quad \text{და} \quad M_2 = 49,0 \text{ ტ.მ.}$$

კედლის ფილის დაარმატურება:

კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $b=1,0$  მ;  $h=0,45$  მ;  $a=0,05$  მ;  $h_0=0,4$  მ;  
ბეტონი მძიმე B20 კლასის; ( $R_b=11,5$  მპა); არმატურა A T-III C კლასის ( $R_s=265$  მპა).

$$bh_0R_b=100 \cdot 40 \cdot 9=36000 \text{ კგ}=36 \text{ ტ} > 1,2 \cdot Q=11,64 \text{ ტ};$$

$$B_0 = \frac{569000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,4^2} = 0,344; \quad V = 0,78$$

$$A_s = \frac{569000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,78 \cdot 0,4} = 49,96 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 10  $\Phi 25$  A-III ( $A_s=49,09 \text{ სმ}^2$ ).

საძირკვლის ფილის მარცხენა მხარისათვის:  $M_1=7,9$  ტ.მ.

$$B_0 = \frac{79000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,4^2} = 0,048; \quad V = 0,975$$

$$A_s = \frac{79000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,975 \cdot 0,4} = 5,55 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 6  $\Phi 12$  A-III ( $A_s=6,79 \text{ სმ}^2$ ).

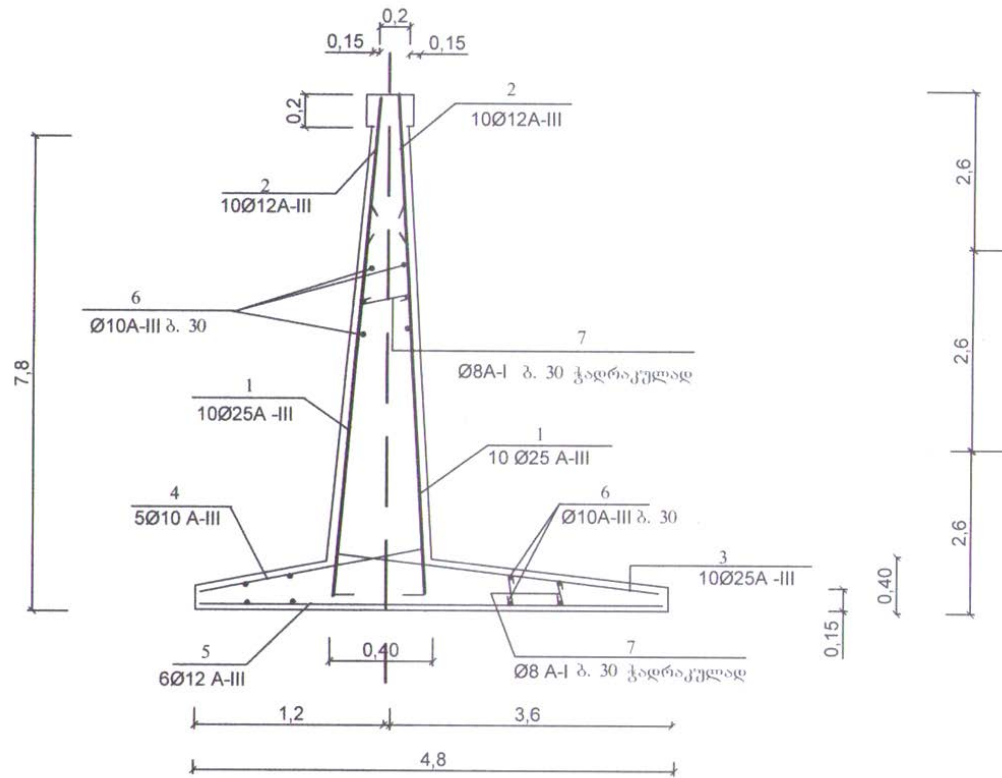
საძირკვლის ფილის მარჯვენა მხარისათვის:  $M_2=49,0$  ტ.მ.

$$B_0 = \frac{49000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,4^2} = 0,296; \quad V = 0,82$$

$$A_s = \frac{490000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,82 \cdot 0,4} = 40,9 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 10  $\Phi$ 25 A-III (A<sub>s</sub>=49,09 სმ<sup>2</sup>).

საყრდენი კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 3.18.



ნახ. 3.18. საყრდენი კედლის დაარმატურება

## თავი 4

### შემოთავაზებული მეწყერსაწინააღმდეგო გრუნტულანკერებიანი კომბინირებული სისტემების ვარიანტების გაანგარიშება

#### 4.1. გრუნტულანკერებიანი კომბინირებული სისტემის ოპტიმალური კონსტრუქციული გადაწყვეტის დადგენა

შემოთავაზებული კომბინირებული სისტემის ოპტიმალური კონსტრუქციული გადაწყვეტის დადგენის მიზნით განხილული გვაქვს მისი შემდეგი გადაწყვეტები:

1. რკინაბეტონის მონოლითური შპუნტური საყრდენი კედელი მის ზედა ნაწილში განთავსებული გრუნტული ანკერით;
2. საძირკველში ხისტად ჩამაგრებული კედელი მის ზემო ნაწილში განთავსებული გრუნტული ანკერით;
3. საძირკველში ხისტად ჩამაგრებული კედელი 2 იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით, კედელზე დაწნევის ტოლქმედის (E) მოდების წერტილიდან სხვადასხვა მანძილზე;
4. საძირკველში სახსროვნად ჩამაგრებული კედელი ერთ იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით მის ზემო ნაწილში;
5. საძირკველში სახსროვნად ჩამაგრებული კედელი 2 იარუსად განთავსებული, E ძალის მოდების წერტილიდან სხვადასხვა მანძილზე მოწყობილი გრუნტული ანკერებით;
6. საძირკველში სახსროვნად ჩამაგრებული, 2 იარუსად განთავსებული, E ძალის მოდების წერტილიდან ერთნაირ მანძილზე მოწყობილი გრუნტული ანკერებით.

მოგვაქვს საყრდენი კედლების ზემოაღნიშნული შესაძლო კონსტრუქციული გადაწყვეტებით გაანგარიშებების შედეგები:



– შპუნტური საყრდენი კედელი:

კედლის სიმაღლე დავუშვათ  $H=6,0$  მ; გრუნტი წყალნაჯერი თიხნარი ( $\gamma=1,9$ ტ/მ<sup>3</sup>); კედელზე გრუნტის დაწნევის ტოლქმედი  $E=28,0$  ტ (იხ. თავი 2); კედლის ზედა წერტილში განთავსებულია გრუნტული ანკერი.

იმის გათვალისწინებით, რომ  $E$  ძალა მოდებულია კედლის ძირიდან  $H/3$  მანძილზე (ანუ ჩვენს მაგალითში – 2 მ-ზე), კედლის ძვრის (მოცურების) ძალა

ტოლი იქნება  $T = 28 \cdot \frac{2}{3} = 18,7$  ტ, რომელიც უნდა გააწონასწოროს გრუნტმა, ანუ

დაცული უნდა იქნეს პირობა  $0,5 \cdot \gamma h^2 \geq 18,7$  ტ, საიდანაც საყრდენი კედლის გრუნტული ნაწილის სიმაღლე იქნება:

$$h^2 = \frac{18,7}{0,5 \cdot 1,9} = 19,68 \quad \text{და} \quad h = 4,4 \text{ მ,} \quad \text{რაც ძალიან დიდია.}$$

– საძირკველში ხისტად ჩამაგრებული კედელი მის ზემო ნაწილში განთავსებული გრუნტული ანკერით:

მასიური საძირკვლის მოწყობის აუცილებლობა საყრდენი კედლის ძვრის (მოცურების) საწინააღმდეგოდ.

– საძირკველში ხისტად ჩამაგრებული კედელი 2 იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით, კედელზე დაწნევის ტოლქმედის ( $E$ ) მოდების წერტილიდან სხვადასხვა მანძილზე:

ასეთ შემთხვევაში, მართალია, არ იქნება მასიური საძირკვლის მოწყობის აუცილებლობა, მაგრამ  $E$  ძალის მოდების წერტილიდან გრუნტული ანკერების სხვადასხვა მანძილზე განთავსების გამო, კედლის წონასწორობისათვის საჭირო იქნება გრუნტულ ანკერებში აღძრული გამჭიმავი ძალების გაკონტროლება, რაც დაკავშირებულია გარკვეულ სირთულეებთან.

– საძირკველში სახსროვნად ჩამაგრებული კედელი ერთ იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით მის ზემო ნაწილში:

ასეთი გადაწყვეტა გამოიწვევს მასიური საძირკვლის მოწყობის აუცილებლობას ძვრის ძალების გამო;

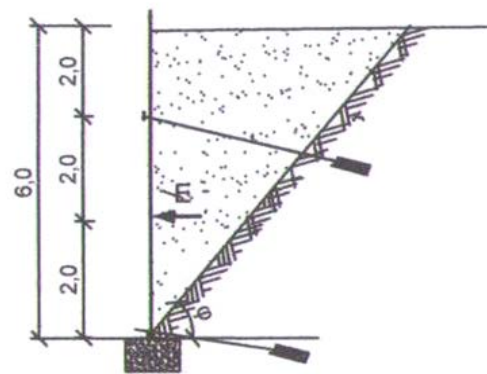
– საძირკველში სახსროვნად ჩამაგრებული კედელი 2 იარუსად განთავსებული, E ძალის მოდების წერტილიდან სხვადასხვა მანძილზე მოწყობილი გრუნტული ანკერებით.

უარყოფითი მხარე იგივე, რაც იყო მე-3 ვარიანტში.

– საძირკველში სახსროვნად ჩამაგრებული, 2 იარუსად განთავსებული, E ძალის მოდების წერტილიდან ერთნაირ მანძილზე მოწყობილი გრუნტული ანკერებით. ასეთ შემთხვევაში: არ იქნება საჭირო მასიური საძირკველი; შემცირდება მღუნავი მომენტის მნიშვნელობები კედლის განივკვეთებში; დაფიქსირებული იქნება გამჭიმავი ძალების მნიშვნელობები გრუნტულ ანკერებში ( $N = \frac{E}{2}$ ).

გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან, განხილულ კონსტრუქციულ გადაწყვეტებს შორის ოპტიმალურია ეს უკანასკნელი გადაწყვეტა, რომელიც საფუძვლად დაედო შემოთავაზებული მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემების კონსტრუქციულ გაანგარიშებას. საყრდენი კედლების კონსტრუქციულ გადაწყვეტას ექნება ნახ. 4.1-ზე მოცემული სახე.

ჭრილი 1-1



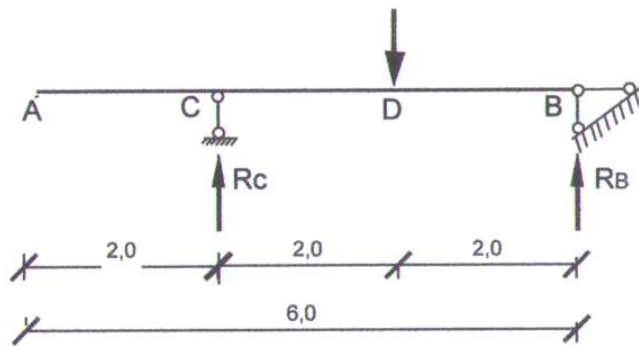
ნახ. 4.1. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა.

ხოლო ნახ. 4.2-ზე მოცემულია საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა. გამჭიმავი ძალები გრუნტული ანკერების მჭიმებში

$$N = R_C = R_B = \frac{E}{2}$$

ხოლო მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა D წერტილში  $M_{\text{მ.კ.ს}} = 2N$

(მაქსიმალური მღუნავი მომენტის განსაზღვრისას საყრდენი კედლის კონსოლურ ნაწილში გრუნტის დაწნევას ვუგულებელიყოფთ გარკვეული მარაგის მიზნით).



ნახ.4.2. საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა.

სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის გვექნება:

– მშრალი ქვიშნარისათვის:

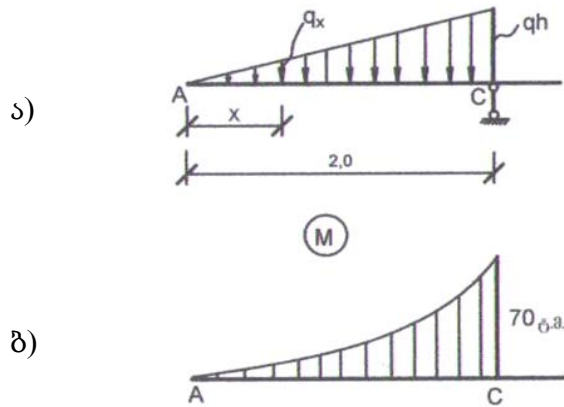
$$N = \frac{11 \cdot 84}{2} = 5,9 \text{ ტ}; \quad \text{და} \quad M_{\text{მ.კ.ს}} = 11,8 \text{ ტ.მ.}$$

– წყალნაჯერი თიხნარისათვის:

$$N = \frac{28}{2} = 14 \text{ ტ} \quad \text{და} \quad M_{\text{მ.კ.ს}} = 14 \cdot 2 = 28 \text{ ტ.მ.}$$

საყრდენი კედლის ზედა მესამედზე (ნახ. 4.2. უბანი AC), როგორც კონსოლზე, მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა ტოლია (ნახ. 4.3.).

$$M_x = \frac{\gamma^2 h^2 X^3}{12} \quad \text{და} \quad M_{\text{მ.კ.ს}} = M_c = \frac{1,62 \cdot 2^2 \cdot 2^3}{12} = 7 \text{ ტ.მ.}$$



ნახ. 4.3. საყრდენი კედლის კონსოლური ნაწილი.

ა) – საანგარიშო სქემა; ბ) – მლუნავი მომენტების ეპიურა

## 4.2. მონოლითური რკინაბეტონის ლენტური საყრდენი კედლების გაანგარიშება (კედლის ერთი გრძივი მეტრისათვის)

### 4.2.1. წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის

– მონაცემები გაანგარიშებისათვის

კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $b=1,0$  მ;  $h=0,2$  მ;  $a=0,05$  მ;  $h_0=0,15$  მ;  
 ბეტონი მძიმე B 20 კლასის ( $m\ 250$ );  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა S AT-III C კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მლუნავი მომენტი  $M=280$  კნ.მ.

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

– გაანგარიშება

B 20 კლასის ბეტონისათვის  $\gamma_{b2} = 0,9$  კოეფიციენტის გათვალისწინებით  
 $R_b \gamma_{b2} = 11,5 \cdot 0,9 = 10,35$  მპა

ვსაზღვრავთ  $B_0$ -ის მნიშვნელობას ფორმულით:

$$B_0 = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{280000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,15^2} = 1,2 > B_R = 0,413$$

ამიტომ ვზრდით კედლის სისქეს და ვღებულობთ  $h=0,35$  მ

მაშინ:

$$B_0 = \frac{280000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,3^2} = 0,32 < B_R$$

რადგან  $B_0=0,3 < B_R$ , შეკუმშული არმატურა ანგარიშით საჭირო არ არის.

როცა  $B_0=0,3$   $V=0,815$

არმატურის საჭირო ფართობი:

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot V \cdot h_0} = \frac{280000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,815 \cdot 0,3} = 0,0031375 \text{ მ}^2 = 31,38 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 10  $\Phi 20$  A-III ( $A_s=31,42 \text{ სმ}^2$ ).

ბიჯი –  $100:6 \approx 17$  სმ.

A-C უბნის დაარმატურება.

$M=7$  ტ.მ. კედლის სისქეს ვტოვებთ იგივეს.

$$B_0 = \frac{70000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,3^2} = 0,075 \quad V = 0,96$$

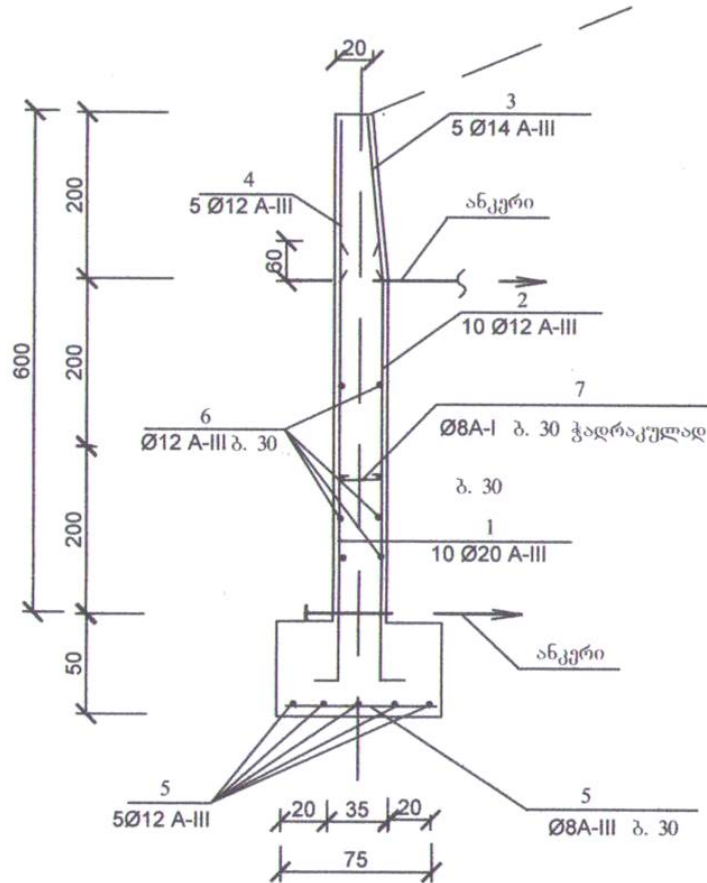
$$A_s = \frac{7}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,96 \cdot 0,3} = 0,06659 \text{ მ}^2 = 6,66 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 5  $\Phi 14$  A-III ( $A_s=7,7 \text{ სმ}^2$ ).

ბიჯი –  $100:6 \approx 17$  სმ.

კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.4.

(კედელს ვუწყობთ საძირკველს კონსტრუქციულად)



ნახ.4.4. ლენტური საყრდენი კედლის დაარმატურება წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის.

#### 4.2.2. მშრალი ქვიშნარის (ქვიშის) შემთხვევისათვის

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

გრუნტის დაწნევა  $E=11,84$  ტ 1 გრძ. მეტრზე.

$$N = \frac{E}{2} = \frac{11,84}{2} = 5,92 \approx 5,9 \text{ ტ}$$

მაქსიმუმი მღუნავი მომენტი  $M_D = -2N = -2 \cdot 5,9 = 11,8$  ტ.მ.

კედლის სისქე  $b=25$  სმ. ბეტონი მძიმე B20 კლასის ( $\rho$  250);  $R_b=11,5$  მპა;

არმატურა S A<sub>T</sub>-III კლასის ( $R_s=365$  მპა).

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

განგარიშება

B 20 კლასის ბეტონისათვის  $\gamma_{b2} = 0,9$  კოეფიციენტის გათვალისწინებით

$$R_b \gamma_{b2} = 11,5 \cdot 0,9 = 10,35 \text{ მპა}$$

ვსაზღვრავთ  $B_0$ -ის მნიშვნელობას ფორმულით:

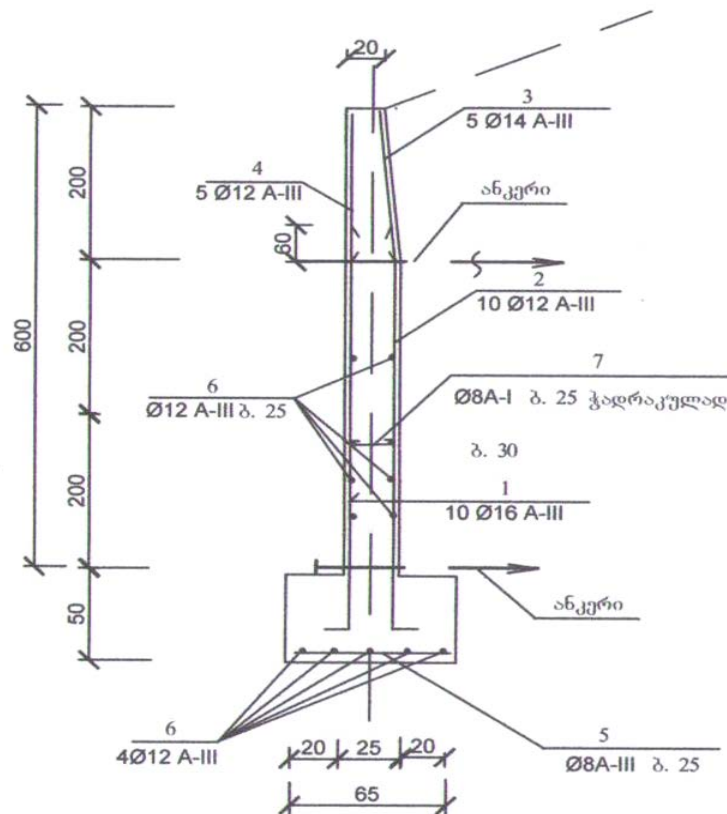
$$B_0 = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{118000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,2^2} = 0,285 < B_R$$

ე.ი. შეკუმშული არმატურის ანგარიში საჭირო არ არის  $V=0,825$

$$A_s = \frac{118000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,825 \cdot 0,2} = 0,00195932 \text{ მ}^2 = 19,59 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 10  $\Phi 16$  A-III ( $A_s=20,11 \text{ სმ}^2$ ).

A-C უბნის დაარმატურებას ვიღებთ, როგორც წინა შემთხვევაში. საძირკველს ვაწყობთ კონსტრუქციულად კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.5.







#### ნახ.4.6. სვეტებიანი საყრდენი კედელი

ა) გეგმის ფრაგმენტი; ბ) ჭრილი 1-1.

მლუნავი მომენტები ტოლია:

$$M_D = -2N = -3 \cdot 28 = 84 \text{ ტ.მ.}$$

$$M_A = 21 \text{ ტ.მ.}$$

#### 1. სვეტის გაანგარიშება.

– მონაცემები გაანგარიშებისათვის

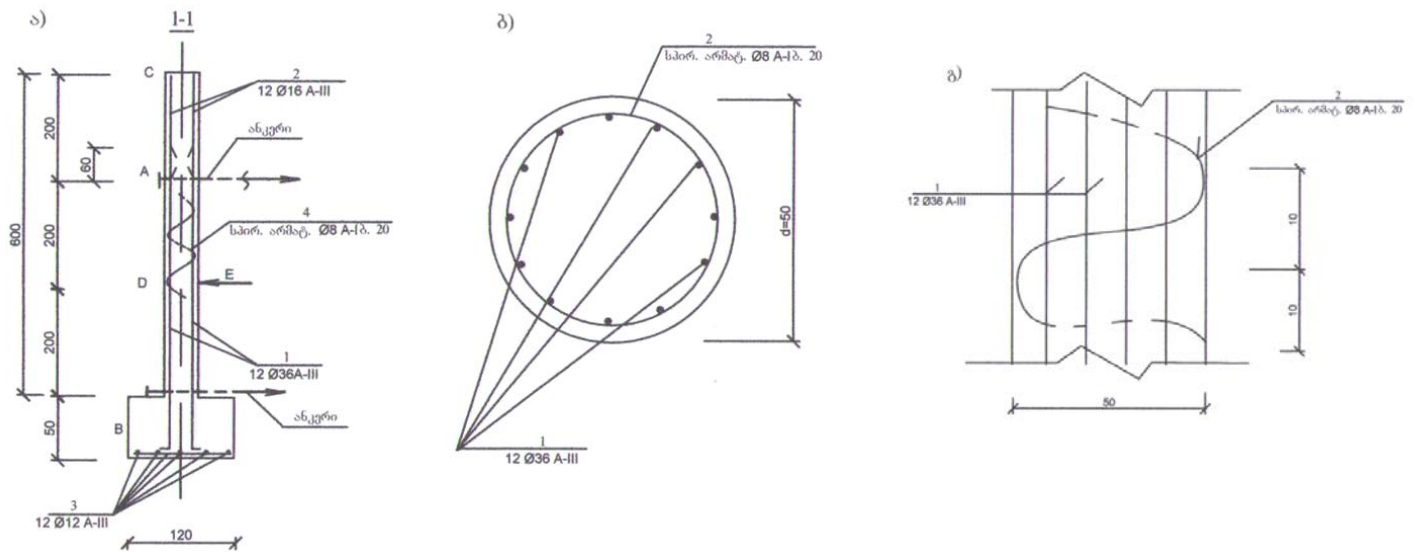
კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $d=50$  სმ;  $a=0,05$  მ;  $h_0=0,45$  მ; ბეტონი მძიმე B20 კლასის ( $m=250$ );  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა S A<sub>T</sub>-III კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მლუნავი მომენტი  $M=840$  კნ.მ.

კომპიუტერული გაანგარიშების (დანართი 1) მუშა არმატურის განივკვეთის ფართობი მიღებულია  $121$  სმ<sup>2</sup> D წერტილისათვის, ხოლო მაქსიმუმი გადაადგილებები: C წერტილში –  $13,9$  მმ და D წერტილში –  $10,5$  მმ, რაც ნორმების ფარგლებშია:

$$f \approx [f] = \frac{H}{500} = \frac{600}{500} = 1,2 \text{ სმ} = 12 \text{ მმ.}$$

მუშა არმატურა მივიღოთ  $12 \Phi 36$  A-III ( $A_s=122,14$  სმ<sup>2</sup>).

სვეტის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.7.



**ნახ. 4.7. სვეტის დაარმატურება**

- ა) გრძივი ჭრილი; ბ) განივი ჭრილი
- გ) გრძივი ჭრილის ფრაგმენტი.

**2. კედლის გაანგარიშება**

კედლის გეგმის ფრაგმენტი იხ. ნახ.

კედლის ქვედა ბოლოზე გრუნტის დაწნევის ეპიურის ორდინატა ტოლია (ნახ.)

$$\gamma h = 1,9 \cdot 6 = 11,4 \text{ ტ}$$

კედელს ვანგარიშობთ როგორც სვეტებში ხისტად ჩამაგრებულ კოჭოვან ფილას.

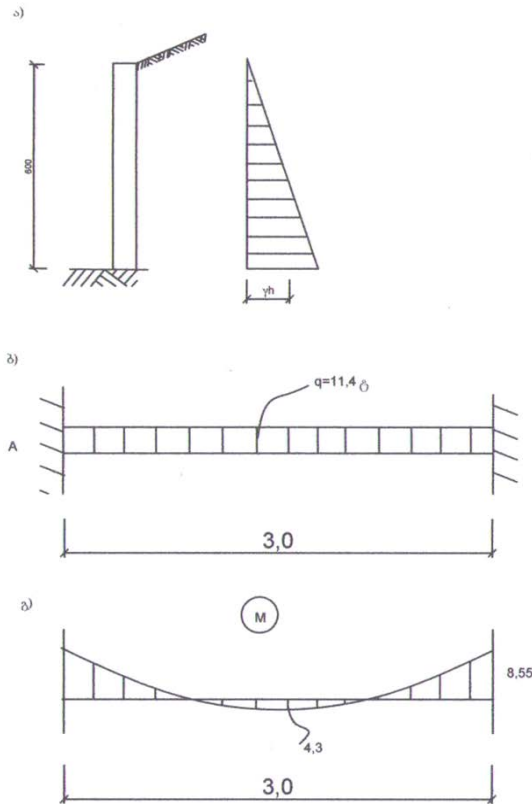
მის საანგარიშო სქემას ექნება ასეთი სახე (ნახ.4.8)

მომენტი საყრდენზე:

$$M_b = \frac{ql^2}{12} = \frac{11,4 \cdot 9}{12} = 8,55 \text{ ტ.მ.}$$

მომენტი მალში

$$M_a = \frac{ql^2}{24} = 4,3 \text{ ტ.მ.}$$



ნახ. 4.8. კედლის გაანგარიშებისათვის

ა) კედელზე გრუნტის დაწნევის ეპიურა; ბ) კედლის საანგარიშო სქემა; გ) მლუნავი მომენტების ეპიურა.

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $b \times h = 100 \times 25$  სმ;  $a = 0,05$  მ;  $h_0 = 0,45$  მ; ბეტონი მძიმე B20 კლასის ( $m = 250$ );  $R_b = 11,5$  მპა; არმატურა S A<sub>T</sub>-III კლასის ( $R_s = 365$  მპა). საანგარიშო მლუნავი მომენტი საყრდენზე  $M = 85,5$  კნ.მ.

განგარიშება:

$$R_b \gamma_{b2} = 11,5 \cdot 0,9 = 10,35 \text{ მპა}$$

$$B_0 = \frac{85500}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 20^2} = 0,21 \quad V = 0,88$$

$$A_s = \frac{85500}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,88 \cdot 0,2} = 13,3 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 10  $\Phi 14$  A-III ( $A_s = 15,39$  სმ<sup>2</sup>).

საანგარიშო მლუნავი მომენტი მაღში  $M = 4,3$  ტ.მ. = 43 კნ.მ.

$$A_0 = \frac{43000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 20^2} = 0,104;$$

$$V = 0,945$$

$$A_s = \frac{43000}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,945 \cdot 0,2} = 6,23 \text{ სმ}^2$$

ვიღებთ: 10  $\Phi 10$  A-III ( $A_s=7,85 \text{ სმ}^2$ ).

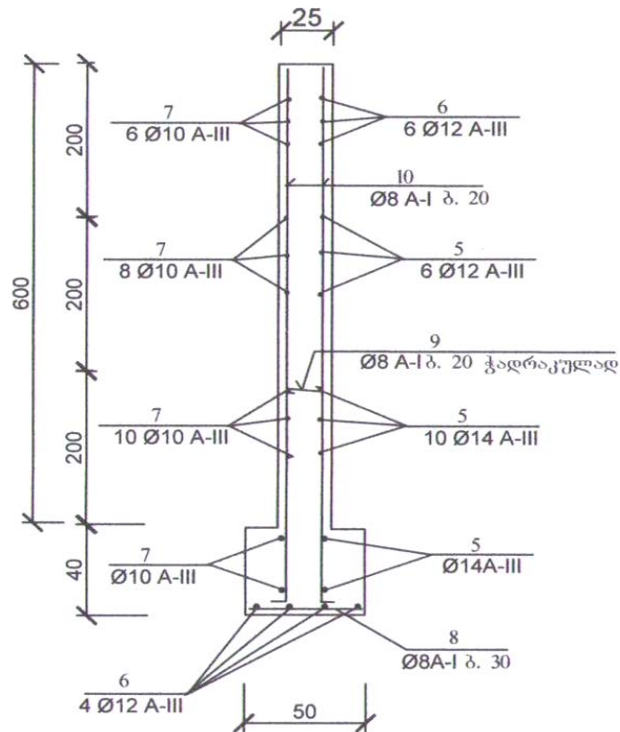
ასეთი არმირება მიღებულია კედლის ფუძიდან 2 მ სიმაღლეზე, ხოლო

მომდევნო 2 მ-ზე მიღებულია: საყრდენზე 8 $\Phi 14$ A-III

კედლის სიმაღლის ბოლო ორ მეტრზე მიღებულია:

საყრდენზე: 6  $\Phi 12$  A-III; მალში: 6  $\Phi 10$  A-III

კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.9.



ნახ.4.9. კედლის დაარმატურება

#### 4.3.2. შშრალი ექვიწნარის შემთხვევისათვის

1. სვეტების გაანგარიშება.

სვეტების ბიჯი – 3 მ; კედლის სისქე – 20 სმ; სვეტზე მოქმედი

$$M_{\text{მაქს}} = 11,8 \cdot 3 = 35,4 \text{ ტ.მ.}$$

სვეტი მივიღოთ წრიული განივკვეთის  $d=40$  სმ. კედლები მივიღოთ სისქით 20 სმ და ვამუშაოთ როგორც სვეტებზე ხისტად მიმაგრებული კოჭური ფილა.

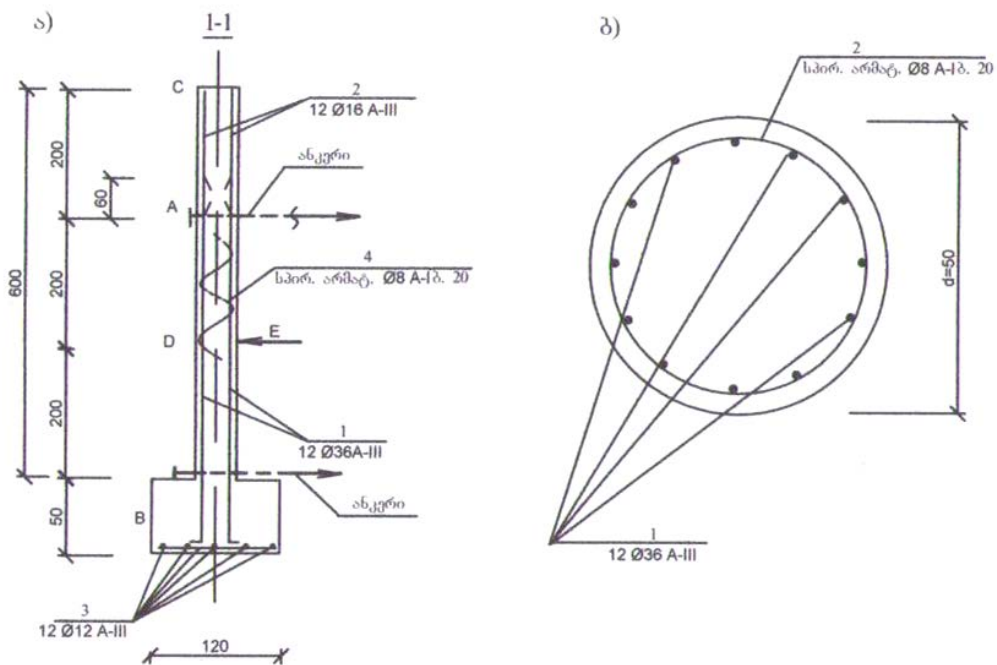
$a=0,05$  მ;  $h_0=0,35$  მ; ბეტონი მძიმე B20 კლასის ( $m=250$ );  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა A<sub>T</sub>-III კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მღუნავი მომენტი  $M=354$  კნ.მ.

$$R_b \gamma_{b2} = 11,5 \cdot 0,9 = 10,35 \text{ მპა}$$

კომპიუტერული გაანგარიშების საფუძველზე (დანართი) მუშა არმატურის საჭირო ფართობი მიღებულია  $A_s=49,3$  სმ<sup>2</sup>. ხოლო მაქსიმალური გადაადგილებები: C წერტილში – 8 მმ და D წერტილში – 6,5 მმ რაც ნორმების ფარგლებშია.

მუშა-არმატურა მიღებულია 12  $\Phi 25$  A-III ( $A_s=58,88$  სმ<sup>2</sup>).

სვეტის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.10.



ნახ. 4.10. სვეტის დაარმატურება

ა) – გრძივი ჭრილი; ბ) – განივი ჭრილი

## 2. კედლის გაანგარიშება

კედლის ქვედა ბოლოზე გრუნტის წნევის ეპიურის ორდინატა ტოლია

$$\gamma h = 1,62 \cdot 6 = 9,72 \text{ ტ}$$

მლუნავი მომენტი საყრდენზე (ჩამაგრებებში)

$$M_b = \frac{9,72 \cdot 9}{12} = 7,29 \text{ ტ.მ.}$$

მლუნავი მომენტი მალში

$$M_a = 3,65 \text{ ტ.მ.} \quad \text{კედლის სისქე} - 20 \text{ სმ.}$$

საყრდენისათვის:

$$A_0 = \frac{72900}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 15^2} = 0,31 \quad V = 0,81$$

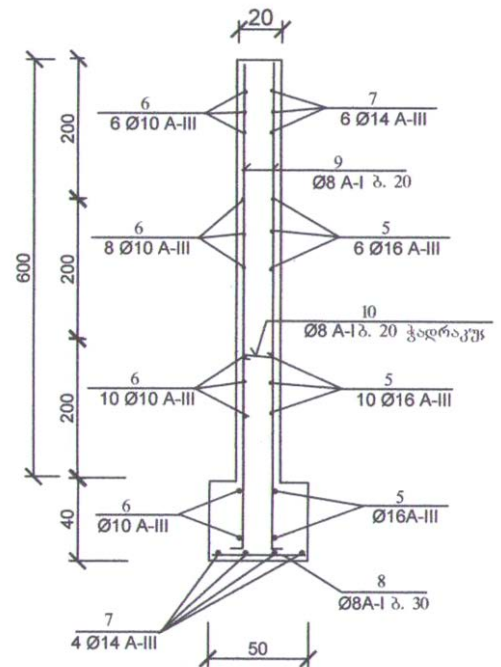
$$A_s = \frac{72900}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,81 \cdot 15} = 16,44 \text{ სმ}^2$$

მიღებულია: 10  $\Phi 16$  A-III

$$A_s = 20,11 \text{ სმ}^2$$

მალში მიღებულია: 10  $\Phi 10$  A-III

კედლის არმირება იხ. ნახ. 4.11.



ნახ. 4.11. კედლის დაარმატურება

#### 4.4. სვეტებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშება B30 კლასის

#### ბეტონის შემთხვევაში

##### 4.4.1. მშრალი ქვიშნარის შემთხვევისათვის

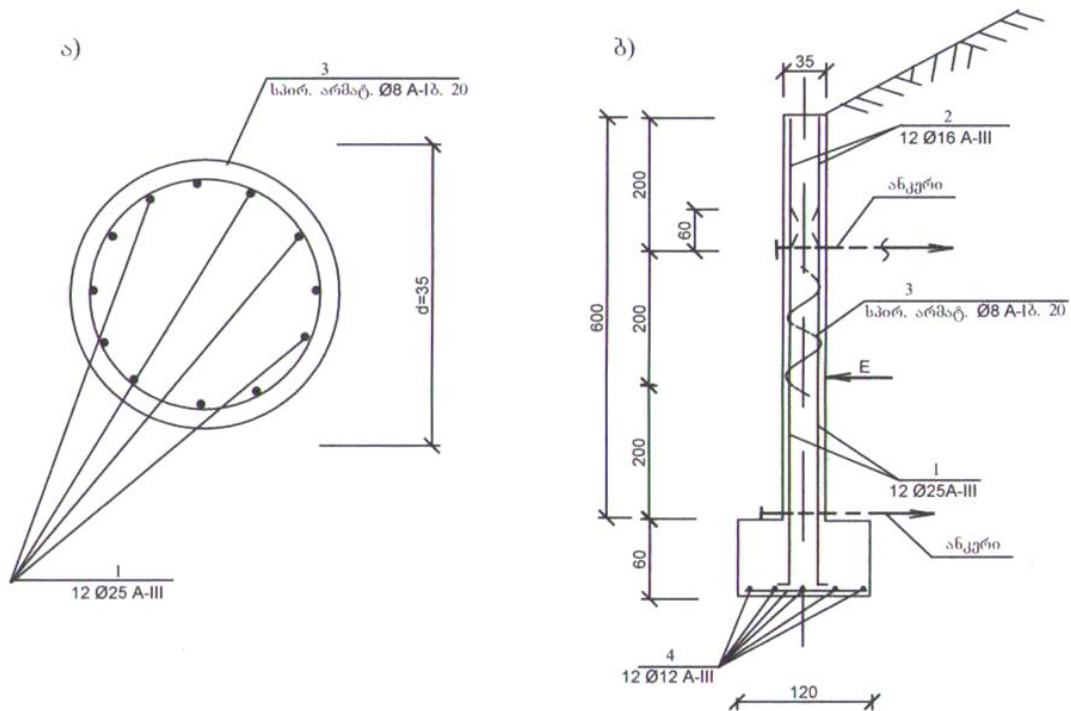
##### 1. სვეტის გაანგარიშება.

ბეტონი მძიმე B 30 კლასის ( $m = 400$ );

$$R_b \cdot \gamma_{b2} = 17,0 \cdot 0,9 = 15,3 \text{ მპა};$$

არმატურა  $A_T$ -III კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მღუნავი მომენტი სვეტებზე  $M=11,8 \cdot 3=35,4$  ტ.მ. მივიღოთ სვეტი წრიული განივკვეთის  $d=35$  სმ; კედელი სისქით 20 სმ.

კომპიუტერული გაანგარიშების საფუძველზე (დანართი 1) მიღებულია მუშა-არმატურის საჭირო ფართობი  $A_s=49,3$  სმ<sup>2</sup> და გადაადგილებები: C წერტილში – 11,5 მმ და D წერტილში – 9,28 მმ, რაც ნორმების ფარგლებშია:



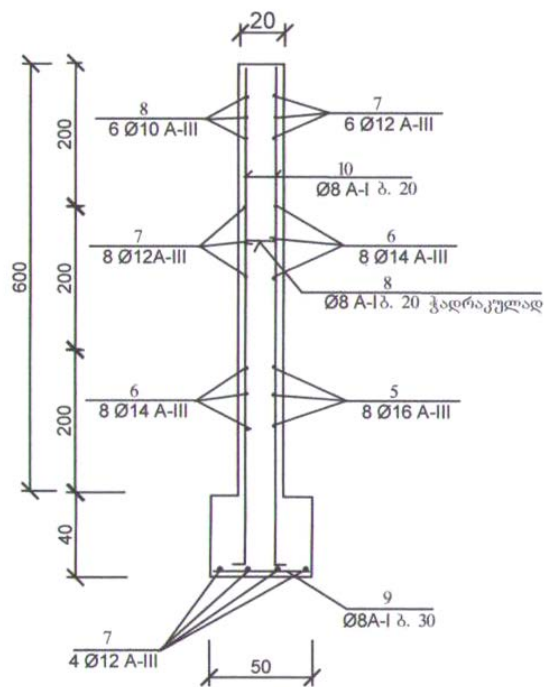
ნახ. 4.12. სვეტის დაარმატურება  
 ა) განივი ჭრილი; ბ) გრძივი ჭრილი  
 2. კედლის გაანგარიშება

$$A_0 = \frac{72900}{15,3 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 15^2} = 0,212$$

$$A_s = \frac{72900}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,88 \cdot 15} = 15,1 \text{ სმ}^2$$

მიღებულია

$$A_s = 16,08 \text{ სმ}^2$$



ნახ. 4.13. საყრდენი კედლის დაარმატურება

მატურა მივიღოთ 12 Φ25 A-III (As=58,88 სმ²).

სვეტის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.12.



#### 4.4.2. წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის

##### 1. სვეტის გაანგარიშება.

ბეტონი მძიმე B 30 კლასის (მ 400);

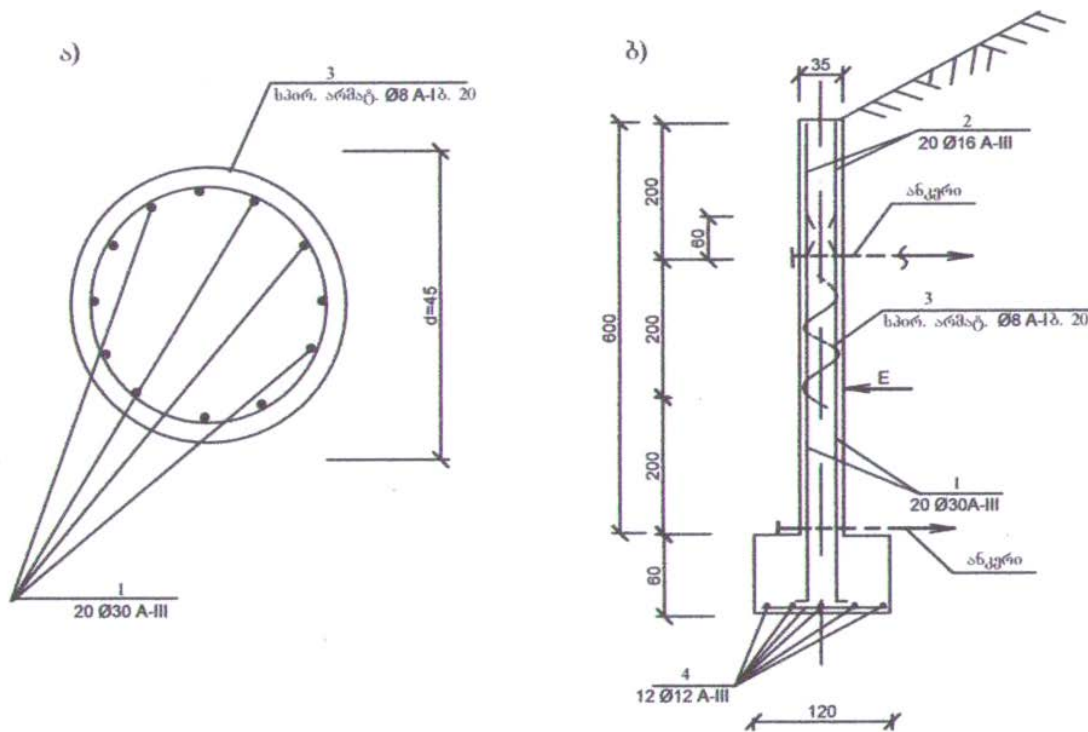
$$R_b \cdot \gamma_{b2} = 17,0 \cdot 0,9 = 15,3 \text{ მპა};$$

მიღებულია სვეტის განივკვეთი  $d=45$  სმ.

კომპიუტერული გაანგარიშების საფუძველზე (დანართი 1) მიღებულია მუშა-არმატურის საჭირო ფართობი  $A_s=137$  სმ<sup>2</sup> და გადაადგილებები: C წერტილში – 17,6 მმ და D წერტილში – 13,4 მმ, რაც ნორმების ფარგლებშია:

მუშა არმატურა მივიღოთ 20  $\Phi 30$  A-III (  $A_s=141,36$  სმ<sup>2</sup>).

სვეტის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.14.



ნახ. 4.14. სვეტის დაარმატურება

ა) განივი ქრილი; ბ) გრძივი ქრილი

## 2. კედლის გაანგარიშება

პირობები იგივე: შეიცვლება მხოლოდ ბეტონის კლასი  
მლუნავი მომენტი საყრდენზე (ჩამაგრებებში)

$$M_b = 8,55 \text{ ტ.მ.}$$

მლუნავი მომენტი მალში

$$M_a = 4,3 \text{ ტ.მ.}$$

კედლის სისქე –  $b=20$  სმ.

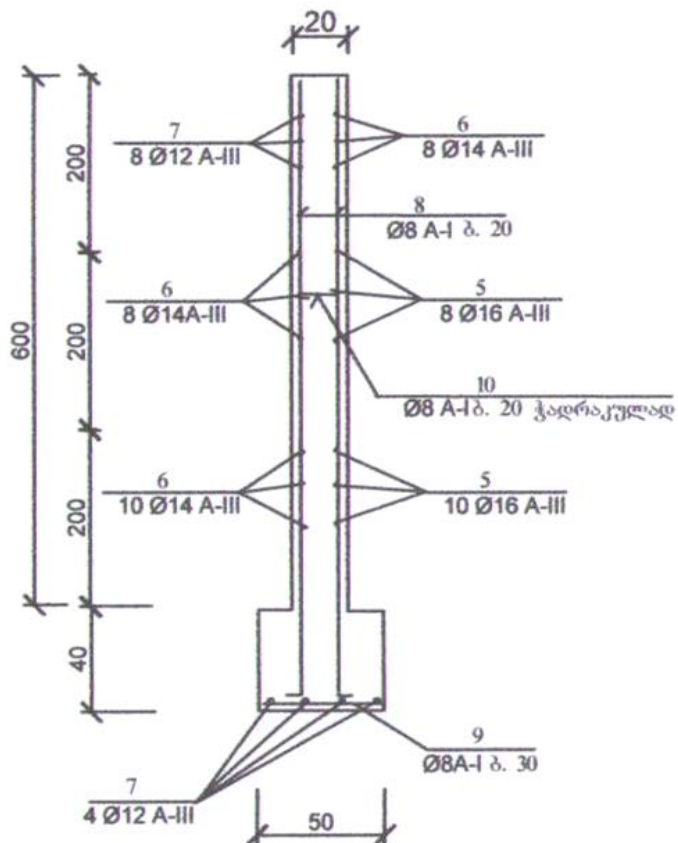
$$B_0 = \frac{85500}{15,3 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 15^2} = 0,248$$

$$V = 0,855$$

$$A_s = \frac{85500}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,855 \cdot 15} = 18,26 \text{ სმ}^2$$

მიღებულია: 10  $\Phi 16$  A-III ( $A_s=20,11 \text{ სმ}^2$ )

კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.15

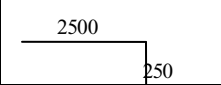
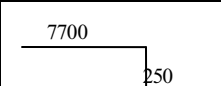
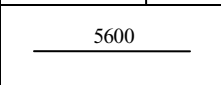
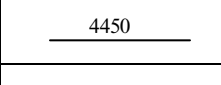
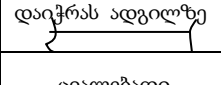
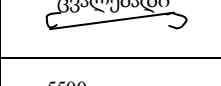
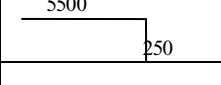
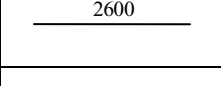
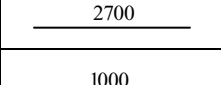
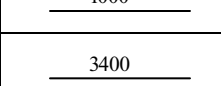
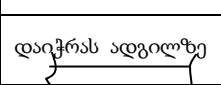
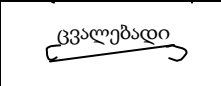
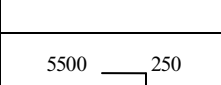
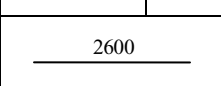
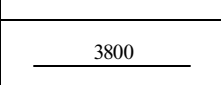
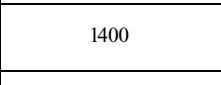
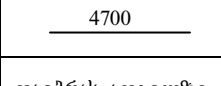
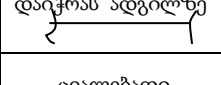
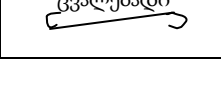



ნახ. 4.15 კედლის დაარმატურება

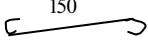
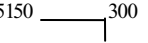
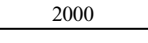
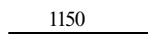
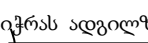
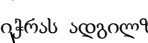
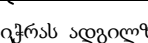
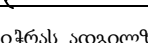
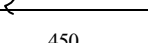
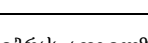
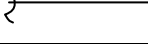
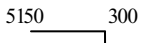
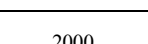
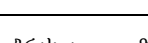
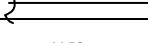
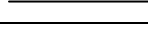
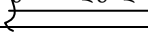
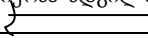
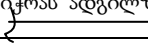
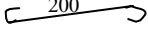
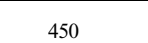
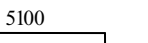
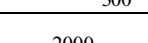
4.5. არმატურის სპეციფიკაციები მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლების 10 გრძივი მეტრისათვის

ცხრილი 4.1.

კედლის მარკა	კედლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა	არმატურის სპეციფიკაცია						არმატურის ამოკრება			
		პოზ.	სკიზი	Φ	⊥	N	nx1	Φ	Σ nx1	q კვ	
				მმ	სმ	ცალ		მ		მმ	მ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
სკ-5	ტრადიციული რ/ბეტ. B-20, უანკერო, მშრ. კვიმა	1		22AIII	795	50	397,5	12AIII	600,1	---	1788
		2		22AIII	535	25	133,8	20AIII	320,0	---	790
		3		22AIII	275	25	68,8	12AIII	1029,0	---	916
		4		12AIII	795	100	795,0	10AIII	2312,0	---	1433
		5		12AIII	390	60	234,0	8AI	357,5	141	---
		6		10AIII	120	60	72,0	ჯამი		141	4927
		7		20AIII	320	100	320,0	შულ		5068	
		8		10AIII	---	---	2240	V <sub>8</sub> = 42,2 მ <sup>3</sup>		B-20	
		9		8 AI	60	650	357,5				
სკ-6	ტრადიციული	1		28AIII	795	50	397,5	28AIII	600,1	---	2898
		2		28AIII	535	25	133,8	25AIII	445,0	---	1713

რ/ბეტ. B-20, უანკე- რო, წყალ- ნაჯერ თიხნ.	3		28AIII	275	25	68,8	12AIII	1355,0	---	1206	
	4		12AIII	795	100	795,0	10AIII	2755,0	---	1708	
	5		12AIII	560	100	560,0	8AI	450,0	178	---	
	6		10AIII	175	100	175,0	ჯამი		178	7525	
	7		25AIII	445	100	445,0	სულ		7703		
	8		10AIII	---	---	2580	V <sub>ბ</sub> = 54,8 მ <sup>3</sup>		B-20		
	9		8AI	60	750	450,0					
სკ-7	ტრადი ციულ ი	1		20AIII	575	200	1150,0	20AIII	1150,0	---	2841
	რ/ბეტ. B-20, ანკერი ანი მშრ. ქვიშა	2		12AIII	260	200	520,0	18AIII	270,0	---	540
		3		18AIII	270	100	270,0	12AIII	690,0	---	614
		4		10AIII	100	50	50	10AIII	2230,0	---	1383
		5		12AIII	340	50	170,0	8AI	294,0	116	---
		6		10AIII	---	---	2180	ჯამი		116	5378
		7		8AI	50	588	294,0	სულ		5494	
						V <sub>ბ</sub> = 31,8 მ <sup>3</sup>		B-20			
სკ-8	ტრადი ციულ ი	1		25AIII	575	200	1150,0	25AIII	1530,0	---	5891
	რ/ბეტ. B-20, ანკერი ანი წყალნ აჯერთ იხნ.	2		12AIII	260	200	520,0	12AIII	802,0	---	714
		3		25AIII	380	100	380,0	10AIII	2510,0	---	1556
		4		10AIII	140	50	70	8AI	340,0	134	---
		5		12AIII	470	60	282,0	ჯამი		134	8161
		6		10AIII	---	---	2440	სულ		8295	
		7		8AI	50	680	340,0	V <sub>ბ</sub> = 39,5 მ <sup>3</sup>		B-20	

სკ-9	შემოთ. უსვე- ტებო B-20 მშრ. ქვიშა	1		16AIII	505	100	505	16AIII	505,0	---	798
		2		12AIII	505	100	505	14AIII	100,0	---	121
		3		14AIII	200	50	100,0	12AIII	1125,0	---	1001
		4		12AIII	200	50	100,0	8AI	192,0	76	---
		5		8AI	60	40	24,0	ჯამი		76	1920
		6		12AIII	---	---	520,0	სულ			1996
		7		8AI	35	480	168,0	$V_{\text{ხ}} = 17,3 \text{ მ}^3$			B-20
სკ-10	შემოთ. ლენტ- ური უსვე- ტებო B-20 წყალნ. თიხნ	1		20AIII	525	100	525	20AIII	525,0	---	1297
		2		12AIII	525	100	525	14AIII	100,0	---	121
		3		14AIII	200	50	100,0	12AIII	1175,0	---	1046
		4		12AIII	200	50	100,0	8AI	187,0	166	---
		5		8AI	70	35	24,5	ჯამი		166	2464
		6		12AIII	---	---	550,0	სულ			2630
		7		8AI	45	350	162,0	$V_{\text{ხ}} = 23,3 \text{ მ}^3$			B-20
სკ-11	შემოთ. სვეტე- ბიანი B-20 მშრ. ქვიშა	1		25AIII	545	40	218,0	25AIII	218,0	---	839
		2		16AIII	200	40	80,0	16AIII	480,0	---	758
		3		12AIII	115	40	46,0	14AIII	170,0	---	206
		4		8AI	---	---	145,0	12AIII	46,0	---	41
		5		16AIII	---	---	400,0	8AI	813,0	321	---
		6		10AIII	---	---	500,0	ჯამი		321	1844
		7		14AIII	---	---	170,0	სულ			2165
		8		8AI	45	35	15,8	$V_{\text{ხ}} = 17,2 \text{ მ}^3$			
		9		8AI	---	---	540,0				B-20

		10		8AI	25	450	112,5				
სკ-12	შემოთ. სვეტ- ბიანი B-20 წყალნ. თიხნ.	1		36AIII	545	40	218,0	36AIII	218,0	---	1742
		2		16AIII	200	40	80,0	16AIII	80,0	---	126
		3		12AIII	115	40	46,0	14AIII	400,0	---	484
		4		8AI	---	---	160,0	12AIII	206,0	---	183
		5		14AIII	---	---	400,0	8AI	919,0	363	---
		6		12AIII	---	---	160,0	ჯამი		363	2535
		7		10AIII	---	---	510,0	სულ		2898	
		8		8AI	45	28	12,6	V <sub>ბ</sub> = 20,4 მ <sup>3</sup>  B-20			
		9		8AI	30	440	132,0				
		10		8AI	---	---	614,0				
სკ-13	შემოთ. სვეტ- ბიანი B-20 მშრ. ქვიშნ.	1		25AIII	545	40	218,0	25AIII	218,0	---	839
		2		16AIII	200	40	80,0	16AIII	260,0	---	411
		3		8AI	---	---	110,0	14AIII	360,0	---	436
		4		12AIII	115	40	46,0	12AIII	406,0	---	361
		5		16AIII	---	---	180,0	8AI	899,0	355	---
		6		14AIII	---	---	360,0	ჯამი		355	2047
		7		12AIII	---	---	360,0	სულ		2402	
		8		8AI	30	710	213,0	V <sub>ბ</sub> = 16,8 მ <sup>3</sup>  B-30			
		9		8AI	45	35	15,8				
		10		8AI	---	---	560,0				
სკ-14	შემოთ. სვეტ- ბიანი	1		30AIII	540	66	356,4	30AIII	356,4	---	1978
		2		16AIII	200	66	132,0	16AIII	442,0	---	698

B-20 წყალნ. თიხნ.	3	დაიჭრას ადგილზე	8AI	—	—	140,0	14AIII	520,0	—	629
	4	1150	12AIII	115	40	46,0	12AIII	246,0	—	219
	5	დაიჭრას ადგილზე	16AIII	—	—	310,0	8AI	1166,0	1038	—
	6	დაიჭრას ადგილზე	14AIII	—	—	520,0	ჯამი		1038	3524
	7	დაიჭრას ადგილზე	12AIII	—	—	200,0	სულ		4562	
	8	6300 200	8AI	650	104	676,0	V <sub>ბ</sub> = 18,0 მ <sup>3</sup>  B-30			
	9	450	8AI	45	30	13,5				
	10	300	8AI	40	840	336,0				

#### 4.6. კომბინირებული სისტემების გრუნტული ანკერების გაანგარიშება

##### 4.6.1. საწყისი მონაცემები გაანგარიშებისათვის

ტრადიციულ მონოლითურ რკინაბეტონის საყრდენ კედლებში ანკერები გათვალისწინებული გვაქვს ერთ (ზედა) იარუსად, ბიჯით 1 მ; შემოთავაზებულ მონოლითურ ლენტურ საყრდენ კედლებში – 2 იარუსად, ბიჯით 1,0 მ;

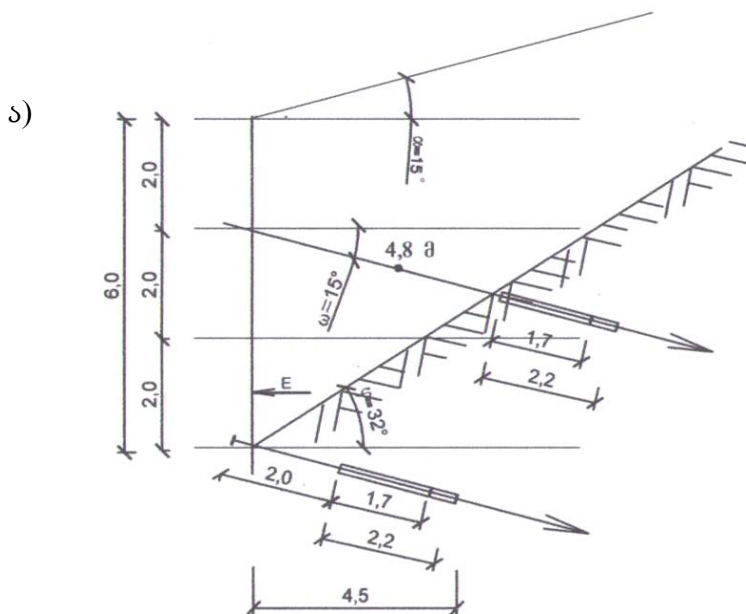
ცხრილი 4.2. ანკერების მჭიმებში აღძრული გამჭიმავი ძალები, ტ

საყრდენი კედლის ტიპი	გრუნტული პირობები	ანკერის მარკა	ანკერის მჭიმში აღძრული ძალის ჰორიზონტალური პროექცია (N), ტ	მჭიმში აღძრული ძალა $N_i = \frac{N}{\cos \omega}$ , ტ
ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის	მშრალი ქვიშნარი	ა-1	5,68	5,9
	წყალნაჯერი თიხნარი	ა-2	9,7	10,0
შემოთავაზებული მონოლითური რკინაბეტონის	მშრალი ქვიშნარი	ა-3	5,9	6,1
	წყალნაჯერი	ა-4	14,0	14,5

ლენტური	თიხნარი			
შემოთავაზებული მონოლითური რკინაბეტონის, სვეტებიანი	მშრალი ქვიშნარი	ა-5	17,7	18,3
	წყალნაჯერი თიხნარი	ა-6	42,0	43,5

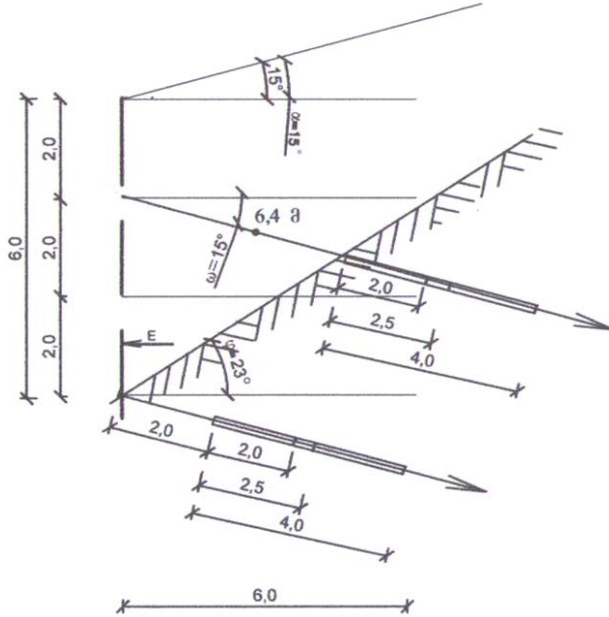
შემოთავაზებულ მონოლითურ სვეტებიან საყრდენ კედლებში – ასევე ორ იარუსად, ბიჯით 3 მ (ჩაანკერებული იქნებიან მხოლოდ სვეტები). ყველა ანკერი განთავსებულია ჰორიზონტის მიმართ  $\alpha=15^{\circ}$ -იანი კუთხით. ცხრილში 4.2. მოცემულია ანკერის მჭიმებში აღძრული გამჭიმავი ძალების ჰორიზონტალური პროექციების მნიშვნელობები (თავი 2- შიმილებული გაანგარიშებებით) და მათი რეალური მნიშვნელობები  $\alpha=15^{\circ}$ -ით დახრისას.

ქვემოთ, ნახაზზე 4.16. მოცემულია საყრდენ კედლებში გრუნტული ანკერების განთავსების სქემები სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის.





ბ)  
ნახ.



#### 4.16. საყრდენ კედლებში გრუნტული ანკერების განთავსება.

ა) მშრალი ქვიშნარის შემთხვევაში; ბ) წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევაში.

#### 4.6.2. ანკერის მჭიმების დიამეტრების განსაზღვრა.

ანკერის მჭიმებად გათვალისწინებული გვაქვს A-III კლასის არმატურის გამოყენება ( $R_s=3650$  კგ/სმ<sup>2</sup>). გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.3.

ცხრილი 4.3. ანკერების მჭიმებისათვის საჭირო განივკვეთის ფართობები და დიამეტრები A-III კლასის ფოლადისაგან.

ანკერის მარკა	საჭირო განივკვეთის ფართობი, $A_s$ , სმ <sup>2</sup>	მჭიმის დიამეტრი, 1,5-იანი მარაგით (მმ)	მჭიმის სიგრძე, მ	მჭიმის მასა, კგ	დულაბის ხარჯი ჩაანკერებაზე, მ <sup>3</sup>
ა-1 (ა-1')	1,62	Φ 18 AIII	6,5 (3,7)	13,0 (7,4)	0,21
ა-2 (ა-2')	2,74	Φ 25 AIII	8,4 (4,0)	32,3 (15,4)	0,47
ა-3 (ა-3')	1,67	Φ 18 AIII	6,5 (3,7)	13,0 (7,4)	0,27
ა-4 (ა-4')	3,97	Φ 28 AIII	8,9 (4,5)	43,0 (21,7)	0,7
ა-5 (ა-5')	5,0	Φ 32 AIII	7,0 (4,2)	44,2 (26,5)	0,4
ა-6 (ა-6')	11,92	Φ 40 AIII	10,4 (6,0)	102,6 (59,2)	1,45

შენიშვნა: ფრჩხილებში მოცემულია I (ქვედა) იარუსის ანკერების მჭიმების მარკები, სიგრძეები და მასები.

#### 4.6.3. გრუნტში ანკერების ჩამაგრების (ჩაკეთების) გაანგარიშება.

1. საწყისი მონაცემები გასაანგარიშებლად გაანგარიშება წარმოებს შემდეგი პირობის დაცვით:

$$F_b \geq 2 \cdot N_i \quad (4.1.)$$

სადაც:

$F_i$  – არის გრუნტში ანკერის ჩამაგრების (ჩაკეთების) ზონის მზიდუნარიანობა, ტ;

$N_i$  – ანკერის მჭიმში აღძრული გამჭიმავი ძალვა, ტ;

$$F_b = Km_p \pi d l_b P_b \operatorname{tg} \varphi \quad (4.2.)$$

სადაც:

$K$  – გრუნტის ერთგვაროვნების კოეფიციენტი ( $K = 0,6$ )

$m_p$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გარემო გრუნტის

დაძაბულ მდგომარეობას ინეცირებისას წნევაზე დამოკიდებულების მიხედვით (ქვიშებისათვის - 0,5; სხვადასხვა კონსისტენციის თიხებისათვის 0,4 - 0,2;

$d$  - ჭაბურღილის დიამეტრი, მ;

$l_b$  – ანკერის გრუნტში ჩამაგრების სიგრძე, მ;

$p_b$  – ჩამაგრების ზონაში ინეცირებისას ნამატი წნევის სიდიდე, ტ/მ<sup>2</sup>;

$\varphi$  – გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე (მშრალი ქვიშნარისათვის  $\varphi = 32^\circ$  და  $\operatorname{tg} \varphi = 0,62487$ ;

წყალნაჯერი თიხნარისათვის  $\varphi = 23^\circ$  და  $\operatorname{tg} \varphi = 0,42447$ ).

2. გრუნტში ანკერების ჩამაგრების ზონის მზიდუნარიანობის გაანგარიშება.

ანკერი  $s - 1$  ( $s - 1$ ):

$$F_b = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 1,7 \cdot 30 \cdot 0,62487 = 12,0 \text{ ტ} > 2N_1 = 2 \cdot 5,9 = 11,8 \text{ ტ};$$

სწვერი  $\delta - 2$  ( $\delta - 2'$ )

$$F_b = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 2,0 \cdot 60 \cdot 0,42447 = 21,1 \text{ ტ} > 2N_2 = 2 \cdot 10 = 20,0 \text{ ტ};$$

სწვერი  $\delta - 3$  ( $\delta - 3'$ ):

$$F_b = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,45 \cdot 1,7 \cdot 30 \cdot 0,62487 = 13,50 \text{ ტ} > 2N_3 = 2 \cdot 6,1 = 12,2 \text{ ტ};$$

სწვერი  $\delta - 4$  ( $\delta - 4'$ ):

$$F_b = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 2,5 \cdot 60 \cdot 0,42447 = 28,8 \text{ ტ} > 2N_4 = 14,5 \cdot 2 = 29,0 \text{ ტ};$$

სწვერი  $\delta - 5$  ( $\delta - 5'$ ):

$$F_b = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,48 \cdot 2,2 \cdot 60 \cdot 0,62487 = 37,3 \text{ ტ} > 2N_5 = 2 \cdot 18,3 = 36,6 \text{ ტ};$$

სწვერი  $\delta - 6$  ( $\delta - 6'$ ):

$$F_b = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,68 \cdot 4,0 \cdot 100 \cdot 0,42447 = 87,04 \text{ ტ} > 2N_6 = 2 \cdot 43,5 = 87,0 \text{ ტ}.$$

## თავი 5

### გამოსაშრობ გრუნტში ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილიდან ვილტრირებული წყლის გამოდინების ელექტროოსმოსით ამალღების შესაძღებღობის გამოკვღეღა

#### 5.1. ელექტროოსმოსით გრუნტების გამოშრობის ძირითადი დებუღებები

კალღებისა და ფერდღების დაცვის შემოთავაზებულ კომპღეღსურ სისტემაში, წყალნაღერი გრუნტების შემთხვევაში, გათვალისწინებღია, გრუნტშემაკავებელი სისტემების სახით, “დრენაჟული ანკერები” [პატენტი]. ანკერების ამ ტიპის ფუნქციებში, გრუნტების ჩამოზვავებისაგან შეკავების გარდა, შედის გრუნტის გამოშრობაც, ჰორიზონტალურად (ან ჰორიზონტალურობასთან ახლოს) განთავსებულ სადრენაჟე მიღში საანკერო მჭიმის გატარების გზით (ნახ. 5.1.). გრუნტის გამოშრობის პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის დამუშავებულ კომპღეღსურ სისტემაში ნავარაუდღეღია ელექტროოსმოსის გამოყენება. ელექტროოსმოსი გამოიყენება ლამოვანი და თიხოვანი გრუნტების გამოსაშრობად, გრუნტის წყღების დონის ეფექტური წყალდაწევის და ქვავუღებისა და ტრანშეების გამოსაშრობად. გრუნტების გამოშრობის და გრუნტის წყღების ელექტროოსმოსით დაწევის ყვეღა შემთხვევაში გამოიყენება გრუნტში ვერტიკალურად განთავსებული ნემსაფიღტრული დანადგარები – სპეციღლური პერფორირებღული ფოღადის მიღები, რომღებითაც ხდება წყღის ამოქაჩვა.

ელექტროოსმოსის მეოღდი ეფუღნება წყღის მოძრაობას ანოდიდან კათოღისაკენ გრუნტის ფორებში მუღმივი დენის ზემოქმედებისას. ამასთან, ნემსაფიღტრებთან ერთად, გრუნტში, მათგან 0,5–1,0 მეტრ მანძიღზე გამოსაშრობი ზონის მხრიდან, ყურსავენ ფოღადის ელექტროდებს. ნემსაფიღტრებს აერთებენ უარყოფით პოღუსთან (კათოღთან), ხოლო ელექტროდებს – დადებით პოღუსთან (ანოღთან). ელექტროდებს განათავსებენ ერთმანეთის მიმართ ჭადრაკული თანმიმდღევრობით, ბიჯით 0,75–1,5 მეტრი.

ელექტროდენის ზემოქმედებით, გრუნტის ფორებში არსებული წყალი გადაადგილდება ნემსაფილტრებისაკენ, ამასთან ფილტრაციის კოეფიციენტი იზრდება 5...25-ჯერ. ელექტროდენის საჭირო ჯამური სიმძლავრე განისაზღვრება ელექტროდის ერთ გრძივ მეტრზე 1...2 ამპერიდან გაანგარიშებით; დენის ძალა 50-60 ვოლტი ძაბვისას შეადგენს 1 ამპერს 1 მ<sup>2</sup> ფართობზე. ელექტროსმოსის დახმარებით წყლის გამოწოვით, შესაძლებელია გრუნტის გამოშრობა ფილტრაციის კოეფიციენტით 0,01 მ/დღე-დამემდე. მუდმივი დენის წყაროდან იყენებენ ელექტროშემდუღებელ აგრეგატებს ან გარდამქმნელებს.

ქვაბულებისა და ტრანშეების დამუშავებისას, ჩვეულებრივ, საკმარისია ელექტროსმოსის ზემოქმედება დროის მცირე პერიოდის განმავლობაში, რადგან გრუნტების თვისებები მნიშვნელოვნად იცვლება და ჩნდება მიწის სამუშაოების ნორმალურად წარმოების შესაძლებლობა. მაგრამ არ ასრულებენ გამომშრობი დანადგარის დემონტაჟს სამუშაოთა დამთავრებამდე, რათა საჭიროების შემთხვევაში ისარგებლონ მისი გამოყენების შესაძლებლობით. ელექტროსმოსის ზემოქმედება ზრდის ფილტრაციის კოეფიციენტს თიხნარებისათვის 10-20-ჯერ, თიხებისათვის – კიდევ უფრო მნიშვნელოვნად. 1 მ<sup>3</sup> გრუნტის გამოშრობაზე იხარჯება დაახლოებით 40კვტ.სთ ელექტროენერგია. უსაფრთხოების ტექნიკის გათვალისწინებით ელექტროგამომშრობისათვის იყენებენ ელექტროდანადგარების ძაბვას 30-60 ვოლტს.

თიხოვან გრუნტებში, ელექტროდენის ხანგრძლივი ზემოქმედებისას, ვითარდება რთული ქიმიური პროცესები, რომლებიც იწვევენ გრუნტის შემჭიდროვებას და გამტკიცებას. თიხოვანი გრუნტის ელექტროსმოსის პროცესში ფორებში არსებულ წყალში ვითარდება მნიშვნელოვანი უარყოფითი ფოროვანი წნევა, რომელიც იწვევს გრუნტის შემჭიდროვებას. გრუნტში ამ წნევის სიდიდემ, ელექტროსმოსის პროცესში, შეიძლება მიაღწიოს რამდენიმე ატმოსფეროს (3 კგ/სმ<sup>2</sup>). ამასთან ერთად, თიხოვანი გრუნტების წყალდაწვევის და შემჭიდროვებისათვის ელექტროსმოსის გამოყენება ფერხდება გრუნტში

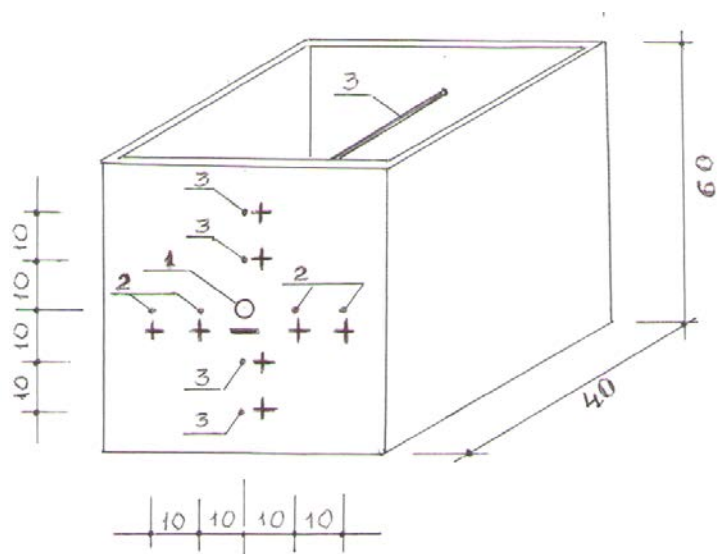
ელექტროქიმიური პროცესების წარმოშობის გამო: ელექტროლიზი, კატიონების გაცვლა, ელექტროდებთან გაზების გამოყოფა, გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შეცვლა ბოლოს იწვევს ელექტროოსმოსის შეწყვეტას. დღემდე ტექნიკურ ლიტერატურაში არ არის მონაცემები ელექტროოსმოსის გამოყენების თაობაზე ჰორიზონტალურ სადრენაჟე გამომშრობ სისტემებში, უცილობელს ხდის ელექტროოსმოსის გამოყენების პრინციპული შესაძლებლობის შესწავლის აუცილებლობას ჰორიზონტალურ დრენაჟებში, ქვაბულებისა და ტრანშეების ფერდობის კედლების გამაგრების სისტემების მოწყობის პროცესში, გრუნტის გამოშრობის აუცილებლობისას.

## **5.2. ფერდობის და კალთების გრუნტის გამოშრობის პროცესის დაჩქარების შესაძლებლობის გამოკვლევა ელექტროოსმოსის გამოყენებით**

### **5.2.1. ექსპერიმენტული მოდელი და გამოკვლევების ჩატარების მეთოდოლოგია.**

ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროოსმოსის გამოყენების ეფექტურობის განსაზღვრის მიზნით დამზადებულ იქნა მოდელი ჰორიზონტალური სადრენაჟე მილით და მის პარალელურად განთავსებული ელექტროდებით. მოდელის სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 5.1. მოდელი წარმოადგენდა ელექტრომაიზოლირებელი პლასტიკატის კედლებიან ღია კუბს, რომლის შუა ნაწილში განთავსებული იყო ლითონის პერფორირებული მილი, მისი გამომშვები ღიობისაკენ ოდნავი დახრით. მასზე განთავსებული იყო ჩამკეტი ვენტილი. მუდმივი დენი მიეწოდებოდა: პერფორირებულ მილს – “მინუსი” და “პლუსი” – მილის პარალელურად, სიმეტრიულად განლაგებულ ელექტროდებს.

კუბი ივსებოდა საკვლევი ჯიშის გრუნტით და მიეწოდებოდა წყალი მის გასაჟღერებლად.



**ნახ. 5.1. მოდელის სქემა ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროსმოსის გამოყენების შესაძლებლობის გამოკვლევისათვის.**

1 – სადრენაჟე მილი; 2 – ჰორიზონტალური ელექტროდები; 3 – ვერტიკალური ელექტროდები.





**ნახ. 5.2 ექსპერიმენტის მსვლელობის ამსახველი ფოტოსურათები**

ელ. დენი მიეწოდებოდა ჩვეულებრივი ელ. ქსელიდან – 220 ვოლტი, გამმართველისა და რეოსტატის საშუალებით. ექსპერიმენტის ჩატარების პროცესი ასახულია ქვემოთ მოყვანილ ფოტოსურათებზე (ნახ.5.2).. ექსპერიმენტის მსვლელობის დროს ხდებოდა ელ. დენის მახასათებლების ვარირება შემდეგ ფარგლებში: დენის ძალა – 0 ..... 1,5 ამპერი, ძაბვა – 0 ..... 50 ვოლტი.

გამოკვლევები ჩატარდა გრუნტების შემდეგი სახეობებისათვის: ქვიშოვანი, ქვიშნაროვანი და ქვიშნაროვანი-ქვიშოვანი გრუნტის 20%-ის დამატებით. არჩევანი ზემოაღნიშნულ გრუნტებზე გაკეთდა იმის გამო, რომ ქვიშოვანი გრუნტები



დამახასიათებელია დასავლეთ საქართველოს ზღვისპირა ზონისათვის, სადაც ამჟამად მიმდინარეობს ინტენსიური მშენებლობა, ხოლო ქვიშნაროვანი გრუნტები – ერთ-ერთი ყველაზე უფრო გავრცელებული სახეა მთელი საქართველოსთვის. ექსპერიმენტის ჩატარების მეთოდის ითვალისწინებდა გრუნტის სადრენაჟო თვისებების გამოკვლევას ელექტროსმოსის გამოყენების გარეშე და ელ. ოსმოსის გამოყენებით – ელ. დენის მახასიათებლების სხვადასხვა მნიშვნელობებისა და სადრენაჟო მილის მიმართ ელექტროდების სხვადასხვა შეთანწყობითა და სხვადასხვა მანძილებზე განთავსებით.

#### 5.2.2. ქვიშოვან გრუნტებზე ექსპერიმენტების შედეგები

მოდელის სივრცე ივსებოდა ქვიშოვანი გრუნტით. ზედაპირიდან გრუნტი ჯირჯვლდებოდა წყლით, მის ზედაპირზე წყლის აფსკის გაჩენამდე.

ექსპერიმენტის შესრულება ხდებოდა 2 პერიოდად. პირველი პერიოდი ითვალისწინებდა დენის მიერთებას სადრენაჟო მილთან უახლოეს ჰორიზონტალურ ელექტროდებზე, ხოლო მეორე პერიოდი – უშორეს ჰორიზონტალურ ელექტროდებზე. ორივე პერიოდი შეიცავდა ექსპერიმენტების სერიებს მიწოდებული ელ. დენის სხვადასხვა მახასიათებლებით. თითოეული სერია შედგებოდა 3 ეტაპისაგან, 15 წთ-ის ხანგრძლივობით, სადრენაჟე მილიდან გამოსული წყლის ოდენობის აღრიცხვით. I პერიოდის ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული მონაცემები შეტანილია ცხრილებში 5.1 და 5.2.. შედეგების გრაფიკული ინტერპრეტაცია მოტანილია ნახაზებზე 5.2 ..... 5.8.

ქვიშოვან გრუნტში სადრენაჟე მილიდან გამოსული წყლის (ლიტრებში) ცვლილების განსაზღვრა წყლის გამოდინების ხანგრძლივობაზე ( $t_{წმ}$ ), დენის ძალაზე ( $I_{აგ}$ ) და ძაბვაზე ( $V_{ვოლტი}$ ) დამოკიდებულებით, ელ. დენთან უახლოესი ჰორიზონტალური ელექტროდების მიერთებისას (I პერიოდი)

ცხრილი 5.1

მიერთებული ელ. დენის მახასიათებლები	თითოეულ ეტაპზე გამონადენი წყლის რაოდენობა (ლიტრი), სერიების მიხედვით, ექსპერიმენტის ჩატარების ხანგრძლივობისას – 195 წთ.		
	I ეტაპი, 15 წთ	II ეტაპი, 15 წთ	III ეტაპი, 15 წთ
პირველი სერია <i>I=0</i> ამპ, <i>V=0</i> ვოლტი (0-45 წთ)	4,989	4,621	3,329
მეორე სერია <i>I=0,9</i> ამპ, <i>V=50</i> ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 46-90 წთ)	4,508	3,547	2,848
მესამე სერია <i>I=0,65</i> ამპ, <i>V=30</i> ვოლტი (გაგრძელება მეორეს შემდეგ 91-135 წთ)	4,400	3,026	2,842
მეოთხე სერია <i>I=0,43</i> ამპ, <i>V=15</i> ვოლტი (გაგრძელება მესამეს შემდეგ 136-180 წთ)	3,090	3,128	2,470
მეხუთე სერია <i>I=1,04</i> ამპ, <i>V=50</i> ვოლტი (გაგრძელება მეოთხეს შემდეგ 181-195 წთ)	2,567	–	–

შენიშვნები:

1. თითოეული ეტაპისას სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყალი მოდელში არ ბრუნდებოდა;
2. ექსპერიმენტი გრძელდებოდა უწყვეტად, სერიებს შორის პაუზის გარეშე;

3. ელ. დენის მახასიათებლები ფიქსირდებოდა თითოეული სერიის დაწყებისას და მთელი სერიის განმავლობაში, ეტაპების მიხედვით, არ კორექტირდებოდა.

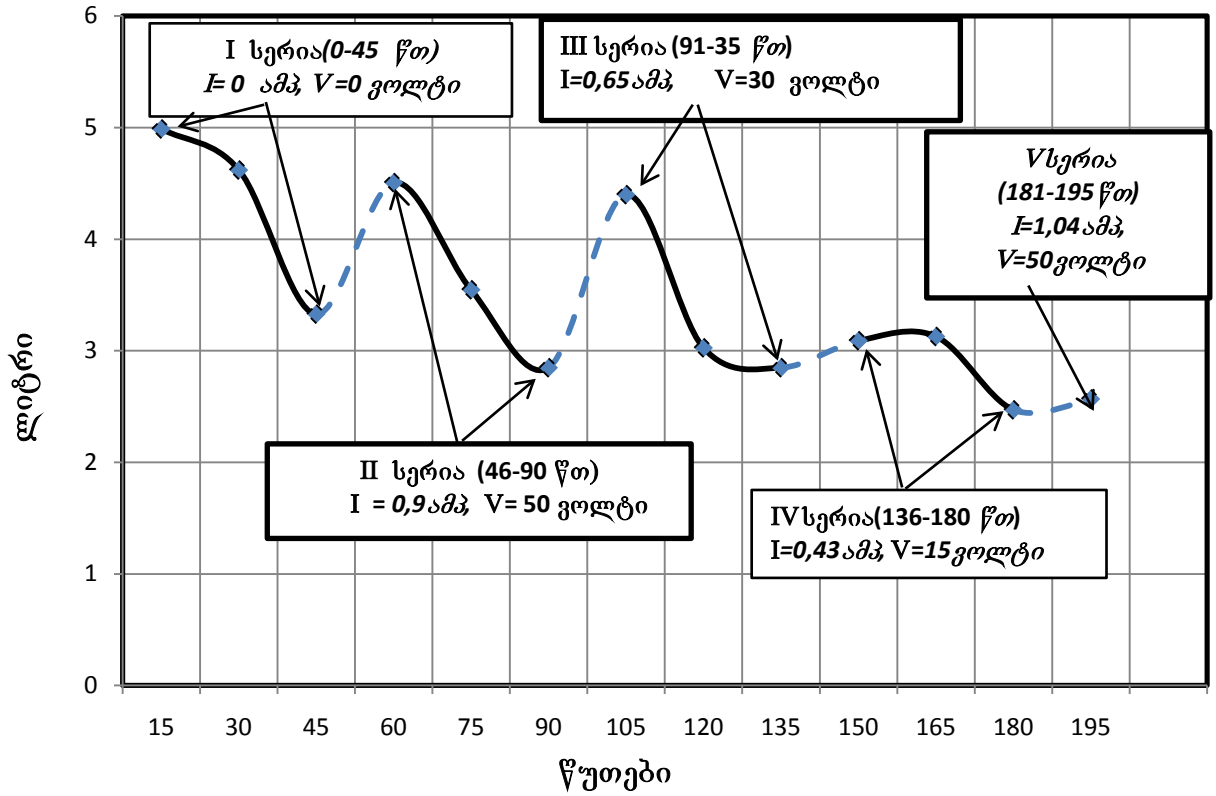
ცხრილი 5.2.

ექსპერიმენტის ეტაპების და სერიების მიხედვით წყლის გამოდინების წყლის ხარჯის (წხ) თანაფარდობა

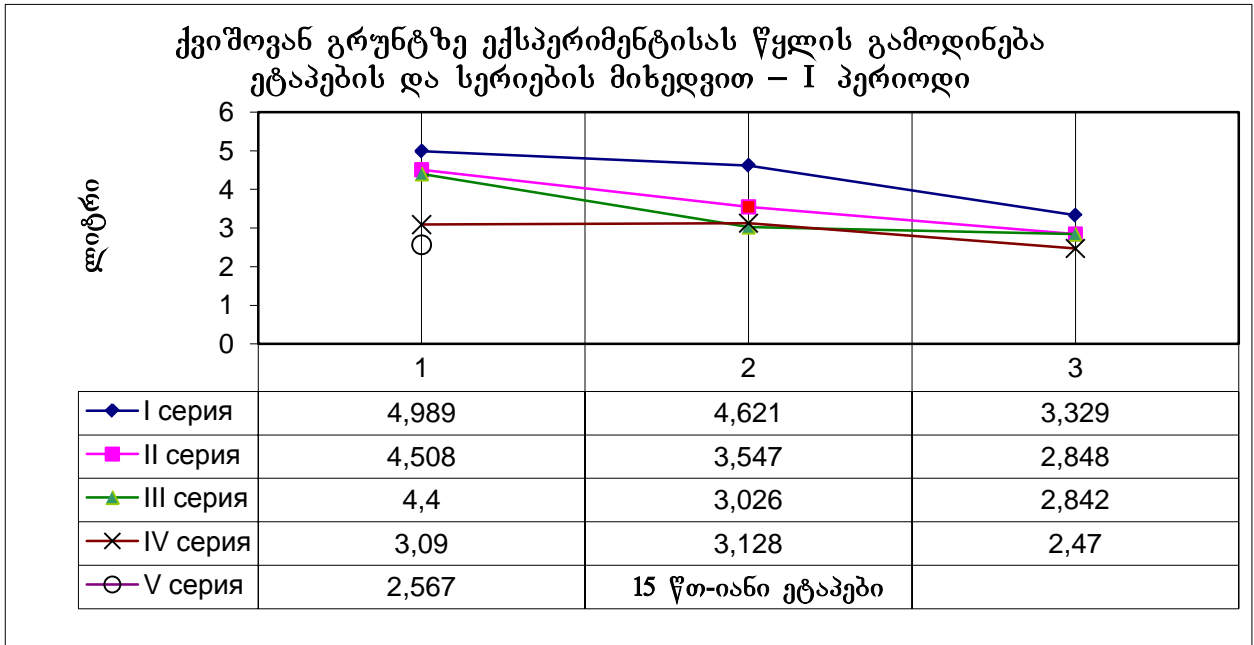
ცხრილის №	სერიები	სერიაში ეტაპებს შორის წყლის ხარჯის (წხ) თანაფარდობა 1/2 , 1/3		შეფარდება წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3		4	5
ცხრილი. 5.1-ის მონაცემების მიხედვით	I	(სერიის ზღვრებში)		-	
		1,08	1,50		
	II	1.27	1.58	II.1 : I.3 =1.35	
	III	1.45	1.55	III.1 : II.3 =1.55	
	IV	0.99	1.25	IV.1 : III.3 =1,09	
	V	-	-	V.1 : IV.3 =1.04	

ექსპერიმენტის ეტაპებისა და სერიების მიხედვით წყლის გამოდინების და წყლის (წხ) თანაფარდობა

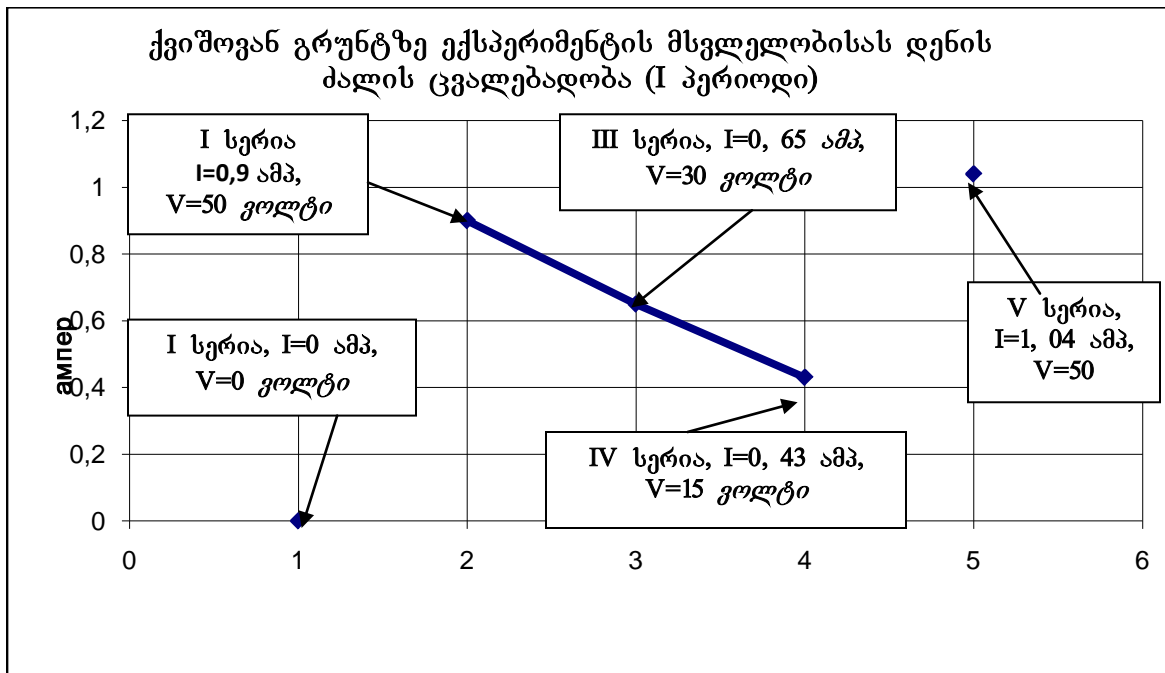
ქვიშოვან გრუნტზე ექსპერიმენტისას ( $t=195$  წთ) წყლის  
გამოდინება (ლიტრი) – I პერიოდი



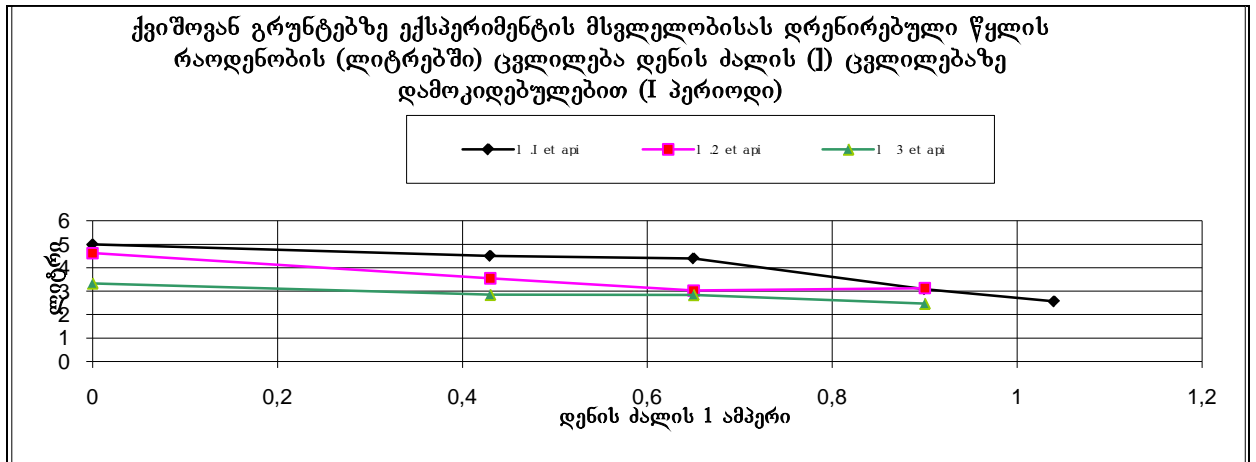
ნახ. 5.3, 5.1. ცხრილის მონაცემებით



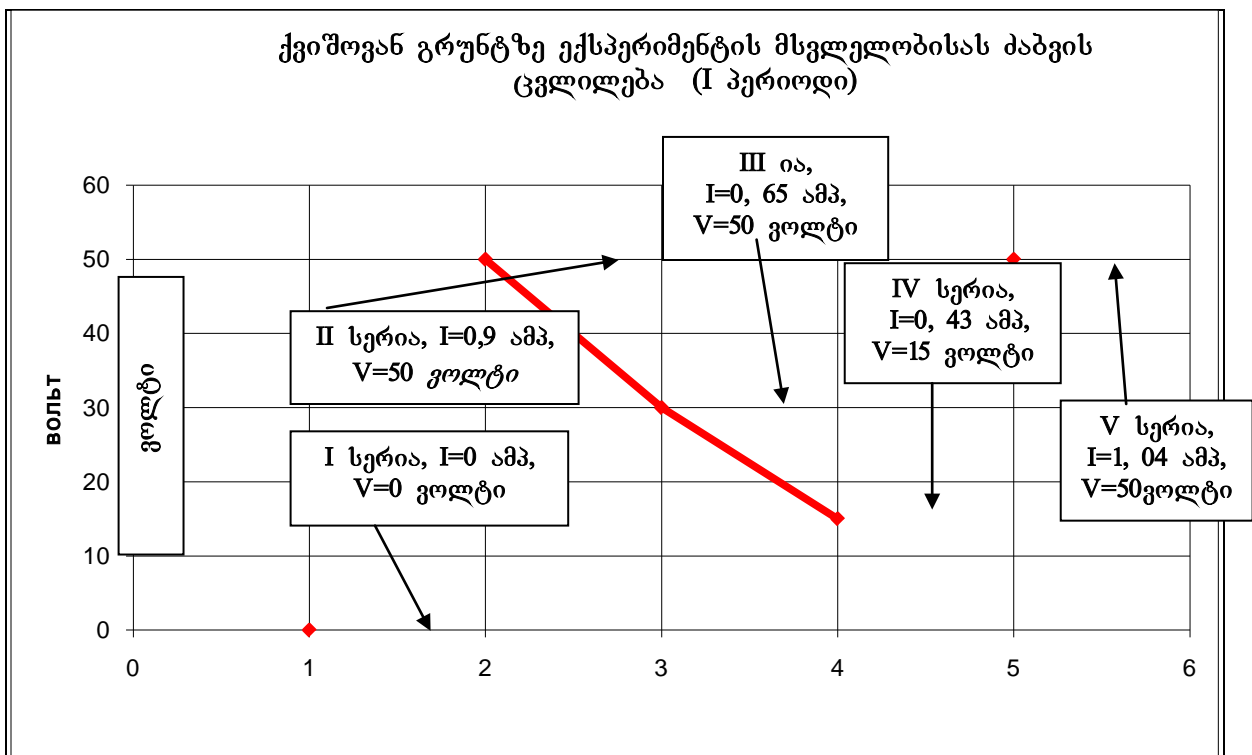
ნახ. 5.4, 5.1. ცხრილის მონაცემებით



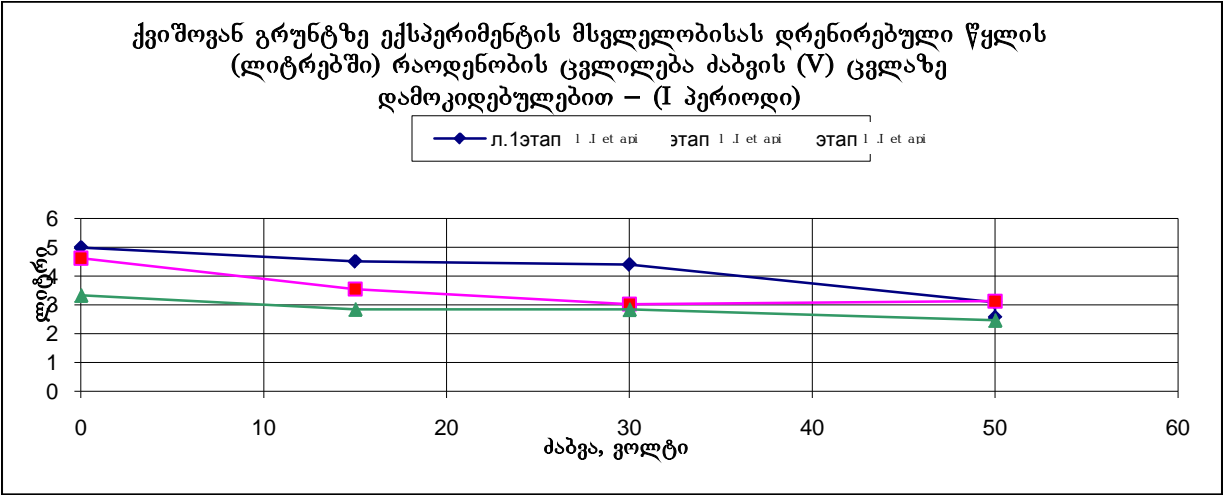
ნახ. 5.5., 5.1. ცხრილის მონაცემებით



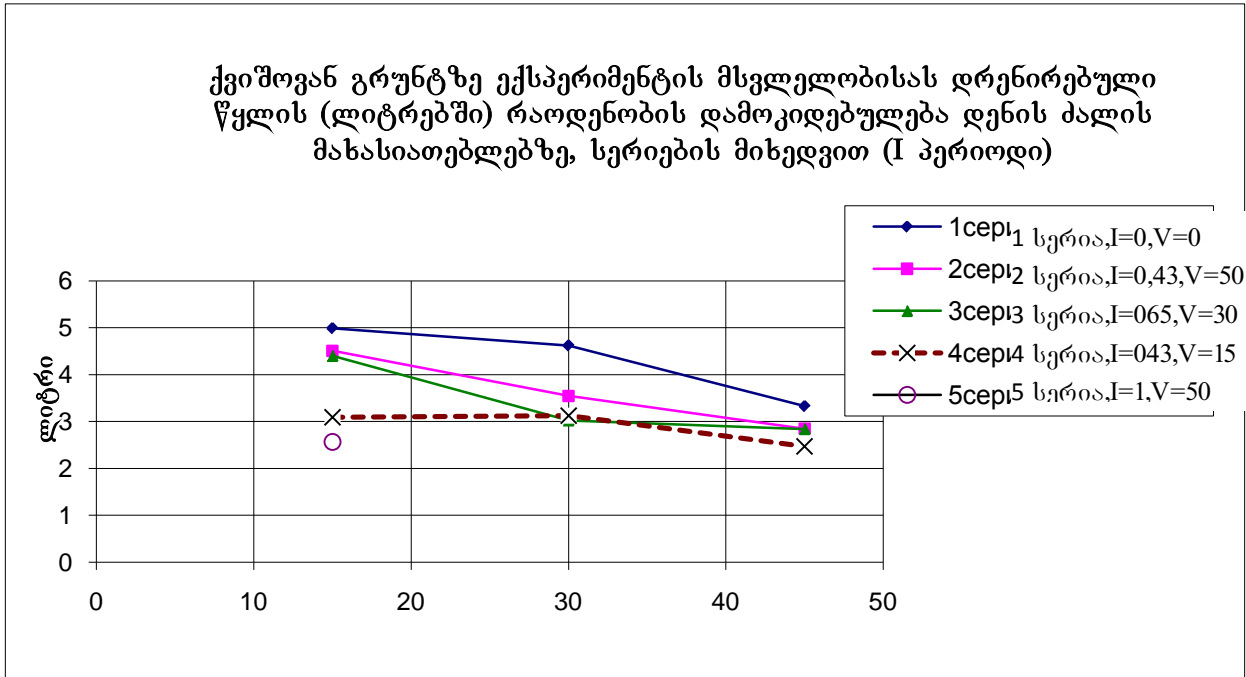
ნახ. 5.6. 5.1. ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.7. 5.1. ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.8. 5.1. ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.9. 5.1. ცხრილის მონაცემებით

პირველი პერიოდის ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული რეზულტატების ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გაკეთება:

1. I სერიაში, ეტაპების მიხედვით წყლის რაოდენობის შეცვლა, შემცირება, ელ. დენის არარსებობისას, შესაძლებელია აიხსნას მოდელში განთავსებული წყალნაჯერი გრუნტის საწყისი შემჭიდროვებით, ფოროვანი სივრცის განსაზღვრული კოლმატაციით და გრუნტის ნაწილობრივი გამოშრობით დრენირების პროცესში.
2. I სერიის III ეტაპზე და II სერიის I ეტაპზე წყლის ხარჯების (წხ) ფარდობა გვიჩვენებს, რომ ელ. დენის მოდება ამაღლებს წყლის გამოდინების ინტენსივობას 35%-ით.
3. ინტესიურობის მაქსიმალური ამაღლება – 55 % დაფიქსირებულია III სერიაში, შემდეგ ინტენსივობა მკვეთრად ეცემა, 9-4%-მდე აქ საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ, რომ მოდელიდან (ტევადობიდან), ექსპერიმენტის მსვლელობისას, დრენირებულია საერთო ჯამში 45,437 ლ წყალი. გარდა ამისა, თვალსაჩინოა, რომ ელ. ოსმოსის ზემოქმედების სპეციფიკური თავისებურების გამო, წარმოებს გრუნტის შემკვრივება და ფოროვანი სივრცის კოლმატაცია მტვრისებრი ნაწილაკებით, რომლებიც წარიტაცა მოძრავმა წყალმა ელ. დენის ზემოქმედებისას.  
არ შეიძლება აგრეთვე მოდელის ტევადობაში წყლის ჰიდროსტატიკური წნევის შემცირების გაუთვალისწინებლობა, მისი რაოდენობის შემცირების გამო, დრენირებისას გამოდინების პროცესში.
4. ელ. დენის მახასიათებლების შემცირება იწვევს დრენირებისას გამონადენი წყლის რაოდენობის შემცირებას.

გამოკვლევის მეორე პერიოდი ჩატარდა I პერიოდის დამთავრებისთანავე.

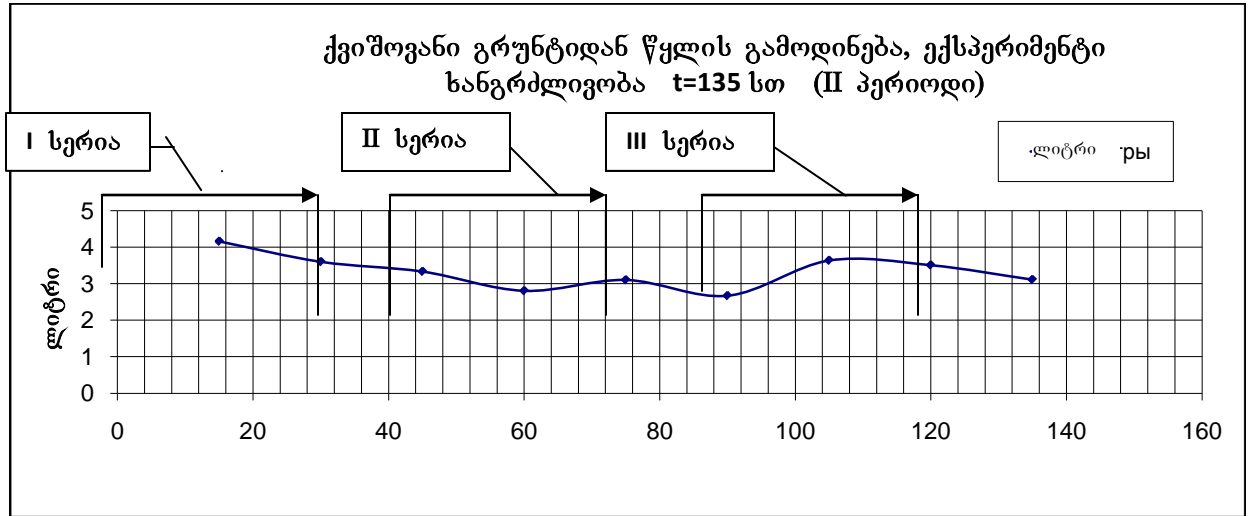


მეორე პერიოდის გამოკვლევების შედეგები, ჩართული ჰორიზონტალური უშორესი ელექტროდებით, მოტანილია ცხრილებში 5.2.1. და 5.2.2. შედეგების გრაფიკული ინტერპრეტაცია ნაჩვენებია ნახაზებზე 5.10 – 5.13.

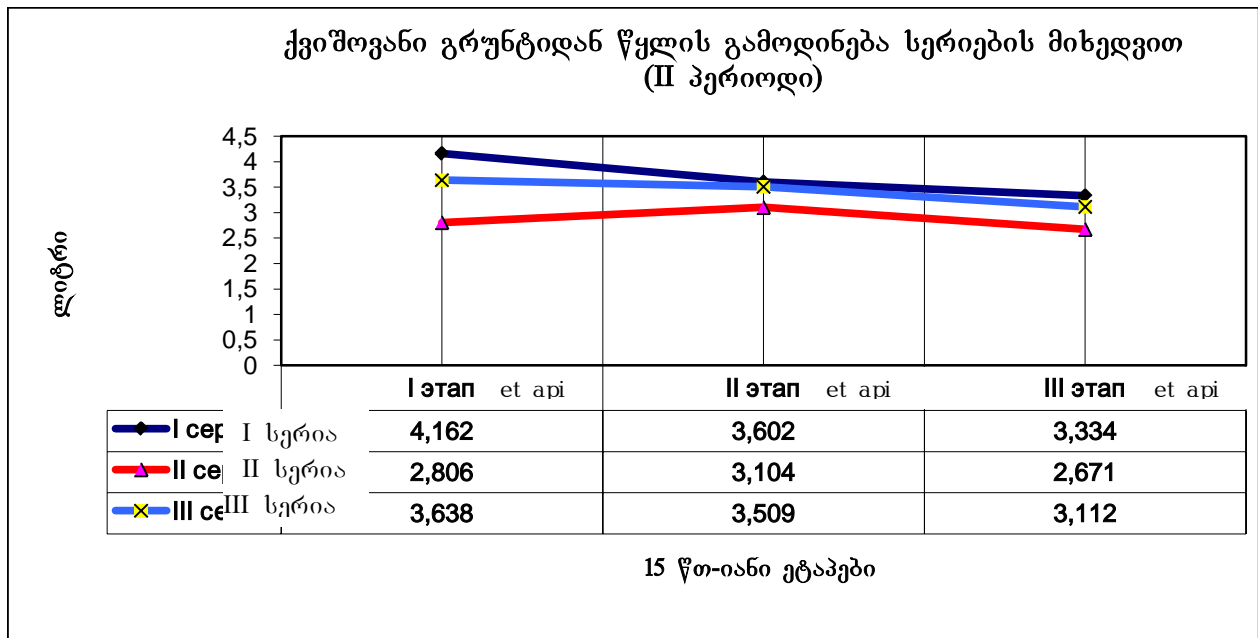
მეორე პერიოდის ექსპერიმენტების შედეგების გაანალიზების შედეგად შეიძლება მივიღეთ შემდეგ დასკვნებამდე:

1. სადრენაჟე მილიდან წყლის გამოდინების რაოდენობის ცვლილების დამოკიდებულება დროზე ექსპერიმენტის მსვლელობისას სერიებისა და ეტაპების მიხედვით ექვემდებარება იგივე კანონზომიერებას, რომელიც გვექონდა პირველ პერიოდში.
2. გამონადენი წყლის რაოდენობის გაზრდა II პერიოდის I სერიაში უნდა აიხსნას იმით, რომ სადრენაჟე მილიდან უშორესი ელექტროდები, ელ. დენის მიერთების შემდეგ, გადაადგილებენ სადრენაჟე მილისაკენ ჯერ კიდევ არა შეკუმშული, არაგამომშრალი ზონიდან (იხ. ცხრილები 5.1. და 5.2.).

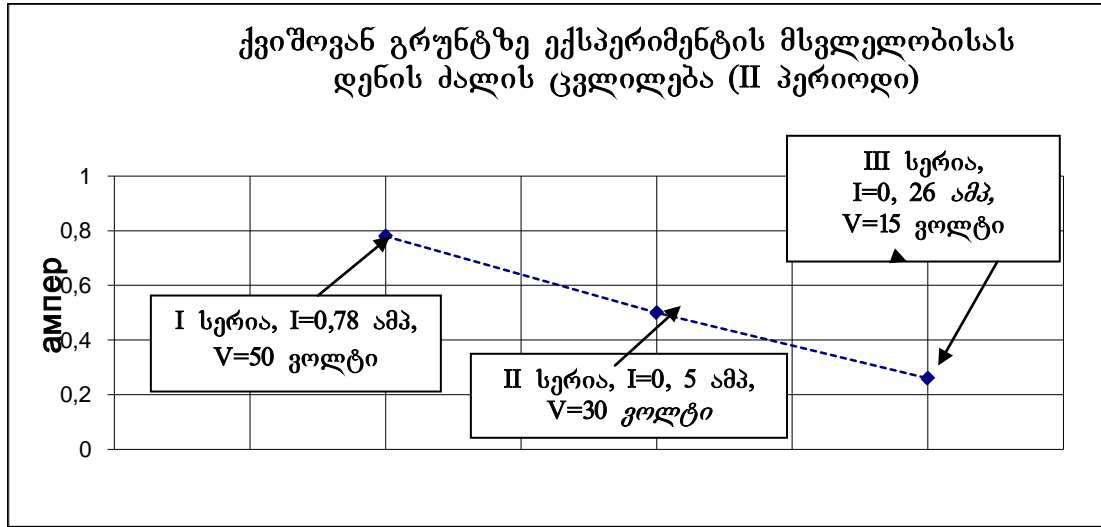
ქვიშოვან გრუნტში სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილების განსაზღვრა წყლის გამოდინების ხანგრძლივობაზე ( $t_{\text{აონ}}$ ), მიღებული დენის ძალაზე ( $I_{\text{აფ}}$ ) და ძაბვაზე ( $V_{\text{ვოლტი}}$ ) დამოკიდებულებით, ელ. დენთან სადრენაჟე მილიდან უშორესი ჰორიზონტალური ელექტროდების მიერთებისას (II პერიოდი).



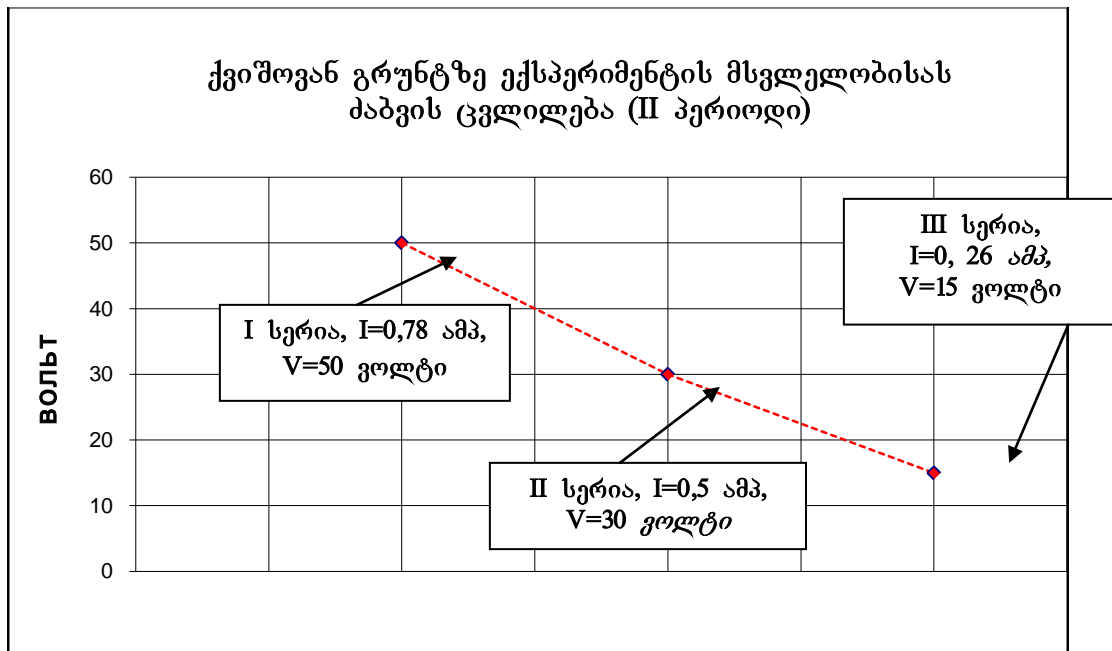
ნახ. 5.10, 5.2. ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.11. 5.2. ცხრილის მონაცემებით

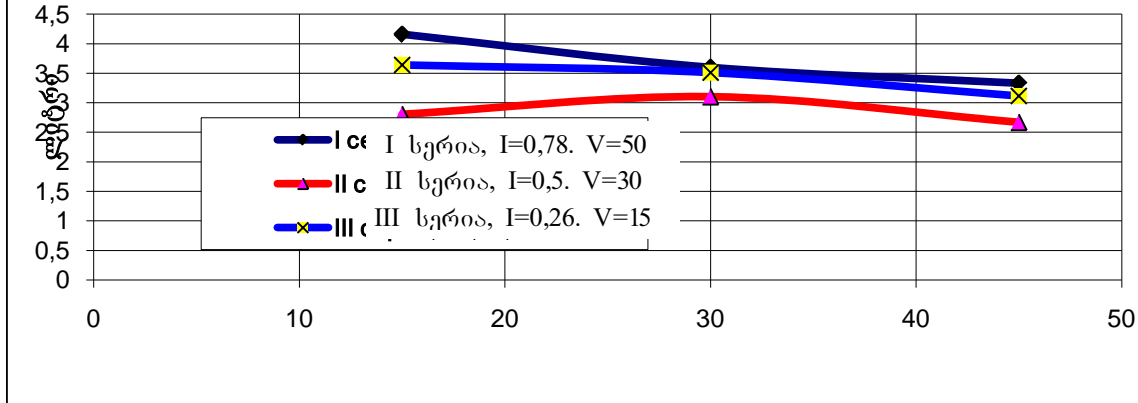


ნახ. 5.12. 5.2. ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.13. 5.2. ცხრილის მონაცემებით

ქვიშოვან გრუნტზე ექსპერიმენტის მსვლელობისას გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილება დენის მახასიათებლების ცვლილებასთან დამოკიდებულებით (II პერიოდი)



ნახ. 5.14. 5.2. ცხრილის მონაცემებით

5.2.3. ქვიშნაროვან გრუნტებთან ექსპერიმენტების შედეგები

ტევადობის შევსება ქვიშნაროვანი გრუნტით ხდებოდა ისევე, როგორც ქვიშოვანი გრუნტის შემთხვევაში – ფენებად. ამასთან, მას ემატებოდა წყალიც. შევსებული ტევადობის დაყოვნებისას, ელ დენის მიერთებამდე, გრუნტის ჯდენის კვალდაკვალ, ზედაპირზე წარმოიქმნებოდა წყლის ფენა სისქით 1 სმ.

ექსპერიმენტების პროცესში, სადრენაჟე მილიდან ნადენი წყალი, აწონვის შემდეგ, ისევ ბრუნდებოდა ტევადობაში.

ექსპერიმენტების მეთოდოლოგია იყო ქვიშოვანი გრუნტის ანალოგიური ერთი ეტაპის ხანგრძლივობა – 10 წთ.

ქვემოთ, ცხრილში და გრაფიკებში, მოტანილია ქვიშნაროვან გრუნტზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები. მონაცემები მოტანილია ცხრილებში, ხოლო გრაფიკული ინტერპრეტაცია – ნახაზებზე 5.14.....5.26. მიღებული შედეგების ანალიზის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ:

1. სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის რაოდენობაზე ელექტროსმოსის გავლენის საერთო კანონზომიერებები იგივეა, როგორც ქვიშოვანი გრუნტის შემთხვევაში, მაგრამ წყალგაცემა შედარებით ნაკლებია (იხ. ცხრილები 5.1. და 5.4.);
2. ქვიშნაროვან გრუნტებში გამონადენი წყლის ინტენსიურობის დადაბლება ეტაპების მიხედვით ხდება უფრო ნელა, ვიდრე ქვიშების შემთხვევაში ამასთან პირველ ეტაპზე, ელ. ოსმოსის დაწყების შემდეგ შეინიშნება წყლის გამოდინების მაღალი ინტენსიურობა, შემდეგ იგი მკვეთრად დაბლდება და სტაბილიზირდება დაახლოებით ერთ დონეზე (იხ. ნახ. 5.4, 5.9, 5.17 და 5.22).

შესაძლოა ამის მიზეზია თიხოვანი გრუნტებისათვის დამახასიათებელი უარყოფითი ფოროვანი წნევის წარმოქმნა, რომელიც იწვევს გრუნტის შემჭიდროვებას. აღნიშნული მოვლენა შევამოწმეთ პრაქტიკულად.

პირველ ეტაპზე წყლის მოდინების ინტენსიურობის მკვეთრი შეცვლა ელ. ოსმოსის დაწყების მომენტში აღნიშნულია ცხრ. 5.3.. და ნახ. 5.15- მოყვანილი მონაცემებითაც.

ცხრილი 5.3.1.

გამონადენი წყლის რაოდენობის (გრამებში) ცვლილების განსაზღვრა გამოდინების ხანგრძლივობაზე ( $t_{წთ}$ ), მოდებული დენის ძალაზე ( $I_{ამპ}$ ) და ძაბვაზე ( $V_{ვოლტი}$ ) დამოკიდებულებით. უახლოესი ჰორიზონტალური ელექტროდების მიერთებისას.

მიერთებული ელ. დენის მახასიათებლები	თითოეულ ეტაპზე, სერიების მიხედვით, გამონადენი წყლის რაოდენობა (გრამი), ექსპერიმენტის მსვლელობისას - $t = 40$ წთ		
	<i>I</i> ეტაპი, 10 წთ	<i>II</i> ეტაპი, 10 წთ	<i>III</i> ეტაპი, 10 წთ
პირველი სერია $I=0$ ამპ, $V=0$ ვოლტი (0-30 წთ)	161	125	119

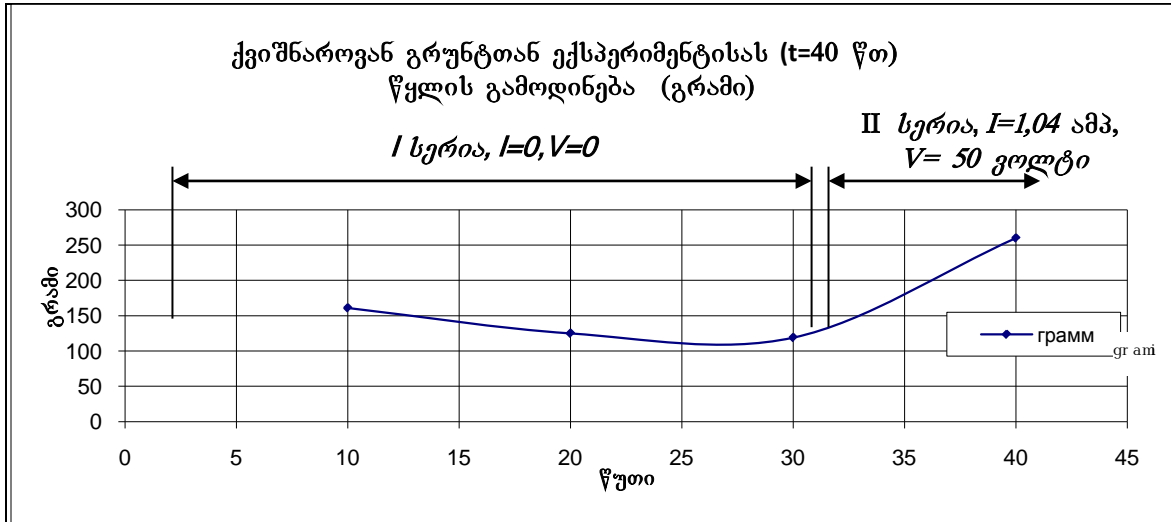
მეორე სერია $I=1,04$ ამპ, $V=50$ ვოლტი ( გაგრძელება პირველი სერიის შემდეგ 30-40 წთ-ის)	260	-	-
--	-----	---	---

შენიშვნა: ყველა ეტაპზე სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა საკვლევ მოდელში. მაგრამ ექსპერიმენტი შეწყდა აპარატურაში გაუმართაობის წარმოქმნის გამო.

ცხრილი 5.3.2.

ეტაპების და სერიების მიხედვით წყლის ხარჯების (წხ) თანაფარდობა.

ცხრილის №	სერია	წყლის ხარჯის თანაფარდობა (1/2 , 1/3), ეტაპებს შორის სერიაში		მომდევნო სერიის I ეტაპის წხ-ის ფარდობა წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3		4	5
ცხრ. 5.3.1.	I	1,29	1,35	-	
	II	-	-	II.1 : I.3 = 2.18	



ნახ. 5.15., 5.3.1 ცხრილის მონაცემებით

გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილების განსაზღვრა (გრამი) გამოდინების დროზე დენის ძალასა და ძაბვაზე დამოკიდებულებით, უახლესი ჰორიზონტალური ელექტროდების შემთხვევაში. ცხრილი 5.4.1.

მიღებული ელ. დენის მახასიათებლები	გამონადენი წყლის რაოდენობა (გრამი) ყველა ეტაპზე, სერიების მიხედვით, ექსპერიმენტი – 110 წთ.		
	I ეტაპი, 10 წთ	II ეტაპი, 10 წთ	III ეტაპი, 10 წთ
პირველი სერია $I=0$ ამპ, $V=0$ ვოლტი (0-10 წთ)	140	–	–
მეორე სერია $I=1,5$ ამპ, $V=22$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 11-40 წთ-ის)	187	93	85
მესამე სერია $I=1,0$ ამპ, $V=16$ ვოლტი (გაგრძელება მეორეს შემდეგ 41-70 წთ-ის)	82	120	77
მეოთხე სერია $I=0,5$ ამპ, $V=6$ ვოლტი (გაგრძელება მესამეს შემდეგ 71-100 წთ-ის)	63	83	75
მეხუთე სერია	65	–	–

<i>I=1,5 აბ, V=22 ვოლტი</i> (გაგრძელება მეოთხეს შემდეგ 101-110 წთ-ის)			
---	--	--	--

შენიშვნა:

1. ყველა ეტაპზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა საკვლევ მოდელში.
  2. ექსპერიმენტი გრძელდებოდა სერიებს შორის პაუზის გარეშე.
1. ელ. დენის მახასიათებლები დგინდებოდა თვითოეული სერიის დასაწყისში და არ კორექტირდებოდა ეტაპების მიხედვით მთელი სერიის განმავლობაში.

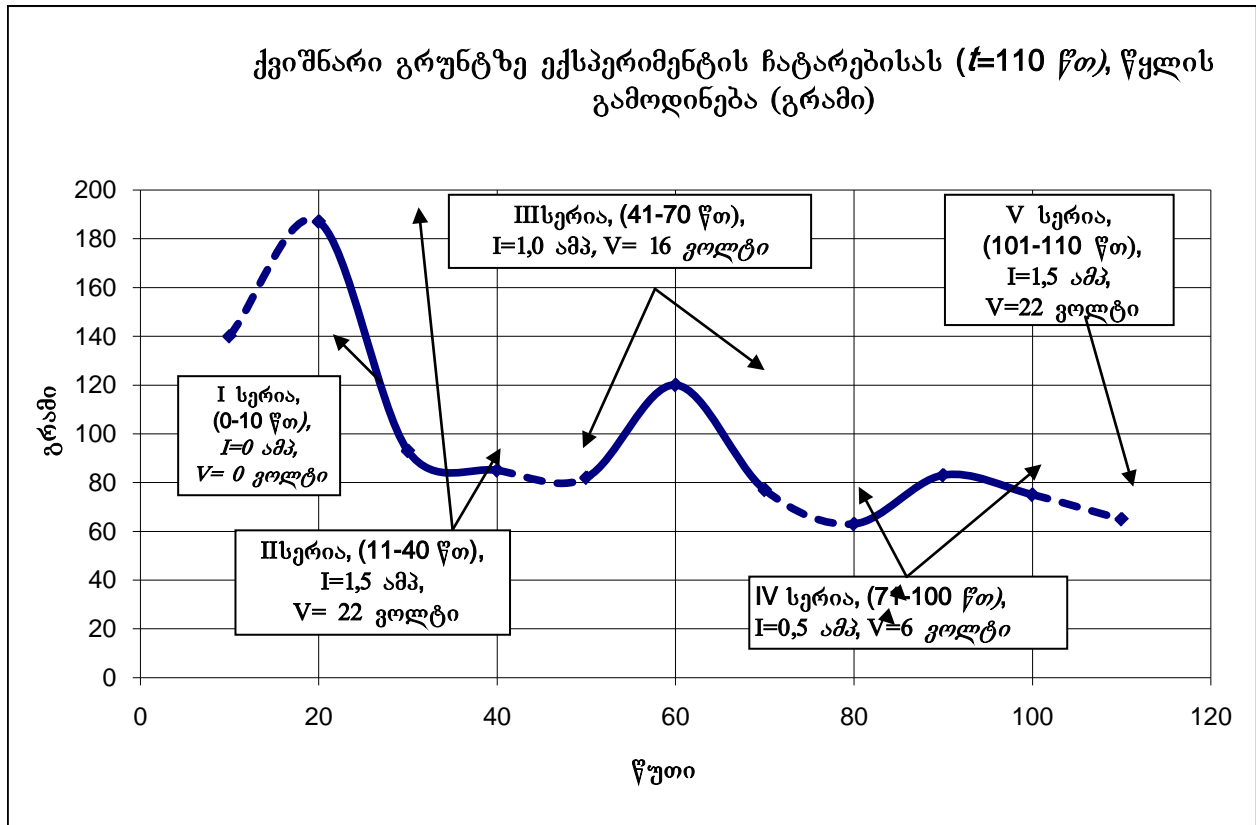
ცხრილი 5.4.2.

ექსპერიმენტისას ეტაპებისა და სერიების მიხედვით წყლის ხარჯების თანაფარდობა

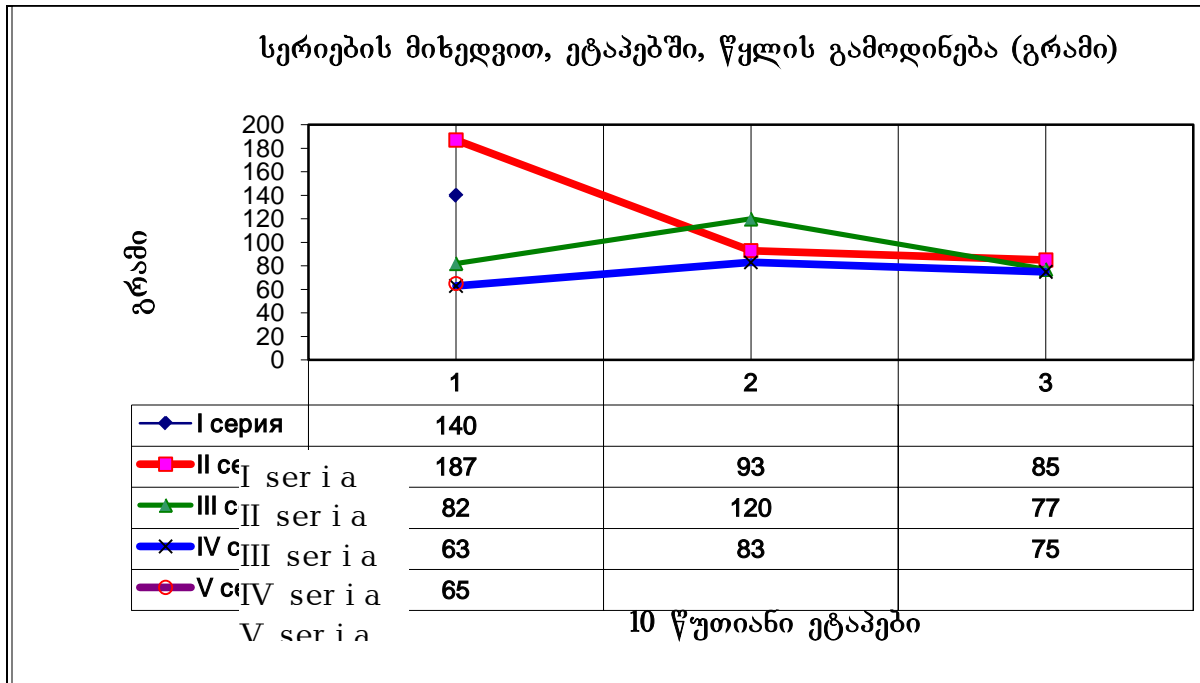
ცხრილის №	სერია	წყლისხარჯის თანაფარდობა (1/2, 1/3)სერიაში ეტაპების მიხედვით		მომდევნო სერიის I ეტაპი წბ-ის ფარდობა წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3		4	5
5.4.1. ცხრილის მიხედვით	I	-	-	-	ვიღებთ წბ I.1 = I.3
	II	2,01	2,2	II.1 : I.1 = 1.34	
	III	0,2	0,11	III.1 : II.3 = 0,96	
	IV	0,76	0,84	IV.1 : III.3 = 0,82	



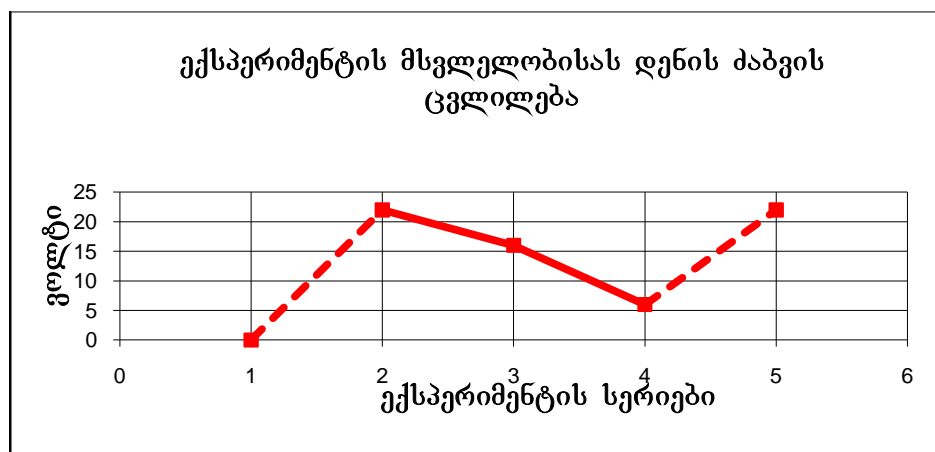
	V	-	-	V.1 : IV.3 = 0,87	
--	---	---	---	-------------------	--



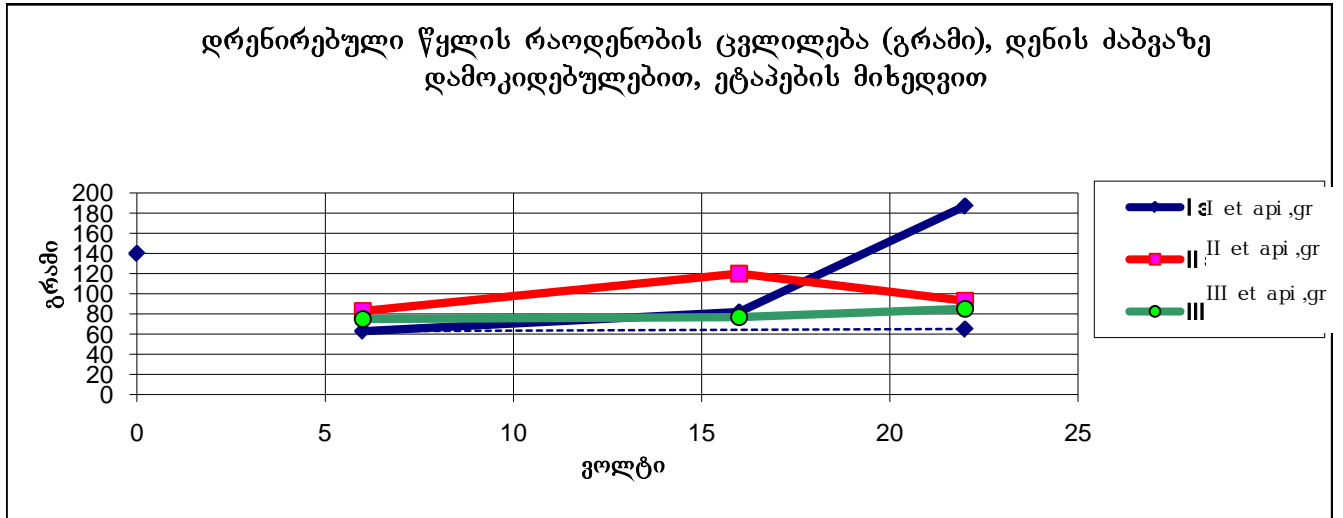
ნახ. 5.16. 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



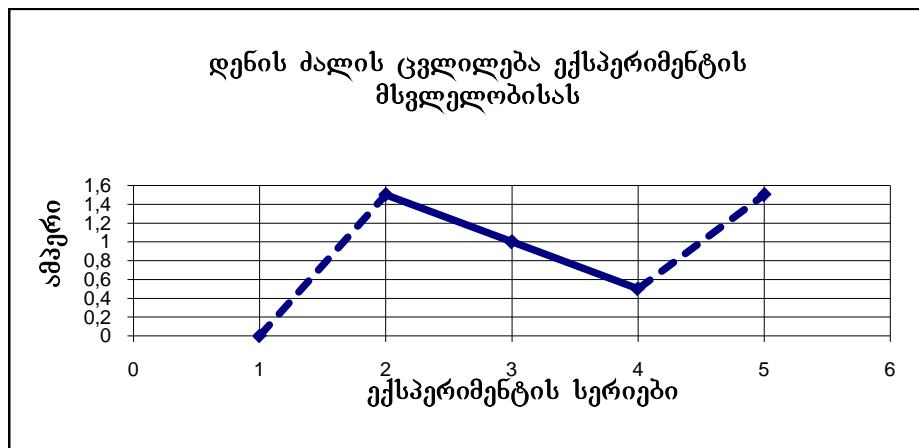
ნახ. 5.17. 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



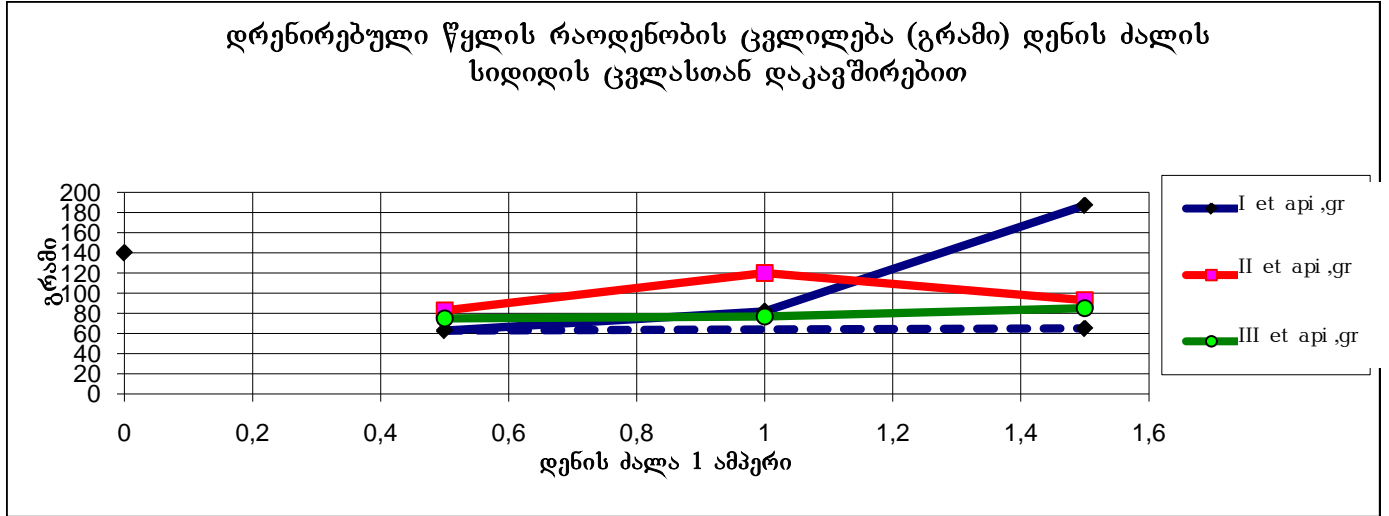
ნახ. 5.18, 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



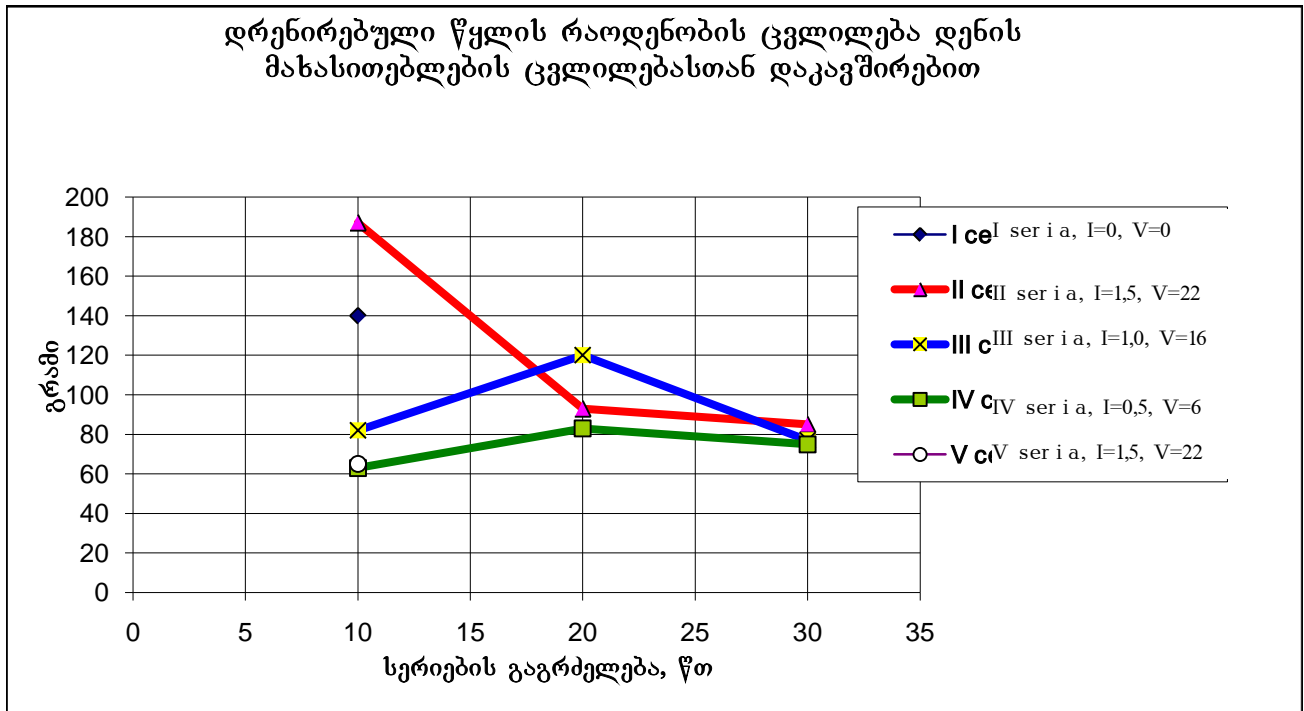
ნახ. 5.19, 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.20. 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.21, 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.22, 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით

ცხრილი 5.5.1.

გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილების განსაზღვრა (გრამი) წყლის გამოდინების ხანგრძლივობაზე, მოდებული დენის ძალაზე და ძაბვაზე დამოკიდებულებით, უშორესი ჰორიზონტალური ელექტროდებისთვის

მოდებული ელ. დენის მახასიათებლები	გამონადენი წყლის რაოდენობა (გრამი) თითოეულ ეტაპზე, სერიების მიხედვით		
	I ეტაპი, 10 წთ	II ეტაპი, 10 წთ	III ეტაპი, 10 წთ
პირველი სერია $I=1,5$ ამპ, $V=28$ ვოლტი (0-30 წთ)	93	78	93
მეორე სერია $I=1,0$ ამპ, $V=16$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 31-60 წთ)	100	85	93

შენიშვნა: 1. თითოეულ ეტაპზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა მოდელში

2. ექსპერიმენტი გრძელდებოდა სერიებს შორის პაუზების გარეშე.

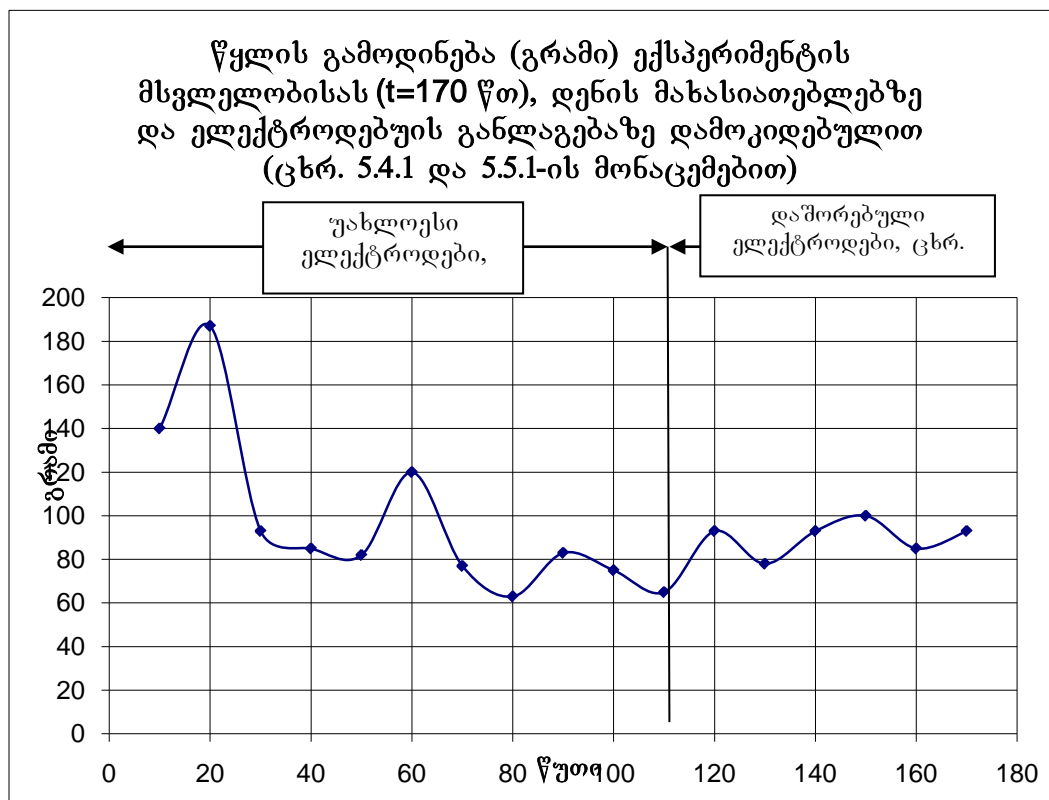
3. ელ. დენის მახასიათებლები დგინდებოდა თითოეული სერიის დაწყებისას კორექტირდებოდა მთელი სერიის ეტაპების მიხედვით.

ექსპერიმენტის მსვლელობისას წყლის ხარჯების თანაფარდობა სერიებით

ცხრილი 5.5.2.

ცხრილის	სერია	წყლის ხარჯების თანაფარდობა, სერიაში ეტაპებს შორის (1/2 და 1/3)	მომდევნო სერიის I ეტაპი წმ ფარდობა წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3	4	5

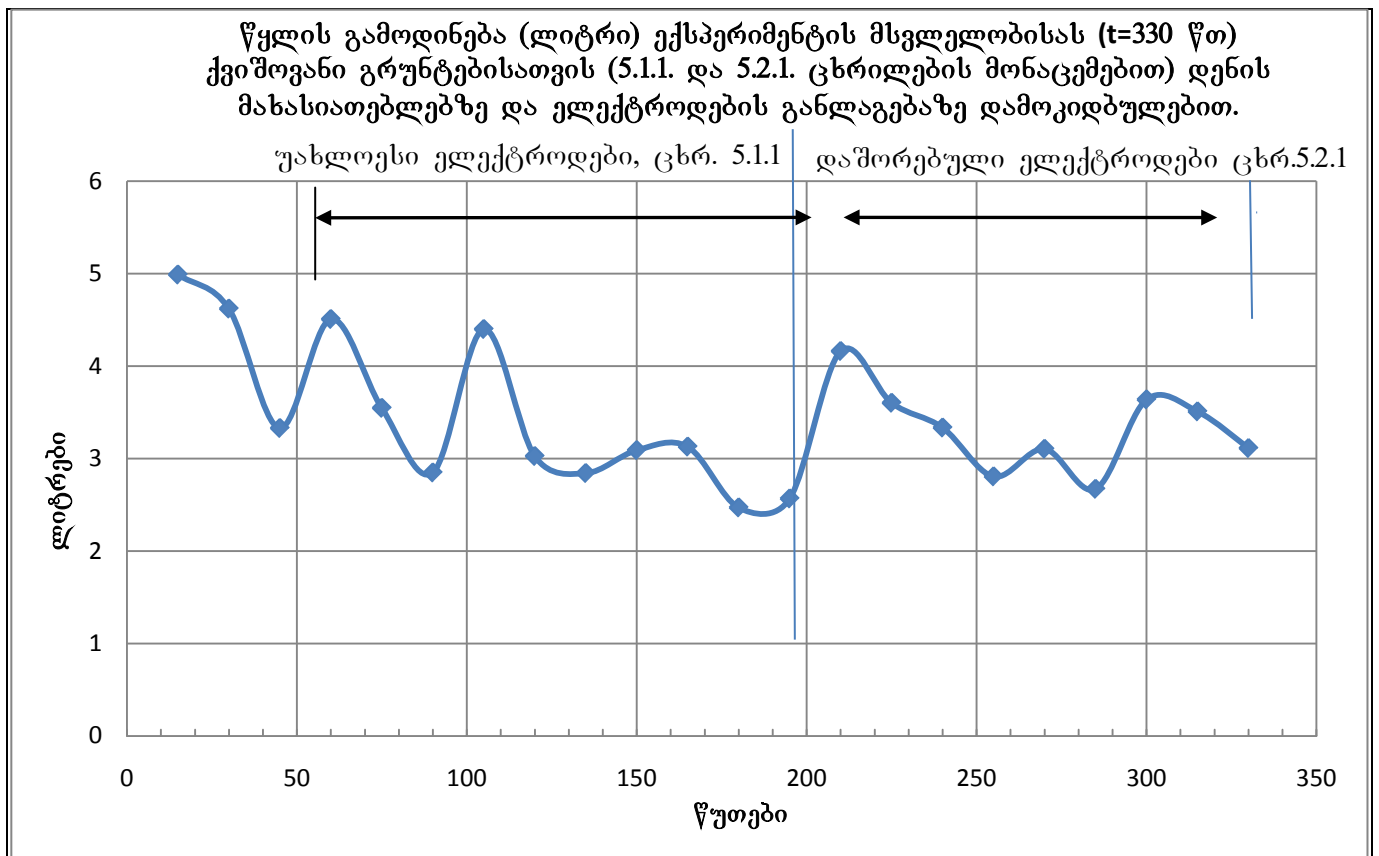
5.5.1. ცხრ-ის მიხედვით	(სერია V. 5.4.1 ცხრ-ის მიხედვით)			I.ცხრ-ის მიხედვით.5.5.1: V.I ცხრ-ის მიხედვით 5.4.1 =1,43	V.1 ეტაპთან შედარება ცხრილი 5.4.1
	I	1,19	1,0		
	II	1,18	1,08	II.1 : I.3 = 1,08	



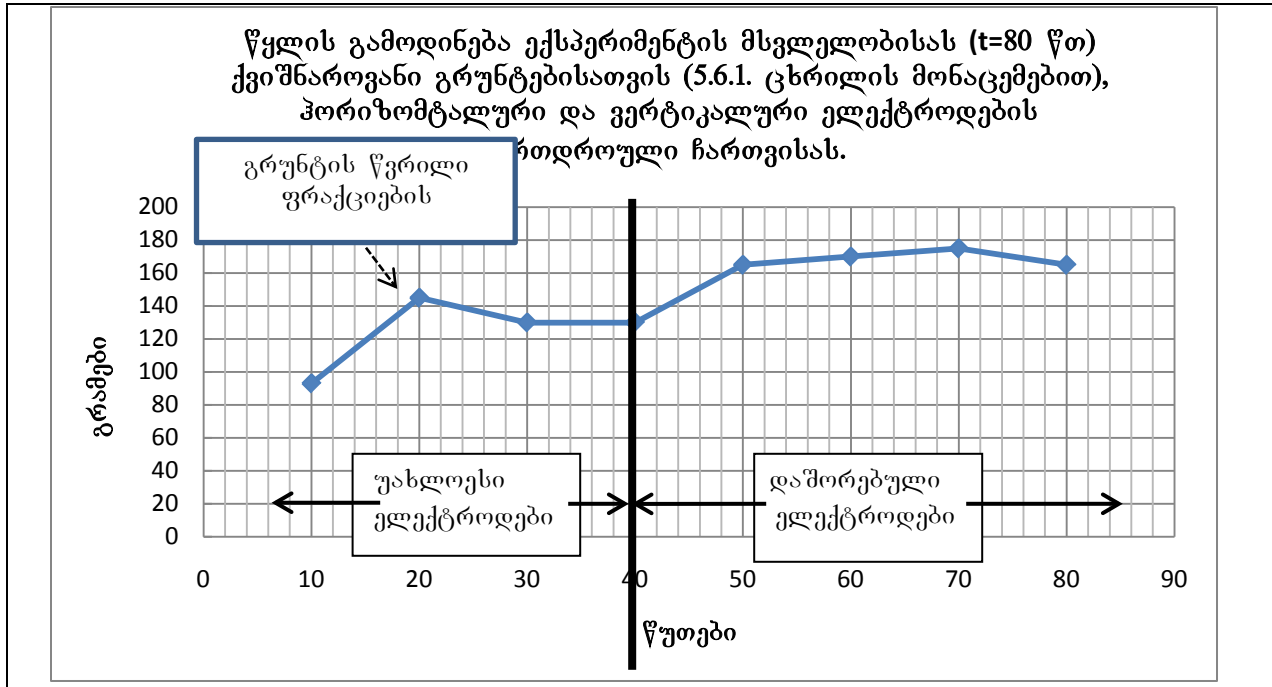
ნახ. 5.23, 5.4.1, 5.5.1. ცხრილის მონაცემებით

ნახაზებზე 5.23 და 5.24 ასახულია წყლის გამოდინების გრაფიკები ეტაპების მიხედვით ქვიშოვანი და ქვიშნაროვანი გრუნტებისათვის 5.1. და 5.2 ცხრილების (ურთიერთშედარებისათვის) და 5.4.1. და 5.5.1. ცხრილების გრაფიკებიდან, ჩანს,

რომ დენის გადართვისას უახლოესი ელექტროდებიდან უშორესზე, ადგილი აქვს ერთნაირ სურათს – წყლის გამოდინების ინტენსიურობის ამალეობას, შემდეგ – მის ვარდნას და გარკვეულ სტაბილიზაციას. შეიძლება რეკომენდაცია, რომ გრუნტების გამოშრობის მიზნით ელ. ოსმოსის გამოყენებისას ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილების დახმარებით დაინიშნოს ელექტროდებიდან სადრენაჟე ჭაბურღილამდე ოპტიმალური მანძილი თითოეული კონკრეტული გრუნტისათვის. 5.6.1. და 5.6.2. ცხრილებში არის ექსპერიმენტების მონაცემები გამონადენი წყლის განსასაზღვრავად ელ. დენთან როგორც ჰორიზონტალური, ასევე ვერტიკალური ელექტროდების მიერთებისას. ამასთან მეორე სერიაში მიერთებული იყო უახლოესი ელექტროდები, ხოლო მესამე სერიაში – მოშორებული.



ნახ. 5.24. 5.1., 5.2.. ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.25., 5.6.1 ცხრილის მონაცემებით

სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილება ქვიშნაროვან გრუნტში, წყლის გამოდინების ხანგრძლივობაზე, მოდებული დენის ძალაზე და ძაბვაზე დამოკიდებულებით, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ელექტროდების შემთხვევაში.

ცხრილი 5.6.1

მიერთებული ელ. დენის მახასიათებლები	ექსპერიმენტის მსვლელობისას (80 წთ) თითოეულ ეტაპზე, სერიების მიხედვით, გამონადენი წყლის რაოდენობა (გრამებში)		
	I ეტაპი, 10 წთ	II ეტაპი, 10 წთ	III ეტაპი, 10 წთ
პირველი სერია $I=0$ ამპ, $V=0$ ვოლტი (0-10 წთ)	93	-	-
მეორე სერია $I=2,2$ ამპ, $V=25$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 11-40 წთ)	145 (იყო წვრილი ნაწილაკების გამოტანის თანხლება)	130 ( $I=2,5$ ამპ)	130
მესამე სერია $I=2,0$ ამპ, $V=26$ ვოლტი (გაგრძელება მეორეს შემდეგ 41-70 წთ)	165	170	175
მეოთხე სერია			



<i>I=2,0 აბჰ, V=26 ცოლტი</i> (გაგრძელება მესამეს შემდეგ 71-80 წთ)	<b>165</b>	-	-
---	------------	---	---

შენიშვნა:

- სადრენაჟე მილიდან თითოეულ ეტაჰზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა უკან, საკვლევ მოდელში.
- ექსპერიმენტი ჩატარდა სერიებს შორის პაუზების გარეშე.
- ელ. დენის მახასიათებლები დგინდებოდა თითოეული სერიის დაწყებისას და არ კორექტირდებოდა ეტაჰების მიხედვით მთელი სერიის განმავლობაში.
- მეორე სერიაში ელ. დენთან მიერთებული იყო სადრენაჟე მილთან განთავსებული უახლოესი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ელექტროდები, ხოლო III სერიაში – უშორესი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ელექტროდები.

ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას, II სერიის I ეტაჰზე, დაფიქსირდა, წყლის ნაკადთან ერთად, გრუნტული მასის წვრილი ფრაქციების გამოტანა, რაც მოწმობს სადრენაჟე მილთან წყლის ნაკადის მნიშვნელოვან ინტენსიფიკაციას შიგა ნაკადში, ელ. დენთან სადრენაჟე მილის გარშემო არსებული ყველა ელექტროდის მიერთებისას, აგრეთვე სადრენაჟე მილის გარშემო ზონაში გრუნტის მასის შემჭიდროვებას. მიღებული შედეგების გრაფიკული ინტერპრეტაცია წარმოდგენილია 5.24 ნახაზზე.

სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის ინტენსიურობის ამაღლება მოშორებული ელექტროდების მიერთებისას, ხოლო შემდეგ მისი სტაბილიზაცია და ჩაქრობა (დადაბლება) როგორც ჩანს, დაკავშირებულია ქვიშნაროვან

გრუნტებში სადრენაჟე მილიდან დაშორებულ ზონებშიც გრუნტის გამოშრობასა და შემდგომ შემჭიდროვებასთან. როგორც ჩანს, ასეთივე სურათი იქნება დადებითი პოლუსის მიერთებისას გამოშრობის ზონის ფარგლებში დაყენებულ ნებისმიერ ელექტროდზე, რაც გამოიწვევს სადრენაჟე მილიდან წყლის ნაკადის მნიშვნელოვან ინტენსიფიკაციას და გრუნტის ელექტროსმოსით “დასამუშავებელი” ზონის გამოშრობის დაჩქარებას.

ცხრილი 5.6.2.

ექსპერიმენტის წყლის ხარჯი (წხ) ეტაპებისა და სერიების მიხედვით

ცხრილის №	სერია	სერიაში წყლის ხარჯის თანაფარდობა ეტაპების მიხედვით (1:2 და 1:3)		მომდევნო სერიის I ეტაპის წყლის ხარჯის შეფარდება წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3		4	5
ცხრ. 5.6.1. მონაცემებით		(სერიის ფარგლებში)		-	ვიღებთ წხ I.1 = I.3
	I	-	-		
	II	1,12	1,12	II.1 : I.1 = 1.56	
	III	0,97	0,94	III.1 : II.3 = 1.27	
	IV	-	-	IV.1 : III.3 = 0.94	

ქვიშნაროვან გრუნტში სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილების განსაზღვრა წყლის გამოდინების დროზე, დენის ძალაზე და ზაზვაზე დამოკიდებულებით, ელ. დენტან უახლოესი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ელექტროდების მიერთებისას.

ცხრილი 5.7.1.

მიერთებული ელ. დენის მახასიათებლები	გამონადენი წყლის რაოდენობა (გრამებში) თითოეულ ეტაპზე, სერიების მიხედვით, ექსპერიმენტის დრო – 70 წთ.		
	I ეტაპი, 10 წთ	II ეტაპი, 10 წთ	III ეტაპი, 10 წთ

პირველი სერია $I=0$ აძმ, $V=0$ ვოლტი (0-30 წთ)	110	90	92
მეორე სერია $I=1,5$ აძმ, $V=22$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 31-60 წთ)	160	130 (გრუნტის წვრილი ფრაქციების გამოტანით)	72
მესამე სერია $I=1,7$ აძმ, $V=25$ ვოლტი (გაგრძელება მეორეს შემდეგ 61-70 წთ)	80	–	–

შენიშვნა:

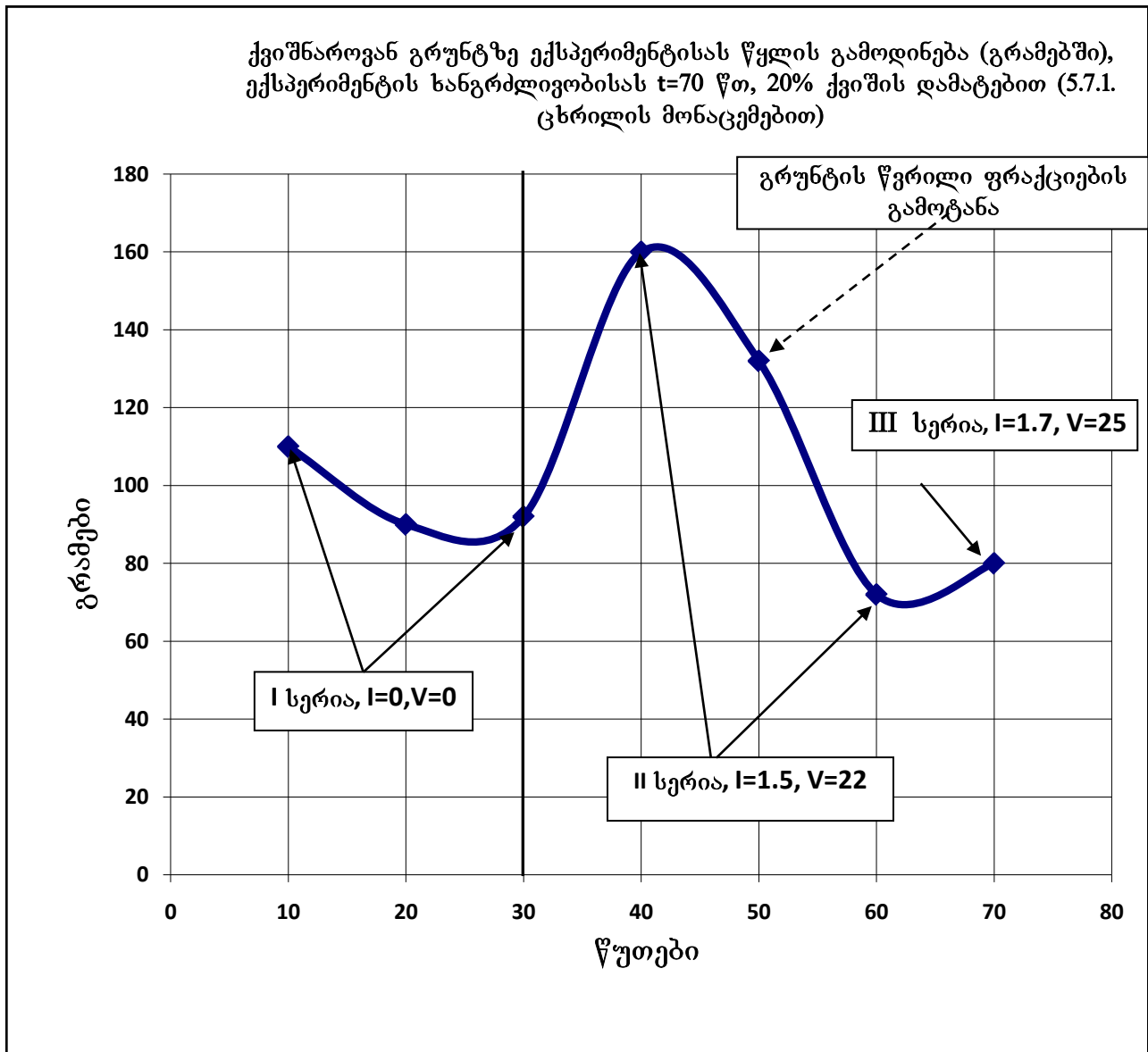
1. გრუნტში დამატებულია ქვიშა -20%.
2. სადრენაჟე მილიდან ყველა ეტაპზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა უკან, საკვლევ მოდელში.
3. ექსპერიმენტი ჩატარდა უწყვეტად, სერიებს შორის პაუზების გარეშე.
4. ელ. დენის მახასიათებლები დგინდებოდა თითოეული სერიის დაწყებისას და არ კორექტირდებოდა ეტაპების მიხედვით მთელი სერიის განმავლობაში.

ექსპერიმენტში წყლის ხარჯის თანაფარდობა ეტაპებისა და სერიების მიხედვით

ცხრილი 5.7.2.

ცხრილის №	სერია	სერიაში წყლის ხარჯის თანაფარდობა ეტაპების მიხედვით (1:2 და 1:3)	მომდევნო სერიის I ეტაპის წყლის ხარჯის შეფარდება წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3	4	5
ცხრ. 5.7.1. მონაცემე	I	(სერიის ფარგლებში)		
		1.22	1.20	

	II	1.23	2.22	$II.1 : I.3 = 1.74$	
	III	-	-	$III.1 : II.3 = 1.11$	



ნახ. 5.26, 5.7.1 ცხრილის მონაცემებით

5.7.1. ცხრილში მოტანილია მონაცემები ქვიშნაროვანი გრუნტების გამოკვლევის თაობაზე 20% ქვიშის დანამატით. ელ. დენტან მიერთებული იყო სადრენაჟე მილი (“მინუსი”) და მასთან უახლოესი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ელექტროდები (“პლუსი”).

5.7.1. და 5.7.2. ცხრილებში მოტანილი მონაცემების, აგრეთვე 5.26 ნახაზზე ნაჩვენები გრაფიკით (რომელიც აგებულია 5.7.2 ცხრილის მონაცემებით) ჩანს, რომ ამ შემთხვევაშიც ელექტროოსმოსით გრუნტის შრობის დაჩქარების პროცესის ხარისხობრივი სურათი არ იცვლება.

ქვიშნარი გრუნტი, ქვიშის დიდი შემცველობით, უფრო ინტენსიურად შრება ელ. ოსმოსის ზემოქმედებისას პირველ ორ ეტაპზე (20 წთ), შემდეგ – ინტენსიურობა ეცემა.

ამასთან, მეორე ეტაპზე, ელ. ოსმოსის ზემოქმედებისას, შეინიშნება გრუნტის წვრილი ფრაქციების გამოტანა, რაც, როგორც ჩანს, არის გრუნტის ინტენსიური შეკუმშვის და ამის შედეგად, აგრეთვე ელ. ოსმოსის ზემოქმედების შედეგად, წყლის შიგა ნაკადის ამალღების შედეგი.

5.8.1 ცხრილში მოტანილია ქვიშნაროვანი (20% ქვიშის დანამატით) გრუნტების გამოკვლევის მონაცემები. ელ. დენტან უახლოესი ჰორიზონტალური და ქვედა ვერტიკალური ელექტროდის მიერთებისას.

ექსპერიმენტი ჩატარდა ზემოთ აღწერილი ექსპერიმენტის ჩატარებიდან ორი კვირის შემდეგ (5.7.1 ცხრილის მონაცემებით) იმ მდგომარეობაში მყოფ გრუნტზე, რომელიც მას ჰქონდა ადრე ჩატარებული ექსპერიმენტის შემდეგ.

ელ. ოსმოსის ჩართვისთანავე (იხ. ცხრ. 5.8.1, მეორე სერია, I და II ეტაპები) წყლის ინტენსიურ გამოდინებას (I სერიის I ეტაპის მიმართ) მოყვა გრუნტის წვრილი ფრაქციების გამოტანა. მესამე სერიაში “პლუსი” მიერთებული იყო სადრენაჟე მილზე, ხოლო “მინუსი” – ელექტროდებზე. გრუნტის ნაწილაკების გამოტანა შეწყდა, ხოლო წყლის გამოდინება შემცირდა თითქმის ორჯერ,

როგორც ჩანს, სადრენაჟე მილიდან ელექტროდებისაკენ წყლის “უკუნაკადის” გამო სადრენაჟე მილის ქვედა და გვერდით ზონებში. ძირითადი, სადრენაჟე, მილიდან გამომავალი წყლის ნაკადი, როგორც ჩანს, წარმოიქმნებოდა ზემოდან, გრავიტაციული ჰიდროსტატიკური წნევის გამო ჩამომავალი წყლისაგან.

ცხრილი 5.8.1.

ქვიშოვან გრუნტზე, სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის რაოდენობის (გრამი) ცვლილების განსაზღვრა წყლის გამოდინების დროზე, დენის ძალასა და ძაბვებზე დამოკიდებულებით, ელ. დენთან სადრენაჟე მილთან უახლოესი ჰორიზონტალური და ქვედა ვერტიკალური ელექტროდების მიერთებისას.

მიერთებული ელ. დენის მახასიათებლები	გამონადენი წყლის რაოდენობა (გრ) თითოეულ ეტაპზე, სერიების მიხედვით. ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა – t=130 წთ	
	<i>I ეტაპი, 10 წთ</i>	<i>II ეტაპი, 10 წთ</i>
პირველი სერია <i>I=0 ამპ, V=0 ვოლტი</i> (0-10 წთ)	43	–
მეორე სერია: “მინუსი” სადრენაჟო მილზე <i>I=1,45 ამპ, V=24 ვოლტი</i> (გაგრძელება პირველის შემდეგ 11-30 წთ)	103 (აღინიშნებოდა გრუნტის წვრილი ფრაქციების თანხლება)	45 (აღინიშნებოდა გრუნტის წვრილი ფრაქციების თანხლება)
მესამე სერია: “პლუსი” სადრენაჟე მილზე <i>I=1,45 ამპ, V=24 ვოლტი</i> (გაგრძელება მეორეს შემდეგ 31-40 წთ)	26	–
მეოთხე სერია: “მინუსი” სადრენაჟე მილზე <i>I=1,45 ამპ, V=24 ვოლტი</i> (გაგრძელება პირველის შემდეგ 41-130 წთ)	40	370 ( <i>II ეტაპი გრძელდებოდა 90 წთ</i> )

შენიშვნა: 1. გრუნტში დამატებული იყო 20% ქვიშა (იხ. ცხრ. 5.7, იგივე გრუნტი).

2. თითოეულ ეტაპზე სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა უკან, საკვლევ მოდელში.

3. ექსპერიმენტი ჩატარდა უწყვეტად, სერიებს შორის პაუზების გარეშე.

4. მეორე სერიის დასაწყისში დადგენილი ელ. დენის მახასიათებლები ექსპერიმენტის ბოლომდე არ კორექტირდება, მხოლოდ III და IV სერიებში გადაადგილებულ იქნენ პოლუსები სადრენაჟე მილზე და ელექტროდებზე.

**ექსპერიმენტში წყლის ხარჯის (წხ) თანაფარდობა ეტაპების და სერიების მიხედვით**

ცხრილი 5.8.2

ცხრილი	სერია	წყლის ხარჯის თანაფარდობა I:II სერიის ეტაპებს შორის	მომდევნო სერიის I ეტაპის წყლის ხარჯის შეფარდება წინა სერიის III ეტაპთან	
1	2	3	4	5
5.8.1 ცხრილის მონაცემებით	I	(II ეტაპის სერიების ფარგლებში)		1. ვიღებთ წხ ეტაპებში: I სერია $I.2 = I.1$ და III სერია $III.1 = III.2$ ; 2. ვიღებთ II ეტაპს წხ საშუალოდ: $370/9 = 41$ გრამი; 3. III ეტაპზე "პლუსი" სადრენაჟე მილზე;
	II	2,29	$II.1 : I.1 = 2.4$	
	III	-	$III.1 : II.2 = 0.58$	

	IV	1,0	IV.1 : III.1 = 1.54	4. IV ეტაპზე "მინუსი" სადრენაჟე მილზე.
--	----	-----	---------------------	--

დენგამტარი სადენების კლემების გადაადგილების შემდეგ კვლავ: "მინუსი" – სადრენაჟე მილზე, "პლუსი" – ელექტროდებზე, წყლის გამოდინების ინტენსიურობა აღდგა I სერიის I ეტაპამდე – ელ. ოსმოსის ჩართვის გარეშე, II სერიის II ეტაპზე და მეოთხე სერიის ყველა ეტაპზე. წარმოქმნილი პროცესის სურათი წარმოდგენილია ნახ. 5.26-ზე გრაფიკით. ექსპერიმენტის შედეგი მეტყველებს იმაზე, რომ თიხოვან გრუნტებში აუცილებელია სადრენაჟე მილის მიმართ ელექტროდების დაშორების მანძილების და განთავსების სწორი შერჩევა ელ. ოსმოსის გამოყენებისას, წინააღმდეგ შემთხვევაში სადრენაჟე მილის ზონაში გრუნტის სწრაფი შემჭიდროვება ნოლამდე დაიყვანს ელ. ოსმოსის მთელს ეფექტს (იხ. 5.8.1 ცხრილი). საერთო შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება V თავის დასკვნების გამოტანა:

1. დადგენილია ქვაბულებისა და ტრანშეების ბუნებრივი კალთების და ფერდობის გრუნტების გამოშრობისას, ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროოსმოსის გამოყენების პრინციპული შესაძლებლობა;

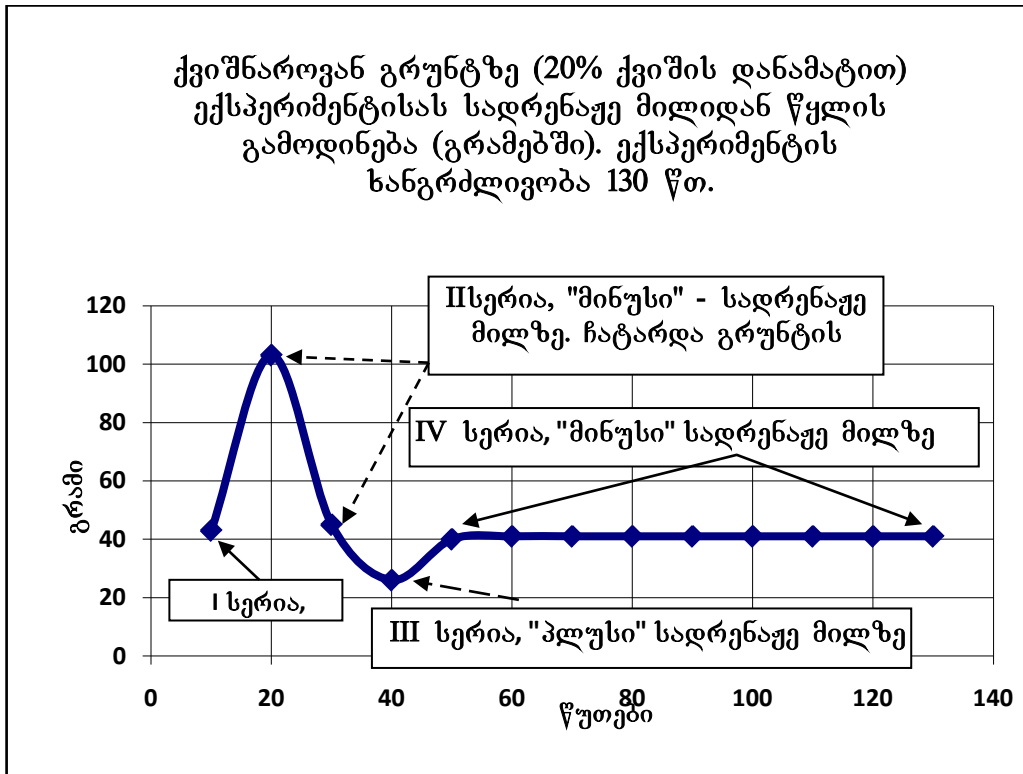
2. ელექტროოსმოსის ზემოქმედებით გრუნტის შემჭიდროვება ხელს შეუწყობს კალთებისა და ფერდობის კედლების გამაგრებას, მათი მდგრადობის ამაღლებას;

3. გამოსაშრობ გრუნტებზე ელ. ოსმოსის ზემოქმედებით სადრენაჟე მილიდან წყლის გამოდინების ამაღლებამ, ექსპერიმენტის მონაცემების მიხედვით შეადგინა 50-60% – ქვიშოვან გრუნტებისათვის და 70–140%-მდე – ქვიშნაროვანი გრუნტებისათვის;

4. ფერდობისა და კალთების გრუნტების გამოშრობისა და შემკვრივებისათვის ელექტროოსმოსის ჰორიზონტალური სადრენაჟე ქაბურღილების გამოყენებისას საჭიროა, ცდების გზით, კონკრეტული



გრუნტებისათვის, სადრენაჟე მილის მიმართ ელექტროდების ყველაზე უფრო მისაღები მანძილებისა და განთავსების დადგენა.



ნახ. 5.27. 5.8.1 ცხრილის მონაცემებით

## თავი 6

### ამოსაღები გრუნტული ანკერების არსებული ტიპების გაუმჯობესების შესაძლებლობები გოგირდბეტონის გამოყენებით

#### 6.1. ამოსაღები გრუნტული ანკერები

ამოსაღები გრუნტული ანკერების გამოყენების აუცილებლობმა წარმოიშვა მათი მოწყობის შემდეგ დიდი რაოდენობით ლითონის მასალების, ძირითადად ლითონის მჭიმების და სხვა ანკერული მოწყობილობების ერთჯერადი გამოყენების გამო. როგორც წესი გრუნტული ანკერების გამოყენებით, ქვაბულების კედლების ან მეწყერსაწინააღმდეგო გამაგრების კონსტრუქციების მოწყობის შემდეგ გრუნტებში უმოქმედოდ და ყოველგვარი დანიშნულების გარეშე რჩებოდა გრუნტული ანკერების მთლიანი სისტემები. ისინი შემდეგ ძალზე ხშირად ხელს უშლიან მათი მოწყობის ტერიტორიაზე მიწის სამუშაოების წარმოებას. მაგალითად მოყვანილია თბილისში, ნუცუბიძის ქუჩის მიმდებარე ტერიტორიაზე, ახალი მშენებლობის წარმოების მიზნით, ქუჩის უშუალო სიახლოვეში რკინაბეტონის საყრდენი კედლის ამოსაყვანად გრუნტული ანკერების მოწყობის სამუშაოები (ნახ. 6.1-6.3).



Биб.6.1



Биб.6.2

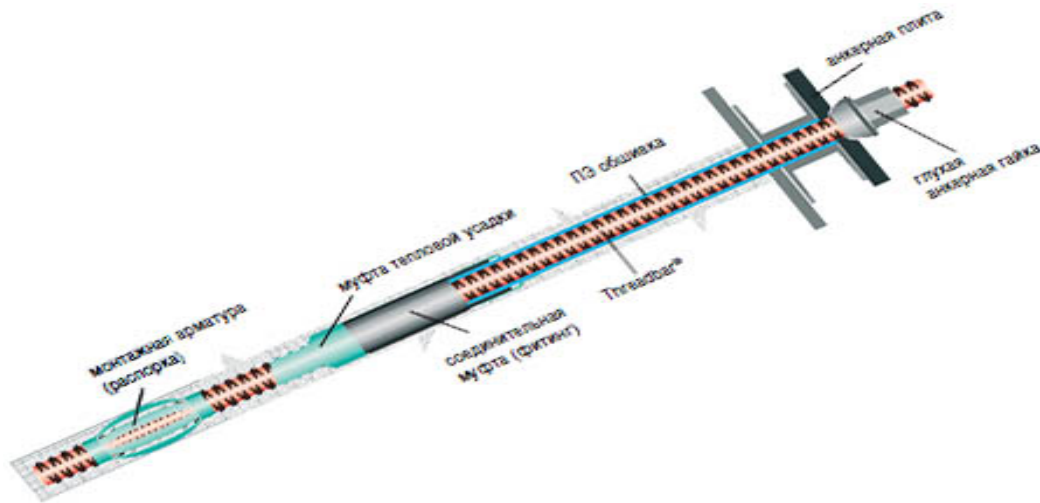


ნახ.6.3

აღნიშნული ანკერები ეწყობოდა 32მმ დიამეტრის მქონე A-III კლასის არმატურისაგან. ამისათვის 1,5მ დაცილებით, საჭირო დახრის კუთხით იბურებოდა 10სმ დიამეტრის მქონე ჭაბურღილები 15,5-16,0 მ სიღრმეზე. ამის შემდეგ ხდებოდა გაკეთებულ ნაბურღებში არმატურის ღეროების ცემენტიზაციის მეთოდით ჩამაგრება. აღნიშნული მაგალითიდან კარგად ჩანს, რომ საყრდენი კედლის მოწყობის სამუშაოების დასრულების შემდეგ ნუცუბიძის ქუჩის ქვეშ დიდი რაოდენობით დარჩება ანკერების მჭიმებად გამოყენებული არმატურა, ხოლო ცემენტაციის შედეგად იქ არსებული გრუნტიც საკმაოდ იქნება გამკვრივებული. მომავალში, ქუჩაზე კომუნიკაციების გასყვანის საჭიროების შემთხვევაში ან სხვა ტიპის სამუშაოების შესასრულების დროს, ყოველივე ეს შეიძლება დაუძლეველ წინააღმდეგობად იქცეს.

მსგავსი გართულებების თავიდან ასაცილების მიზნით, მსოფლიო პრაქტიკაში, სულ უფრო ფართოდ ინერგება ამოსაღები გრუნტული ანკერები. ნახ.6.4-6.5 მოყვანილია ამჟამად გავრცელებული ამოსაღები ანკერების სხვადასხვა

ტიპები, მიუხედავად დიდი პროგრესისა, აღნიშნული მეთოდის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნაკლად უნდა ჩაითვალოს ის, რომ მათ მოსაწყობად საჭიროა მრავალი სახის, საკმაოდ ძვირადღირებული ჩასამაგრებელი მოწყობილობების ქარხნული წესით დამზადება, ხოლო სამუშაოების დასრულების შემდეგ შეუძლებელია გრუნტში ჩამაგრებული ნაწილების ამოღება და მათი ხელმეორედ გამოყენება.



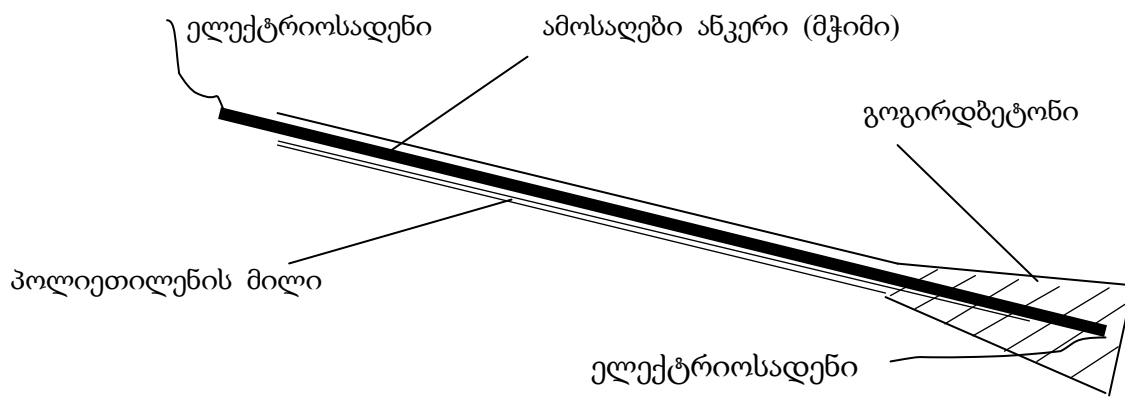
ნახ.6.4. გრუნტული ანკერი “ტიტანი”



► SW-RCD anchor' s detailed part photograph

ნახ. 6.5 კორეული წარმოების ამოსაღები გრუნტული ანკერი

არსებული სისტემების გამარტივებისა და გაუმჯობესების მიზნით, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტზე, პროფ. ვ.ლოლაძის მიერ დამუშავებული იქნა ახალი ტიპის ამოსაღები გრუნტული ანკერი, რომელზეც გაცემულია პატენტი. ასეთი ანკერების მოწყობა ხდება უშუალოდ სამშენებლო მოედანზე, საანკერე მჭიმების ბოლოების გრუნტში გოგირდბეტონით ჩამაგრებით. გოგირდბეტონი საშუალებას იძლევა მისი ელექტროგახურების შემდეგ დამდნარი მასიდან ადვილად იქნას ამოღებული საანკერე მჭიმი. საინტერესოა, რომ ელექტროგახურებისათვის თვით საანკერე მჭიმები გამოიყენება. ანკერის სქემატური გამოსახულება მოყვანილია ნახ.6.6-ზე.



ნახ. 6.6 გოგირდბეტონით ჩამაგრებული ანკერული სისტემის სქემა

## 6.2. გოგირდბეტონის გამოყენება გრუნტული ანკერების ჩასამაგრებლად

გოგირდის გამოყენება მშენებლობაში მასტიკისა და ხსნარის სახით მრავლი საუკუნის წინ ხდებოდა. შემდგომში მან გოგირდბეტონის სახელწოდება მიიღო და როგორც წესი გამდნარი სახით გამოიყენებოდა. გოგირდბეტონის დასამზადებლად სარგებლობენ სხვადასხვა მინერალური მასალებით: კვარცის ქვიშა, ქვის მტვერი და სხვა. ამოსაღებ ანკერებში გოგირდბეტონის ჩამაგრების განხორციელების მიზნით პირველ რიგში ჩატარებული იქნა ჩვეულებრივი ბეტონისა და ქვის მტვერის გამოყენებით დამზადებული გოგირდბეტონის

ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების შედარება. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილ 6.1.

ცხრილი 6.1.

ცხრილის მონაცემების ანალიზიდან ირკვევა რომ გოგირდბეტონს უკეთესი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები აქვს ჩვეულებრივ ბეტონთან შედარებით. გარდა ამისა განსაკუთრებით აღსანიშნავია 130-140<sup>0</sup>C ტემპერატურამდე გაცხელებული თხევად მდგომარეობაში მყოფი გოგირდბეტონის ადვილად მოთავსება სასურველ ფორმაში და რაც კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია გაციების შემდეგ საპროექტო სიმტკიცის თითქმის მომენტალურად მიღწევა. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ახალი ტიპის ამოსაღები ანკერის ჩამაგრების

<b>გოგირდიანი და ცემენტის ბეტონების შედარების მახასიათებლები</b>		
მაჩვენებელი	გოგირდბეტონი	ცემენტბეტონი
სიმტკიცე კუმშვისას, მპა	58	36
სიმტკიცე ღუნვისას, მპა	8,9	4,2
დრეკადობის მოდული, მპა	4,0X10 <sup>4</sup>	3,0X10 <sup>4</sup>
ხაზოვანი ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი <sup>0</sup> C	8,5X 10 <sup>-6</sup>	8,5X 10 <sup>-6</sup>
სიმკვრივე, კგ/მ <sup>3</sup>	2380	2370
მჭიდა მასალის ხარჯი, კგ/მ <sup>3</sup>	280	360

უზრუნველსაყოფად გოგირდბეტონის სიმტკიცითი მახასიათებლის დადგენის გარდა აუცილებელი იყო საანკეროდ გამოყენებული არმატურის გოგირდბეტონთან შეჭიდულების საკითხის შესწავლა. ამ მიზნით გოგირდბეტონში და ჩვეულებრივ ბეტონში ჩამაგრებული იქნა 20მმ დიამეტრის მქონე არმატურის ღეროები. ჩვეულებრივ ბეტონებში მათი ჩამაგრება ხორციელდებოდა დაბეტონების პროცესში, ხოლო გოგირდბეტონში ჩამაგრებისათვის გამოყენებული იქნა იგივე სახის ბეტონის ნიმუშებში

დარჩენილი სიდრუეები, რომლებიც შესაბამის ტემპერატურამდე გაცხელებული გოგირდბეტონის მასის ჩასხმასთან ერთად ხორციელდებოდა. ნიმუშების დამზადების პროცესი ასახულია ნახ. 6.7-ზე



**ნახ.6.7. გოგირდბეტონიანი ნიმუშების დამზადება**

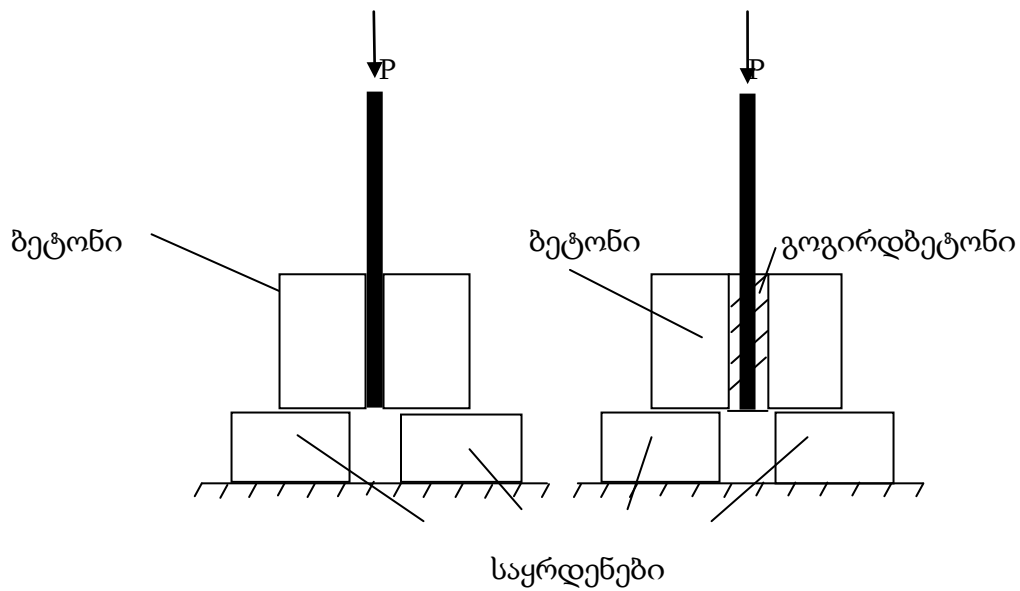
გოგირდბეტონის და ჩვეულებრივი ბეტონის არმატურასთან შეჭიდულობის შედარებითი მახასიათებლების დადგენისათვის გამოყენებული იქნა, პრესის ზეწოლის დროს არმატურის ჩაჭყლეტის მეთოდი.





ნახ. 6.8 გამოსაცდელი ნიმუშები

არმატურის და ბეტონის შეჭიდულების გამოცდის სქემატური გამოსახულება მოყვანილია ნახ.6.9-ზე



ნახ. 6.9 არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის ჩაჭყლევით გამოცდის სქემა



ნახ. 6.10 არმატურის ბეტონთან შეჭიდულების გამოცდა



ნახ. 6.11 გამოცდილი ნიმუში



ნახ.6.12 გამოცდილი გოგირდბეტონიანი ნიმუშები

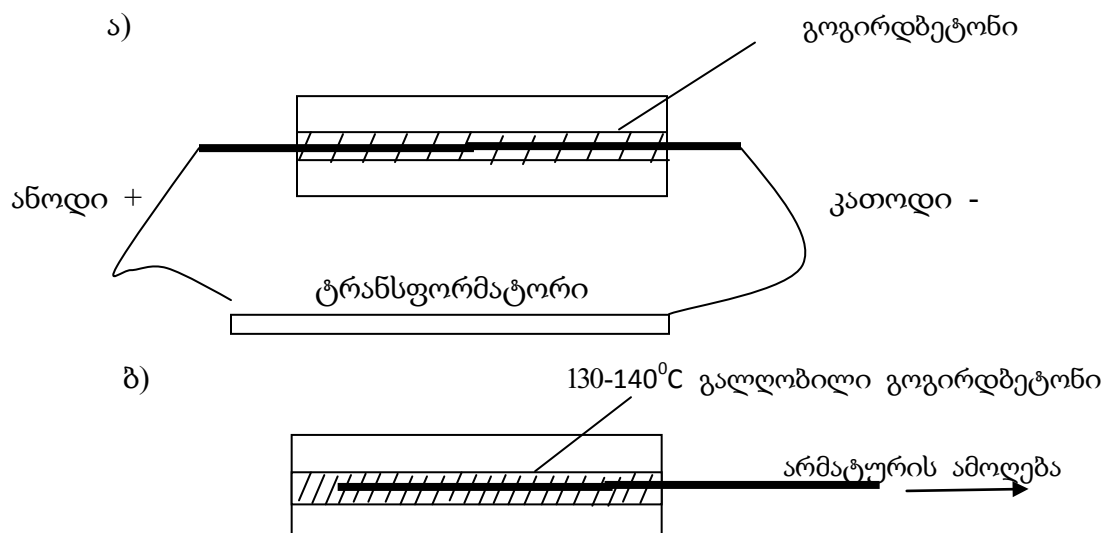
ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად გაირკვა, რომ არმატურის შეჭიდულება გოგირდბეტონის და ჩვეულებრივი ბეტონის ნიმუშებში თითქმის ერთნაირია და ეს მაშინ, როდესაც ბეტონის ნიმუშებისაგან განსხვავებით გოგირდბეტონის შეჭიდულება ფაქტიურად განისაზღვრებოდა, როგორც ჩვეულებრივ ბეტონთან ასევე არმატურასთან. ცხრილ 6.2-ში მოყვანილია გამოცდის შედეგები.

ცხრილი 6.2

გოგირდბეტონის და ჩვეულებრივი ბეტონის არმატურასთან შეჭიდულობის მრღვევი ძალების განსაზღვრა
---

ნიმუშის	1	2	3	4	5	6
	ბეტონი	ბეტონი	ბეტონი	გოგირდ- ბეტონი	გოგირდ- ბეტონი	გოგირდ- ბეტონი
მრღვევი ძალა კგნ	43	46	44	42	47	45

ესპერიმენტალურად განსაზღვრა ასევე არმატურის ელექტროგახურების შედეგად გოგირდბეტონის შრის დადნობით არმატურის ამოღების შესაძლებლობა.. ამისათვის პრიზმულ ნიმუშებში ზემოთაღწერილი წესით მოხდა გოგირდბეტონის საშუალებით არმატურის ღეროების ჩამაგრება, იმ განსხვავებით, რომ ღეროს ორივე მხარეს იყო შესაძლებელი ელექტროსადენების მიყვანა და ელექტროწრედის შეკვრა დენის დამადაბლებელი ტრანსფორმატორის გამოყენებით. შერჩეული სქემით (ნახ.13) ძალზე მარტივად განხორციელდა არმატურის ღეროს გახურება, რომელმაც უკვე 130-140°C ტემპერატურაზე დაიწყო გოგირდბეტონის გაღობა.



ნახ.6.13. გოგირდბეტონით ჩამაგრებული არმატურის ღეროს ელექტროგახურება (ა) და მისი ამოღება (ბ)

გოგირდბეტონით ჩამაგრებული არმატურის ღეროს გაცხელებით, სულ მცირე დროში მოხდა გოგირდბეტონის შრის თხევად მდგომარეობაში გადასვლა და ჩამაგრების ზონიდან არმატურის ღეროს ამოღება. მიღებული შედეგების გაანალიზების შედეგად შეიძლება დანამდვილებით ითქვას, რომ ამოსაღები გრუნტული ანკერების მოწყობისას ეფექტურია გოგირდბეტონის გამოყენება, რომელიც სიმტკიცითი მახასიათებლებით არ ჩამოუვარდება ბეტონს, ხოლო გაცხელებისას ადვილად დნება გოგირდის დნობის კარგი უნარის გამო.

---

## თავი 7

### მეწყერდამცავი სისტემების არსებული (ტრადიციული) და შემოთავაზებული კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება.

#### 7.1. ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების მეთოდიკა.

მეწყერდამცავი სისტემების არსებული (ტრადიციული) და შემოთავაზებული კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური გადაწყვეტები ერთმანეთთან შედარებულია ტექნოლოგიურობის შემდეგ ძირითადი კრიტერიუმების მიხედვით: 1.მასალატევადობა; 2.შრომატევადობა; 3.მასალების ღირებულება; 4.ხელფასი და 5.საერთო ღირებულება.

ერთმანეთთან შედარებულია შემდეგი ვარიანტები:

#### I. არსებული (ტრადიციული სისტემები):

1. ბეტონის მასიური ვერტიკალური საყრდენი კედელი;
2. ბეტონის მასიური დახრილი საყრდენი კედელი;
3. მონოლითური რკინაბეტონის უანკერო საყრდენი კედელი;
4. მონოლითური რკინაბეტონის გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედელი.

#### II. შემოთავაზებული სისტემები:

1. მონოლითური რკინაბეტონის ლენტური გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედელი;
2. მონოლითური რკინაბეტონის სვეტებიანი გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედელი.

შესადარებელ ვარიანტებში გაანგარიშებები შესრულებულია B 20 კლასის ბეტონისა და A–III კლასის არმატურისათვის.

საყრდენ კედელზე გრუნტის დაწნევის განსაზღვრისას განხილულია მისი ყველაზე უფრო ფართედ გავრცელებული 4 ტიპი: მშრალი ქვიშნარი (ქვიშა); წყალნაჯერი ქვიშნარი (ქვიშა); მშრალი თიხნარი (თიხა) და წყალნაჯერი თიხნარი (თიხა). კედლებზე გრუნტის დაწნევის (E) შესაბამისი მნიშვნელობების განსაზღვრის შედეგად, კედლების კონსტრუქციული გაანგარიშებები შესრულებულია მათგან შედარებით უფრო მარტივი (მშრალი ქვიშნარი) და დამაბული (წყალნაჯერი თიხნარი) შემთხვევებისათვის.

რადგანაც ერთ-ერთ შესადარებელ ვარიანტში განხილული გვაქვს შემოთავაზებული სვეტებიანი საყრდენი კედელი სვეტების ბიჯით 3 მ, ამიტომ ვარიანტების შედარება შესრულებულია არა საყრდენი კედლების 1 გრძივი მეტრისთვის (როგორც მიღებულია ტრადიციულად), არამედ 10 გრძივი მეტრისათვის. ამიტომ გაანგარიშებისას მასალების ხარჯი 1 სვეტზე გამრავლებულია 3,3-ზე.

შემოთავაზებული სვეტებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშებისას, როგორც ვარიანტი, მიღებულია B 30 კლასის ბეტონიც.

რადგან წყლის სადრენაჟე მილებს ითვალისწინებენ როგორც ტრადიციული, ასევე შემოთავაზებული მეწყერდამცავი სისტემები, ამიტომ ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებისას მათი მოწყობა გათვალისწინებული არ არის.

ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებისას, საყრდენი კედლების კონსტრუქციული გადაწყვეტის და გრუნტული პირობების გათვალისწინებით, მიღებული გვაქვს მათი შემდეგნაირი მარკირება (ცხრ. 7.1).

მასალების ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძ. მეტრზე გრუნტული ანკერების მოწყობაზე მოცემულია ცხრილში 7.2.

მასალების საერთო ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძ. მეტრზე შესადარებელი ვარიანტებისათვის მოცემულია ცხრილში 6.3.

ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ურთიერთშედარება მოცემულია ცხრილში 7.4.

**ცხრილი 7.1. საყრდენი კედლების მარკირება**

შესადარებელი კონსტრუქციები		საყრდენი კედლის სახე	საყრდენი კედლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა	გრუნტის სახეობა	საყრდენი კედლის მარკა	
ტრადიციული, ბეტონის კლასი B 20	მასიური, ბეტონის	ენტური	ვერტ.	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 1	
			ვერტ.	წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 2	
		დახრ.	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 3		
		დახრ.	წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 4		
	მონოლითური რკინაბეტონის	ენტური	ანკერო	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 5	
			ანკერო	წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 6	
		ენტური	ანკერებით 1 იარუსად	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 7	
			ანკერებით 1 იარუსად	წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 8	
	ბეტონის კლასი B 20	მონ. რკინაბეტონის, 2-იარუსიანი	ენტური	სვეტების გარეშე	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 9
				სვეტების გარეშე	წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 10



				შვეტბიანი	მშრალი ქვიშნარი	სკ – 11
				შვეტბიანი	წყალნაჯერი თიხნარი	სკ – 12
	ბეტონის კლასი B 30	მონ. რკინაბეტონის, 2-იარუსიანი ანკერებით	ლენტური	შვეტბიანი	მშრალი ქვიშნარი	სკ – 13
					წყალნაჯერი თიხნარი	სკ – 14

ცხრილი 7.2 მასალის ხარჯი ანკერების მოწყობაზე კედლების 10 გრძივი მ-თვის

საყრდენი კედლის მარკა	ანკერის მარკა	ანკერების რაოდენობა კედლის 10 გრ.მ	მასალების ხარჯი 1 ანკერზე		მასალების საერთო ხარჯი	
			არმატურა A-III, კგ	ცემენტ დუღაბი	არმატურა A-III, კგ	ცემენტ დუღაბი
სკ – 1			ანკერები არ ეწყობა			
სკ – 2						
სკ – 3						
სკ – 4						
სკ – 5						
სკ – 6						
სკ – 7	ა – 1	10	13,0	0,21	130	2,1
	ა – 1'	10	7,4	0,21	74,0	2,1
	ჯამი				204,0	4,2
სკ – 8	ა – 2	10	32,3	0,47	323,0	4,7
	ა – 2'	10	15,4	0,47	154,0	4,7
	ჯამი				477,0	9,4
სკ – 9	ა – 3	10	13,0	0,27	130,0	2,7
	ა – 3'	10	7,4	0,27	74,0	2,7
	ჯამი				204,0	5,4
სკ – 10	ა – 4	10	43,0	0,7	430,0	7,0
	ა – 4'	10	21,7	0,7	217,0	7,0
	ჯამი				647,0	14,0
სკ – 11	ა – 5	3,3	44,2	0,4	145,9	1,3
	ა – 5'	3,3	26,5	0,4	87,5	1,3

				ჯამი	233,4	2,6
სკ - 12	ა - 6	3,3	102,6	1,45	338,6	4,8
	ა - 6'	3,3	59,2	1,45	195,4	4,8
				ჯამი	534,0	9,6
სკ - 13	ა - 5	3,3	44,2	0,4	145,9	1,3
	ა - 5'	3,3	26,5	0,4	87,5	1,3
				ჯამი	233,4	2,6
სკ - 14	ა - 6	3,3	102,6	1,45	338,6	4,8
	ა - 6'	3,3	59,2	1,45	195,4	4,8
				ჯამი	534,0	9,6

**ცხრილი 7.3.**

**მასალების საერთო ხარჯი 10 გრძივი მეტრისათვის შესადარებელ საყრდენი კედლების ვარიანტებისათვის.**

შესადარებელი კონსტრუქციები	საყრდენი კედლის სახე	საყრდენი კედლის	გრუნტი	საყრდენი კედლის მარკა	ბეტონის კლასი	მასალების ხარჯი კედლის 10 გრძ.მ						მასალების საერთო ხარჯი			
						არმატურა, კგ			ბეტონი მ <sup>3</sup>	ფოლადის ანკერები AIII, კგ	ანკერებისათვის (მ <sup>3</sup> )	ბეტონი (მ <sup>3</sup> )	დულაბი (მ <sup>3</sup> )	არმატურა (კგ)	
						A-I	A-III	სულ						A-I	A-III
ტრადიციული, ბეტონის კლასი, მასიური, ბეტონის ლენტური, ვერტიკალური	მასიური, ბეტონის ლენტური, ვერტიკალური	მასიური, ბეტონის ლენტური, ვერტიკალური	მშრ. კვიზა	სკ-1	20	-	-	-	229	-	-	229,0	-	-	-
			წყალ. ნაჯ. თიხნ	სკ-2	20	-	-	-	326,7	-	-	326,7	-	-	-

		ლენტური დახრილი	შრ. ქვიშა	სკ-3	20	-	-	-	219,8	-	-	219,8	-	-	-	
			წყალ. ნაჯ. თიხნ	სკ-4	20	-	-	-	314,0	-	-	314,0	-	-	-	
	თხელი, რკინაბეტონის	ლენტური	შრ. ქვიშა	სკ-5	20	141	4927	5068	42,2	-	-	42,2	-	141	4927	
			წყალ. ნაჯ. თიხნ.	სკ-6	20	178	7525	7703	54,8	-	-	54,8	-	178	7525	
			შრ. ქვიშა	სკ-7	20	116	5378	5494	31,8	204,0	4,2	31,8	4,2	116	5582	
			წყალ. ნაჯ. თიხნ	სკ-8	20	134	8161	8295	39,5	477,0	9,4	39,5	9,4	134	8638	
	შემოთავაზებული, ბეტონის კლასი B20	თხელი, რკინაბეტონის, 2-იარუსიანი ანკერებით	ლენტური	შრ. ქვიშნ.	სკ-9	20	76	1920	1996	17,3	204,0	5,4	17,3	5,4	76	2124
				წყალ. ნაჯ. თიხნ	სკ-10	20	166	2464	2630	23,3	647,0	14,0	23,3	14,0	166	3111
შრ. ქვიშნ.				სკ-11	20	321	1844	2165	17,2	233,4	2,6	17,2	2,6	321	2077	
წყალ. ნაჯ. თიხნ				სკ-12	20	363	2535	2898	20,4	534,0	9,6	20,4	9,6	363.	3069	
შემოთ. ბეტის კლასი B30	თხელი, რკინაბეტონის 2-იარუსიანი ანკერებით	ლენტური	შრ. ქვიშნ.	სკ-13	30	355	2047	2402	16,8	233,4	2,6	16,8	2,6	355.	2280	
			წყალ. ნაჯ. თიხნ	სკ-14	30	1038	3524	4562	18	534,0	9,6	18,0	9,6	1038	4058	

## ძირითადი დასკვნები

1. დამუშავებულია კალთებისა და მიწის ნაგებობების ფერდობების მდგრადობის უზრუნველყოფის კომპლექსური ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტები, რომელიც ხასიათდება გრუნტული ანკერების საშუალებით წყლის დრენირებისა და გრუნტის შემაკავებელი დსყრდენი კედლების ერთობლივი მუშაობით;
2. კალთებისა და მიწის ნაგებობების ფერდობების გრუნტების გამოშრობის დაჩქარების მიზნით, ლაბორატორიულ პირობებში დადგენილია ჰორიზონტალური სადრენაჟე სისტემებში ელექტროოსმოსის გამოყენების პრინციპული შესაძლებლობა და მისი ზემოქმედებით გრუნტის შემჭიდროება ხელს შეუწყობს კალთებისა და ფერდობების გამაგრებას, მათი მდგრადობის ამაღლებას;
3. გამოსაშრობ გრუნტებზე ელექტროოსმოსის ზემოქმედებით სადრენაჟე მილიდან წყლის გამოდინების ამაღლებამ ექსპერიმენტის მონაცემების მიხედვით შეადგინა 50-60% - ქვიშოვანი გრუნტებისათვის და 70-140%-მდე ქვიშნაროვანი გრუნტებისათვის;

4. ფერდობის და კალთების გრუნტების გამოშრობისა და შემკვრივებისათვის ელექტროსმოსის გამოყენების დროს ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილებით, საჭიროა საცდელი გამოცდების გზით კონკრეტული გრუნტებისათვის სადრენაჟე მილის მიმართ ელექტროდების ყველაზე უფრო მისაღები მანძილებისა და განთავსების დადგენა;
  
5. ექსპერიმენტალური გზით დადგენილია გრუნტის დროებითი ამოსაღები ანკერების ჩამაგრებისათვის გოგირდბეტონის გამოყენების შესაძლებლობა. იგი საშუალებას იძლევა გოგირდბეტონის გაღობის შედეგად ძალზე მარტივად განხორციელდეს ანკერების გამონთავისუფლება, რაც მეტად მნიშვნელოვანია, როგორც ეკონომიკური, ასევე ეკოლოგიური თვალსაზრისით. ასეთი ტიპის ანკერების დამზადება არ საჭიროებს მათი ქარხნული წესით წარმოებას, არამედ შესაძლებელია უშუალოდ სამშენებლო მოედანზე მათი დამზადება;
  
6. შემოთავაზებულია რკინაბეტონის 1 და 2-იარუსად განთავსებული ანკერებიანი საყრდენი კედელი, რომლის ეკონომიკური ეფექტი სხვადასხვა გრუნტული პირობების გათვალისწინებით ტრადიციული მონოლითური უანკერო რკინაბეტონის საყრდენ კედელთან შედარებით დაახლოებით 40% შეადგენს. აღნიშნული ეკონომიკური ეფექტი გამოვლინდა ტექნოლოგიურობის ყველა ძირითად მაჩვენებელში: მასალატევადობა, შრომატევადობა, თვითღირებულება.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ინტერნეტსაიტების მონაცემები
2. Л.Е. Линович. Расчет и конструирование частей гражданских зданий, «Будивельник», Киев, 1972
3. Справочник расчет проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Под общей редакцией проф. Е.А. Сорочана. М., Стройиздат, 1985.
4. СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства, Госстрой СССР, М., 1988
5. А.Б. Голышев, В. Я. Бачинский и др. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие. Киев, «Будивельник», 1985.
6. СНиП 2.02.01-83. Основания и фундаменты, 1982
7. СНиП 2.82. Правила разработки и применения элементарных сметных норм на строительные конструкции и работы, М. 1984
8. შშენებლობის შემთავსებელთა კავშირი. სამშენებლო რესურსების გაფასებები, თბილისი 2011.
9. В.Д. Браславский, Ю.М. Львович, Л.В. Грицюк и др. Противооползневые конструкции на автомобильных дорогах. М.. изд. “Транспорт”, 1985
10. Н.А. Алексеев. Определение экономической эффективности противооползневой защиты дорог. – Автомобильные дороги, 1979, № 9, с. 27-28.
11. А.И. Билеуш. Порядок применения и расчет дренажных и удерживающих противооползневых сооружений. Научно–исследовательский

конструкторско-технологический институт городского хозяйства. – Киев, 1978

12. А.М. Билеуш. К определению усилий в стенке из свай при закреплении движущихся оползней.- В кн.: Наука и техника в городском хозяйстве .- Киев: Будивельник. 1970
13. В.Д. Браславский. Определение устойчивости оползневых склонов. - Автомобильные дороги, 1975, № 4
14. Л.К. Гинзбург. Противооползневые удерживающие конструкции. – М.: СИ, 1979
15. Е.П. Емельянов. Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972
16. Инструкция по проектированию и строительству противооползневых и противообвальных защитных сооружений. СН 519-79. – М.: СИ, 1981
17. Г.К. Клейн. Расчет подпорных стен. – М.: Высшая школа, 1964
18. А.И. Лагойский. Горизонтальные траншейные дренажи на железных дорогах. – М.: Транспорт, 1974.
19. В.Д. Ломтадзе. Специальная инженерная геология. – Л.: Недра, 1978
20. Ю.М. Львович. Конструктивно-технологические решения по обеспечению общей и местной устойчивости откосов глубоких выемок и высоких насыпей. – В кн.: Мероприятия по обеспечению устойчивости земляного полотна автомобильных дорог в пересеченной и горной местности. – М.: 1980
21. Методические рекомендации по осушению грунтов в откосах выемок с горизонтальными дренажами из трубофильтров/ ВНИИ трансп. Стр-ва. – М., 1973
22. Методические рекомендации по расчету и технологии сооружения анкерных удерживающих конструкций. Союздорнии. – М., 1969

23. Методические рекомендации по выбору конструкций укрепления конусов и откосов земляного полотна, технологии и механизации укрепительных работ/ Союздорнии. – М., 1981
24. Методические рекомендации по расчету свайных противооползневых сооружений. Минкомхоз УССР. – Киев, 1974
25. Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. – Киев: Изд-е КГУ, 1964
26. Оползни, Исследование и укрепление. Пер. с англ./ Под ред. Р. Шустера и Р. Кризека. – М.: Мир, 1981
27. Рекомендации по технологии устройства временных анкеров в нескальных грунтах/ НИИОСП. – М., 1980
28. А.В. Романов. Методы фильтрационных расчетов дренажных сооружений. – Водгео, 1959, № 3
29. Н.К. Снитко. Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стенок. – М.: Госстройиздат, 1963
30. Типовые проектные решения. Дренажные конструкции земляного полотна автомобильных дорог общей сети Союза ССР/ Союздорпроект. – М., 1981
31. Н.И. Хрисанов, В.А. Камбуров. Условия надежности закрытого дренажа. – М.: Колос, 1978
32. Э.Б. Эккель. Оползни и инженерная практика. – М.: Трансжелдориздат, 1960
33. СНиП 3.02.01 – 2012. ЗЕМЛЯНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ. – М.: 2012
34. И.И. Косоруков и др. Возведение подземных сооружений методом “стена в грунте”. В кн. Проектирование организации производства строительно-монтажных работ в гражданском строительстве. – М.: изд. “ВЫСШАЯ ШКОЛА”, 1980
35. Рекомендации по возведению заглубленных сооружений и конструкций методом “стена в грунте”. НИИСП Госстроя УССР. Киев, 1973



36. М.И. Смородинов, Б.С. Федоров. Устройство сооружений и фундаментов способом “стена в грунте”, М.: СИ, 1986
37. М.И. Смородинов. Анкерные устройства в строительстве. - М.: СИ, 1983
38. Б.А. Ржаницин. Химическое закрепление грунтов в строительстве. - М.: СИ, 1986
39. О.О. Литвинов. Технология строительного производства. – Киев, изд. “ВИЩА ШКОЛА”, 1978
40. С.С. Атаев и др. Технология строительного производства. – М.: СИ, 1984
41. В.В. Патуров. Полимербетоны. М.: СИ, 1987
42. Г.И. Горчаков. Строительные материалы. М.: изд. “ВЫСШАЯ ШКОЛА”, 1981
43. Бетон и железобетонные изделия. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ. Часть 2. Изд-во СТАНДАРТОВ, М. – 1974
44. Бетонные и железобетонные работы. СПРАВОЧНИК СТРОИТЕЛЯ. - М.: СИ, 1980
45. М.И. Хигерович, А.П. Меркин. Физико –химические и физические методы исследования строительных материалов. М.: изд. “ВЫСШАЯ ШКОЛА”, 1968
46. М.Ю. Лещинский. Испытание бетона. Справочное пособие. - М.: СИ, 1980
- 47.. ГОСТ10180-78. Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение.
48. ГОСТ10181-76. Бетоны. Методы определения подвижности и жесткости бетонной смеси.
49. А.Е. Никитин. Серые бетоны на основе серосодержащих отходов промышленного производства. Автореферат кандидатской диссертации. М.,1989

50. Я.К. Тегелеков. Серные бетоны с использованием барханных песков, модифицированные нефтяными отходами. Автореферат кандидатской диссертации. М.,1990
51. М.Ш. Оспанова. Шлакополимерсерные бетоны на отходах фосфорной промышленности Казахстана. Автореферат кандидатской диссертации. Алма-Ата, 1990
52. В.В. Лоладзе. Технологические решения обеспечения эксплуатационных свойств бетонных и железобетонных изделий. Автореферат докторской диссертации. Тбилиси, 1997
53. В.Лоладзе, М.Лордкипанидзе, Н.Дондоладзе, Н.Табатадзе. Использование серного бетона в экстремальных ситуациях для производства бетонных работ. аучно-технический журнал “Строительство“. 3(22) 2011. Тбилиси
54. თ.ჟორდანი, ვ.ლოლაძე, ა.მაზანაშვილი, გ.ლოლაძე. მეთოდური მითითებები მშენებლობის შედეგად წარმოქმნილი თხრილებისა და ნაყარი მიწის ფერდობების და მოშანდაკებული ტერიტორიის ეროზიისაგან დაცვა ეკოლოგიური სტაბილურობის აღსადგენად. საქართველოს ურბანიზაციისა და მშენებლობის სამინისტრო (სუდმს); სტუ. დამტკიცებულია მინისტრის მიერ ბრძ. 33, 25 მაისი 2001წ.
55. გ.ჭოხონელიძე, დ.კვაჭაძე, ლ.ვაჭარაძე. გრუნტების მექანიკა და ფუმე-სამირკვლები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 2005წ.
56. ი. ქვარაია. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ტექნოლოგია. “ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი. 2005.
57. ი.ქვარაია, მ.ჯავახიშვილი. შენობა-ნაგებობების სარეკონსტრუქციო სამუშაოების ტექნოლოგია. “ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი. 2008.
58. პატენტი № GE 680 U. თ.ჟორდანი, ვ.ლოლაძე, გ.ლოლაძე. დრეკადი საფარი. საქართველოს სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი 23(339), 2011, თბილისი
59. ვ.ლოლაძე, შ.ბაქანიძე, ნ.მსხილაძე, ი.ქვარაია, თ.თავაძე. ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროსმოსის გამოყენების ეფექტურობის განსაზღვრა. სამეც-ტექნიკ ჟურნალი “მშენებლობა“. 3(26), 2012. თბილისი

60. პატენტი № 1490. გ.ლოლაძე, ვ.ლოლაძე. გრუნტის გამაგრების ხერხი. საქართველოს სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი 23(267), 2008, თბილისი
61. პატენტი № 1491. გ.ლოლაძე, ვ.ლოლაძე. ყალიბი კედლის დასაბეტონებლად. საქართველოს სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი 23(267), 2008, თბილისი
62. პატენტი 5294. პატენტი № 1491. ვ.ლოლაძე, გ.ლოლაძე, ნ.ლოლაძე, ვ.ლოლაძე. გრუნტის ანკერი ფერდოს გასამაგრებლად. საქართველოს სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი 11(327), 2011, თბილისი
63. პატენტი 5418. ვ. ლოლაძე, გ. ლოლაძე, ნ. ლოლაძე, ვ. ლოლაძე. ამოსაღები დროებითი გრუნტის ანკერი. საქართველოს სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი 15(331), 2011. თბილისი
64. ვ.ლოლაძე, შ.ბაქანიძე, ნ.მსხილაძე, ვ.პირმისაშვილი, თ.თავაძე. კალთების და მიწის ნაგებობების ფერდობების მდგრადობის უზრუნველყოფის კომპლექსური ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტები“. სტუ, თბილისი, 2011
65. ზ.ორაგველიძე, გ.ჭოხონელიძე, ბ.ვაჭარაძე. ქ.თბილისის კეკელიძის ქუჩა 68-70-ში მშენებარე მრავალბინიან საცხოვრებელ სახლთან არსებულ ფერდობზე წარმოშობილი კონტაქტური მეწყერის სტაბილიზაციის ღონისძიებები. სამეცნ.-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 3(18), 2010.
66. ი.ქვარაია, თ.თავაძე. ქვაბულის გამაგრების და დამუშავების პრობლემები მჭიდროდ განაშენიანებულ ადგილებში. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 4(24), 2011.
67. ი.ქვარაია, თ.თავაძე. გრუნტის გამაგრების ტექნოლოგიური თავისებურებები შენობა-ნაგებობების რეკონსტრუქციის დროს.. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 2(25), 2012.

68. ი.ქვარაია, თ.თავაძე. თბილისის კედლების გამაგრების სისტემების დემონტაჟთან დაკავშირებული ტექნოლოგიური სირთულეები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 3(26), 2012.
69. ი.ქვარაია, ქ.ქუთათელაძე. წარმოების ორგანიზაციული პროექტირება ტექნოლოგიური ინოვაციის განხორციელების დროს. აკად. თ.ლოლაძის ხსოვნისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ინოვაციური ტექნოლოგიები და მასალები 2011 წლის 24-27 ოქტომბერი. თბილისი;
70. ი.ქვარაია, ქ.ქუთათელაძე, გ.ჯავახიშვილი. ინოვაციური გარდაქმნების შედეგები მონოლითურ მშენებლობაში. სტუ-ს დაარსებიდან 90წ მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია:“XXI საუკუნის მეცნიერების და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები”, შრომების კრებული, თბილისი,19-21 სექტემბერი, 2012 წელი.
71. ი.ქვარაია, ქ.ქუთათელაძე. მენეჯმენტის გაუმჯობესების გზები მშენებლობაში ცალკეული ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციის საშუალებით. ქუთაისის უნივერსიტეტი. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “ეკონომიკის მდგრადი განვითარების პრობლემები, რეალობა და პერსპექტივები”. შრომების კრებული, ქუთაისი, 20-22 ოქტომბერი, 2012 წელი
72. ი.ქვარაია, ქ.ქუთათელაძე, ე.მაღანია. საქართველოში სამშენებლო ინვესტიციების განხორციელების დროს გასათვალისწინებელი ზოგიერთი საკითხები კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული 4, თბილისი, 2012 წელი.
73. ი.ქვარაია, მ.ჯანხოთელი. დროებითი გამაგრების ღონისძიებები სარეკონსტრუქციო სამუშაოების შესრულების დროს, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 4(27), 2012.

74. ი.ქვარაია. მზიდი კონსტრუქციების დემონტაჟთან დაკავშირებული ტექნოლოგიური პრობლემები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 1(28), 2013.
75. ი.ქვარაია. შენობის მთლიანი მზიდი კედლის შეცვლის ტექნოლოგიური გადაწყვეტა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 3(30), 2013.
76. ი.ქვარაია. რკინაბეტონის სვეტის და კედლების გამოკვლევა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 1(32), 2013.
77. რ.მახვილაძე, ჯ.ჩოგოვაძე, ა.გოგბერაშვილი. მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტურობა საინვესტიციო რისკის პირობებში. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 1(28), 2013.
78. ი.ქვარაია, თ.თავაძე. ქვაბულის კედლების გამაგრების გარეშე დამუშავების შემთხვევა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 2(29), 2013.
79. ი.ქვარაია, თ.თავაძე, ქ.ქუთათელაძე. თანამედროვე ქალაქმშენებლობის პრობლემები. თსუ პ.გუგუშვილის ეკონომიკის ინსტიტუტი. პროფ.გ.პაპავას 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის შრომების კრებული. თბილისი. 28-29 ივნისი 2013 წელი.
80. ი.ქვარაია, თ.თავაძე. გრუნტის გამაგრების დროს გამოვლენილი ქვის კიბეების დაზიანებები და მათი ლიკვიდაცია. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “მშენებლობა”. 3(30), 2013.
81. ი.ქვარაია, თ.თავაძე, ქ.ქუთათელაძე. თანამედროვე მშენებლობის მენეჯმენტის გაუმჯობესების გზები საქართველოს ეროვნული თავდაცვის აკადემიის შრომების კრებული. გორი. 2014 წელი.

საყრდენი კედლის წრიული განივკვეთის სვეტების კომპიუტერული  
გაანგარიშებების შედეგები.

გაანგარიშებულია საყრდენი კედლის წრიული განივკვეთის სვეტები გრუნტული პირობების ორი ვარიანტისათვის (ორი სახის დატვირთვისათვის).

1. მშრალი ქვიშა (ქვიშნარი)
2. წყალნაჯერი თიხა (თიხნარი)

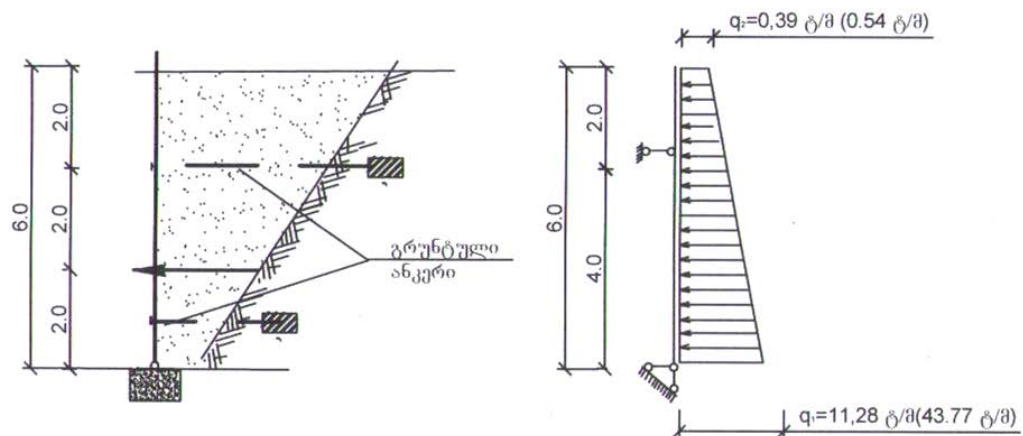
სვეტების ბიჯი ორივე სახის დატვირთვისათვის მიღებულია 3.0 მ.

გაანგარიშებები შესრულებულია B 20 და B 30 კლასის ბეტონებისა და A-III კლასის არმატურის გამოყენების შემთხვევებისათვის.

მშრალი ქვიშის (ქვიშნარის) შემთხვევაში სვეტის განივკვეთის დიამეტრები მიღებულია: B 20 კლასის ბეტონისათვის – 40 სმ, ხოლო B 30 კლასის ბეტონისათვის – 35 სმ.

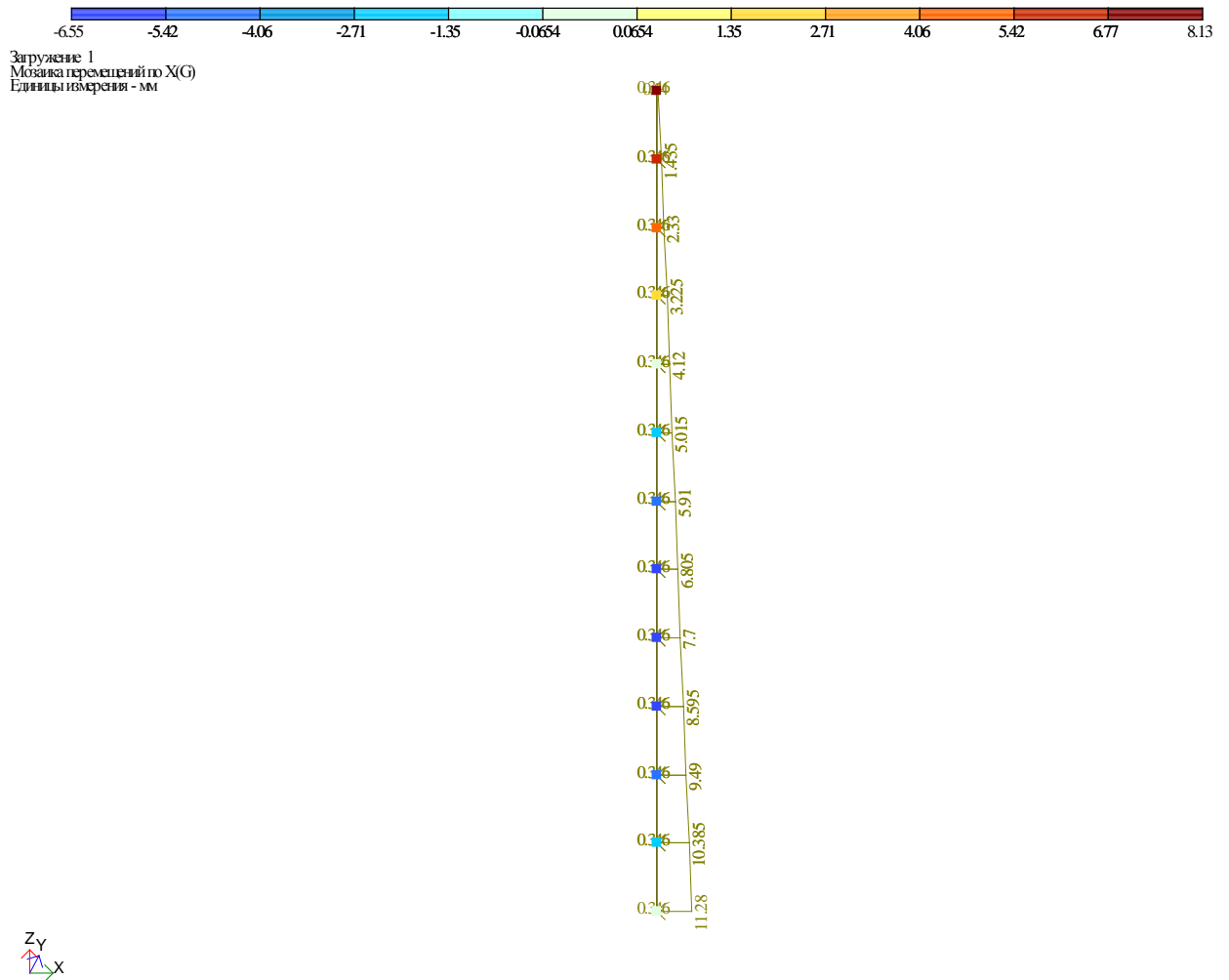
წყალნაჯერი თიხის (თიხნარის) შემთხვევაში – შესაბამისად – 50 და 45 სმ.

სვეტების გეომეტრიული სქემა



შენიშვნა: საანგარიშო სქემაზე დატვირთვის ორდინატების მნიშვნელობები ფრჩხილების გარეშე შეესაბამება დატვირთვების I სახეს, (ანუ მშრალ ქვიშას) ხოლო ფრჩხილებში – დატვირთვის II სახეს (ანუ წყალნაჯერ თიხას).

### I ვარიანტი B 20



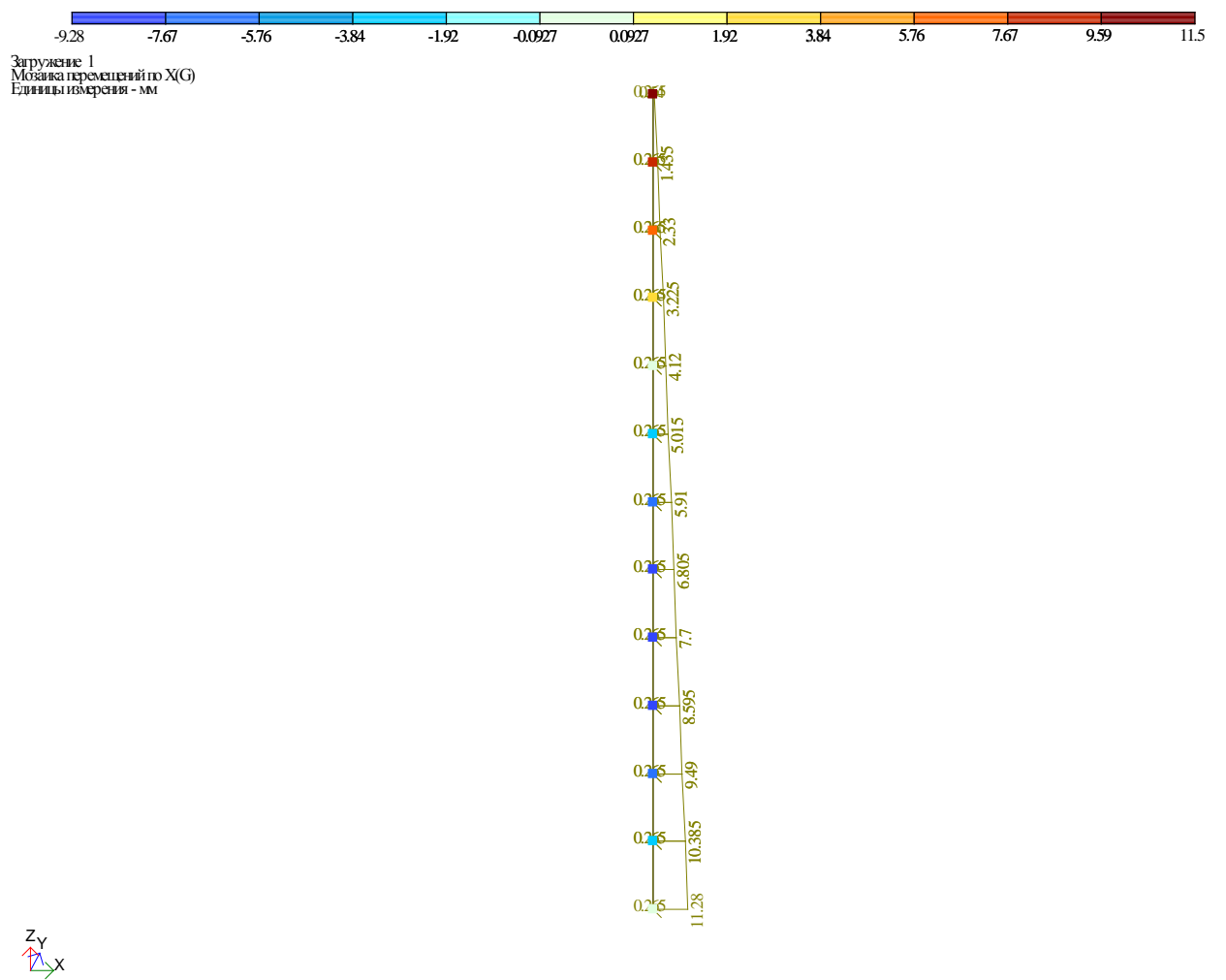
# I ვარიანტი B 30

Заружение 1





# I ვარიანტი B 30

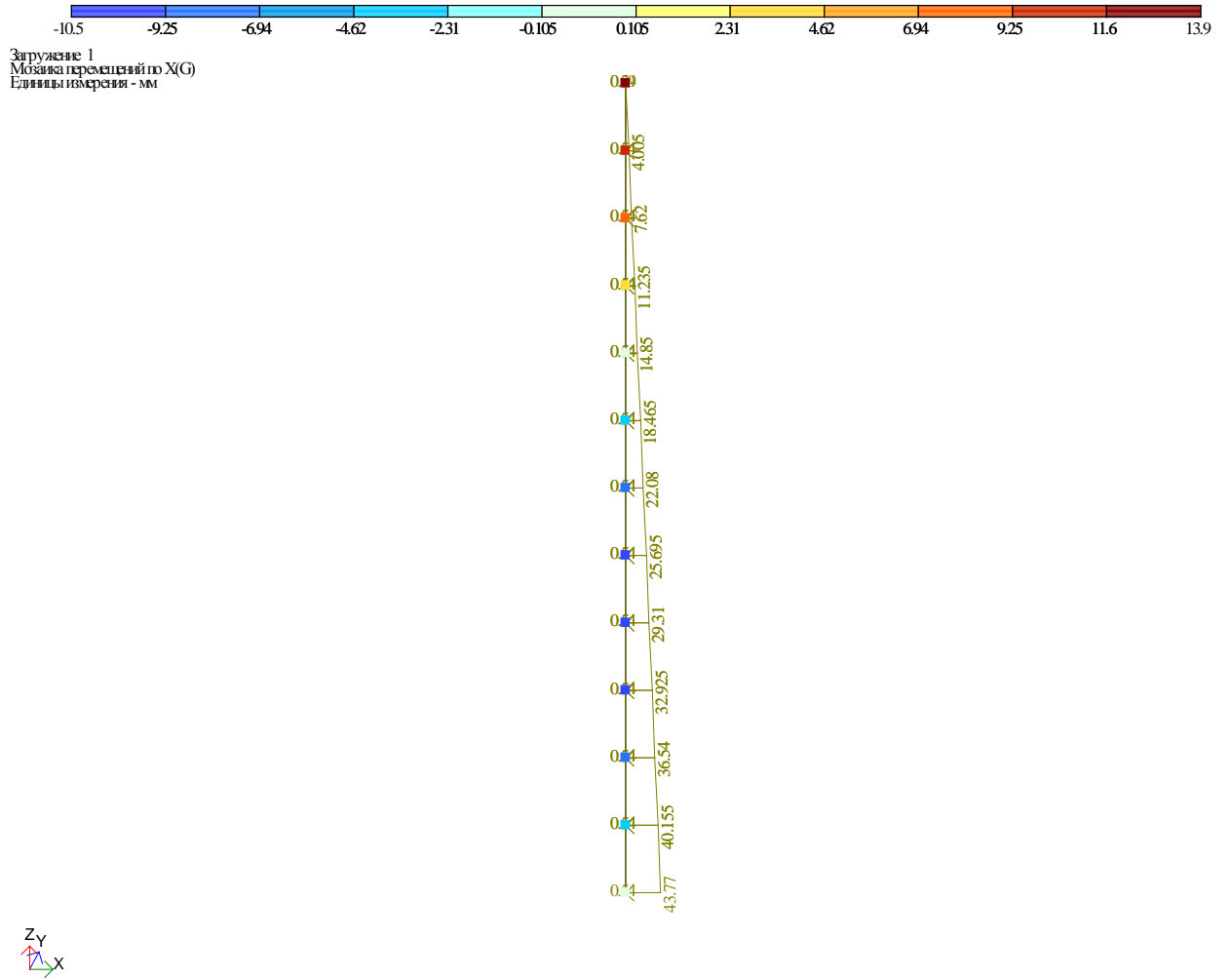


## II ვარიანტი B 20

Заружение 1



## II ვარიანტი B 20



## II ვარიანტი B 30

Заружене 1



## II ვარიანტი B 30

