

კალთების და მიწის ნაგებობების ფერდობის  
მდგრადობის უზრუნველყოფის კომპლექსური ტექნიკური  
და ტექნოლოგიური გადაწყვეტები

თემა №37

სტუ

თბილისი 2011

შემსრულებლები: ვლადიმერ ლოლაძე, სრული პროფესორი

შახი ბაქანიძე, ასოცირებული პროფესორი

ნინო მსხილაძე, ასოცირებული პროფესორი

ვახტანგ პირმისაშვილი, დოქტორანტი (ანაზღაურების გარეშე)

თამაზი თავაძე, დოქტორანტი (ანაზღაურების გარეშე)

**ბუნებრივი ფერდობების და მიწის ნაგებობების ფერდობების მდგრადობის  
უზრუნველყოფის კომპლექსური  
ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტები  
შესავალი**

მშენებლობისათვის გამოყოფილი და გამოყენებული მიწების სამეურნეო ღირებულება დამპროექტებლებს აიძულებს ნაგებობების მშენებლობას და ახალი გზების გაყვანას სოფლის მეურნეობისათვის გამოუყენებელ ტერიტორიებზე. უპირველეს ყოვლისა ეს შეეხება ზვავსაშიშ რაიონებს, რაც მოითხოვს მეწყერებისგან გზების, ნაგებობების და გარემოს დაცვის საიმედო გადაწყვეტებს, შემოთავაზებული 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 ღვარსარინი სისტემების და კანალიზაციის მუშაობაში დარღვევებისაგან.

ბოლო ხანებში ჰავის გეომასშტაბური ცვლილებები აისახება ნალექების ინტენსივობის ცვლილებაში, რისი შედეგებიც განსაკუთრებით საგრძნობია საქართველოსათვის, მისი მთიანი რელიეფის გამო, სადაც მთის ნაკადებში წყლის დონის აწევის, აგრეთვე მათ გამო წარმოქმნილი ეროზიული და მეწყერული პროცესების ინტენსიურობა, პირდაპირ არის დაკავშირებული ნალექების ინტენსიურობასთან. ამასთან დაკავშირებული 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, მოითხოვენ 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 ფერდობის ზედაპირულ გამაგრებას, აგრეთვე მათ ადგილობრივ მდგრადობას, გეგმარებას და კეთილმოწყობას. ღონისძიებათა ასეთი კომპლექსის როლია – არა მხოლოდ მეწყერების განვითარების ლოკალური კერების დამაგრება, არამედ გეოლოგიური გარემოს დაშლის არადაშვებაც ათვისებული ან ათვისებადი ტერიტორიის საზღვრებში. ამასთან, კონსტრუქციების ყველა სახეობა და მათი განხორციელების მიღებული ტექნოლოგია უნდა იყოს არა მხოლოდ ტექნიკურ-ეკონომიკურად დასაბუთებული, არამედ შეფასებულიც მათი სოციალური მნიშვნელობის და ესთეტიკური აღქმის მხრივაც, განსაკუთრებით – კურორტებისა და ტურიზმის დაგეგმილი განვითარების ზონებში.

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 მეწყერებს აქვთ გაცილებით მცირე მოცულობები, მაგრამ თავს იჩენენ უფრო დიდი სიხშირით და მნიშვნელოვანი 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 სპეციალური ღონისძიებების გამოყენების საჭიროებას.

მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების კომპლექსი რეალიზებული უნდა იქნას მისი სრული შემადგენლობით. არ უნდა იქნას დაშვებული კომპლექსის ნაწილობრივი რეალიზაცია მეწყერული ფერდოს მდგრადობის განმეორებითი დარღვევის თავიდან აცილების მიზნით.

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 დაძვრის 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 უცილობელს 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 ჩასატარებელი სამუშაოების აქტუალურობას.

## თაზი 1.

პრობლემის გადაწყვეტის მეთოდები; 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 (მათ მიეკუთვნება 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 (კონსტრუქციები ბუნებრივი და ხელოვნური მასალებისაგან).

ნაშრომში ჩვენ ვიხილავთ მეწყერსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების პირველ ორ ტიპს, კერძოდ – სადრენაჟო სისტემები, ანკერული ჩამაგრებები და საყრდენი კედლები.

სადრენაჟო კონსტრუქციებს, როგორც წესი, იყენებენ მეწყერული მასივების ან მისი ცალკეული წყალგამტარი შრეების გამოშრობის, გრუნტის წყლების დონის დაწვევის 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 მოხრებლის ფერდობში. ამასთან გამოიყენება ჰორიზონტალური სადრენაჟო ნაბურღები, რომლებშიც ატარებენ მილფილტრებს მოხრებლის 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.

სახლვარგარეთ დრენირება – მეწყერების სტაბილიზაციის ხშირად გამოყენებული მეთოდია. როგორც წესი, სახლვარგარეთულ პრაქტიკაში გამოიყენება 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 სახლვარგარეთ 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 ხიმიწებები და სხვადასხვა დანიშნულების საყრდენი კედლები.

განასხვავებენ გრუნტის ანკერებს, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია აუთვისებელ ტერიტორიებზე პოტენციური მეწყერული კალთების ან განაშენიანებული ფერდობების (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 არმონდება 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.

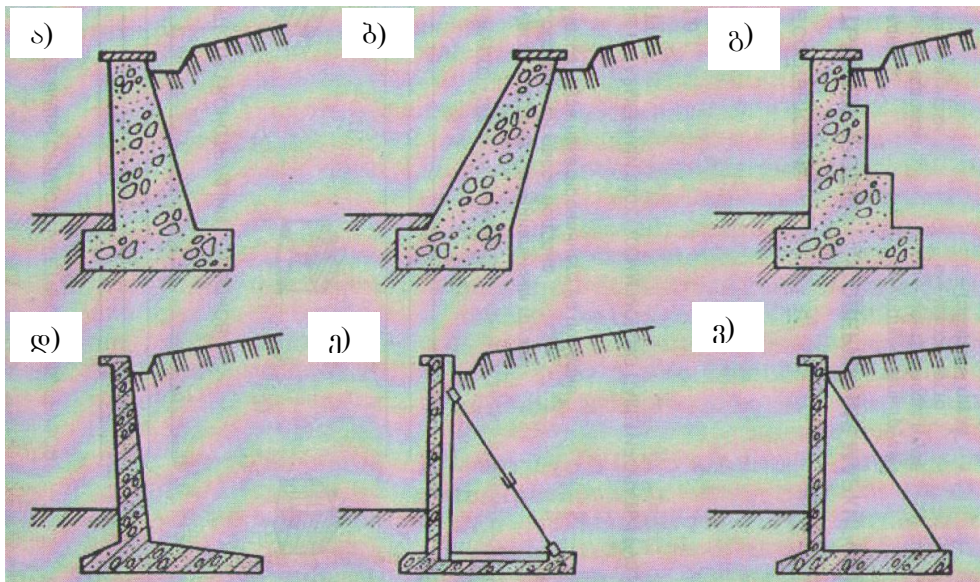


საყრდენი კედლების აგება შესაძლებელია აგრეთვე ხიმინჯოვან ფუძეებზე. მეწყერსაწინააღმდეგო ბრძოლის მიზნით ჩვეულებრივ გამოიყენება გრავიტაციული და შპუნტური საყრდენი კედლები. უმეტესად ფართო გამოყენება ჰპოვა გრავიტაციულმა საყრდენმა კედლებმა, რომლებსაც განეკუთვნება მასიური, კუთხოვანისებრი, კონტრფორსებიანი, უჯრედოვანი 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.

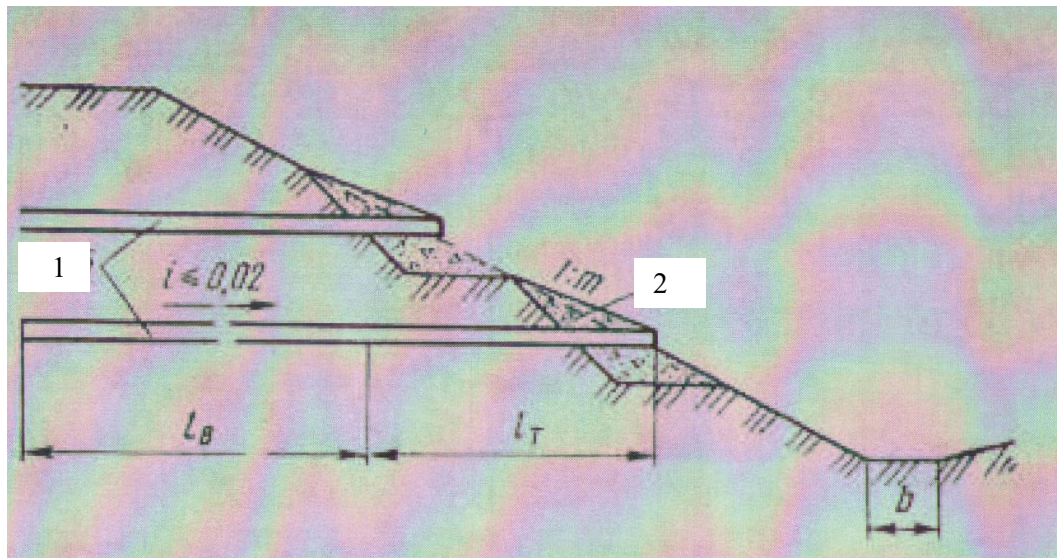
მშენებლობის პრაქტიკაში გამოიყენება საყრდენი კედლების სხვა სახეობებიც, რომელთა აგება ხდება კონკრეტული ადგილობრივი პირობების და მათ ასაგებად საჭირო მასალების სახეობების მხედველობაში მიღებით.

ფრიად ეფექტურია კომბინირებული კონსტრუქციების გამოყენება საყრდენი კედლების სახით ანკერული მჭიმებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ მდგრადობას და რაციონალურ განიკვეთებს.

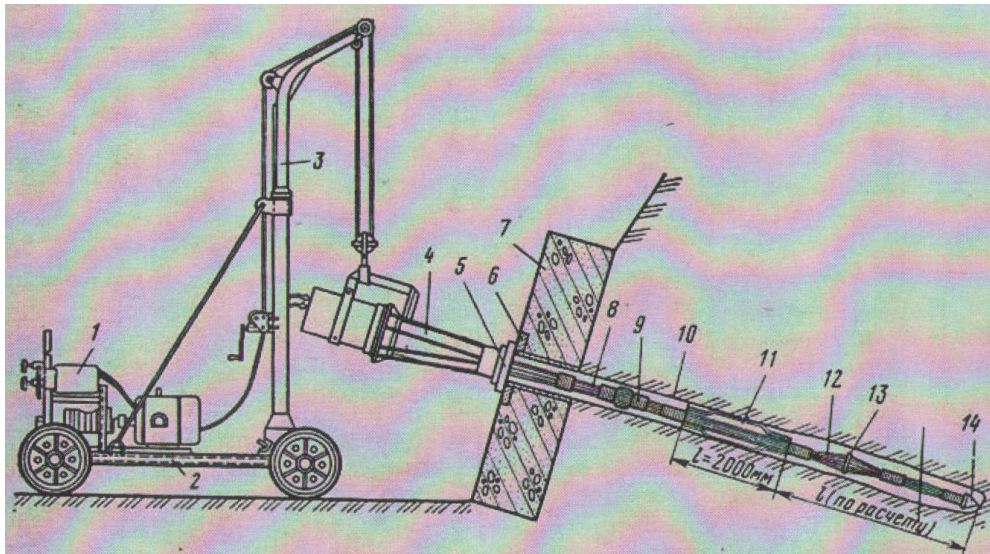
ზემოაღნიშნული მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ასახვა მოცემულია ნახაზებზე:  
1.1÷1.6



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 კონტროლსებით.

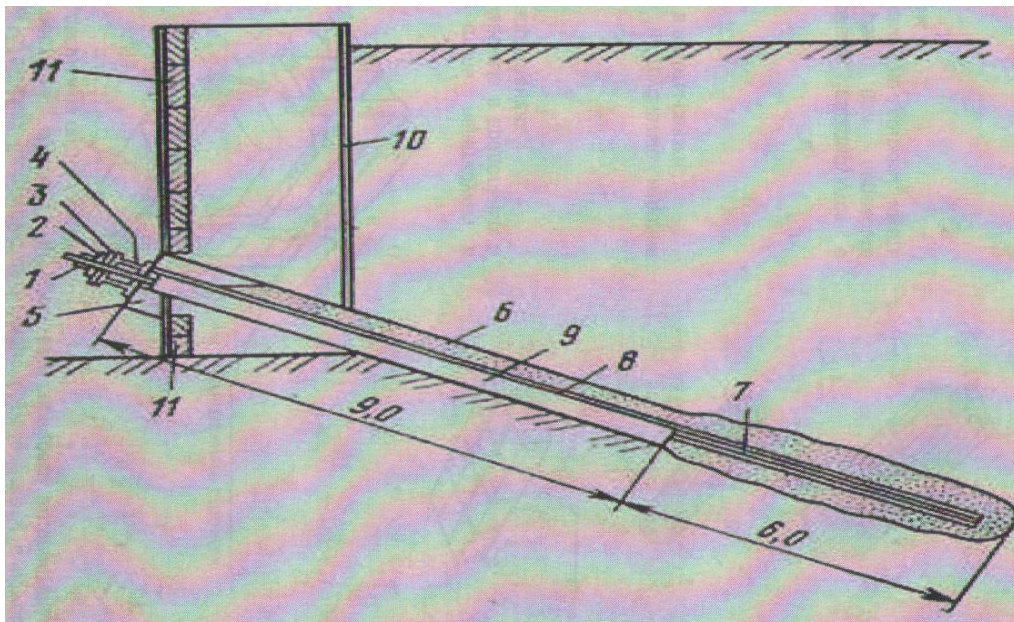


ნახ. 1.2. პორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილები.  
 1-მილი-ფილტრები; 2-ღორღი



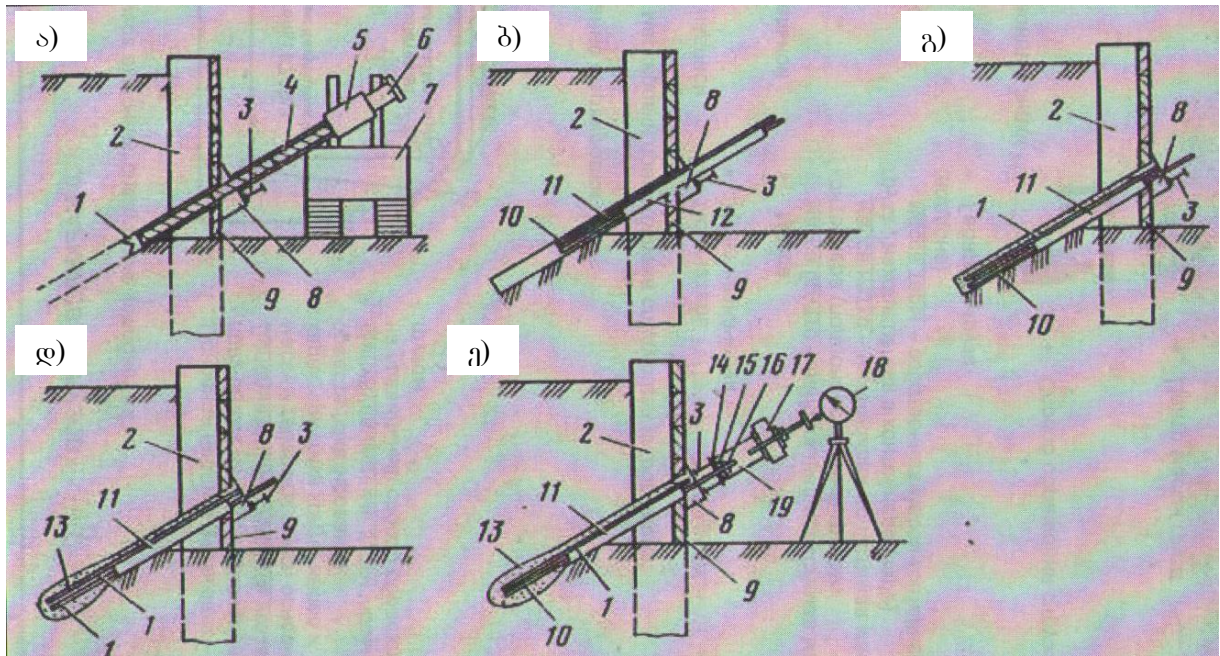
ნახ. 13. საანკერო მჭიმის დაჭიმვა

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-პაკერი; 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 ორტყეობრი 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.

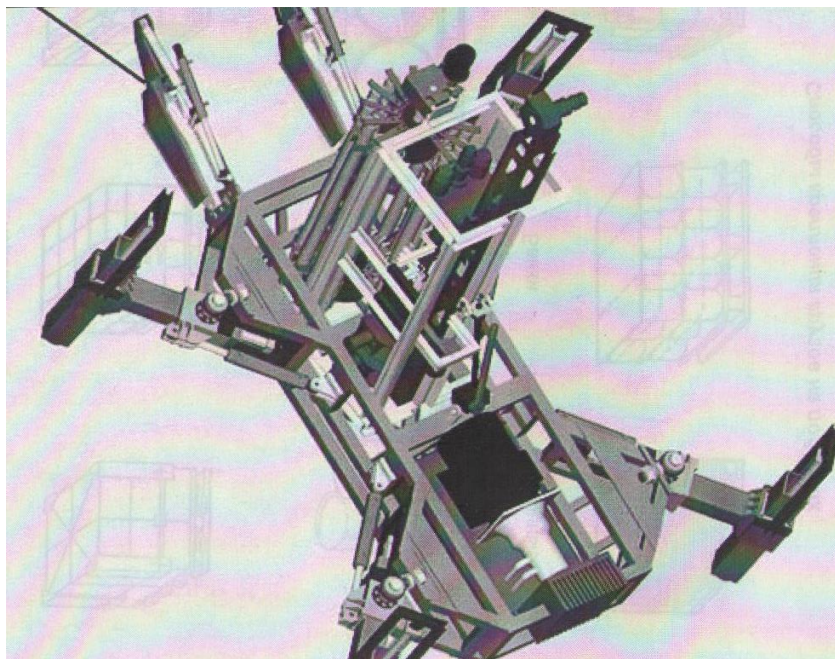


**ნახ. 15. ქვაბულის ვერტიკალური ფერდობების დროებითი დამაგრების მოწყობის ტექნოლოგიური ოპერაციების სქემა**

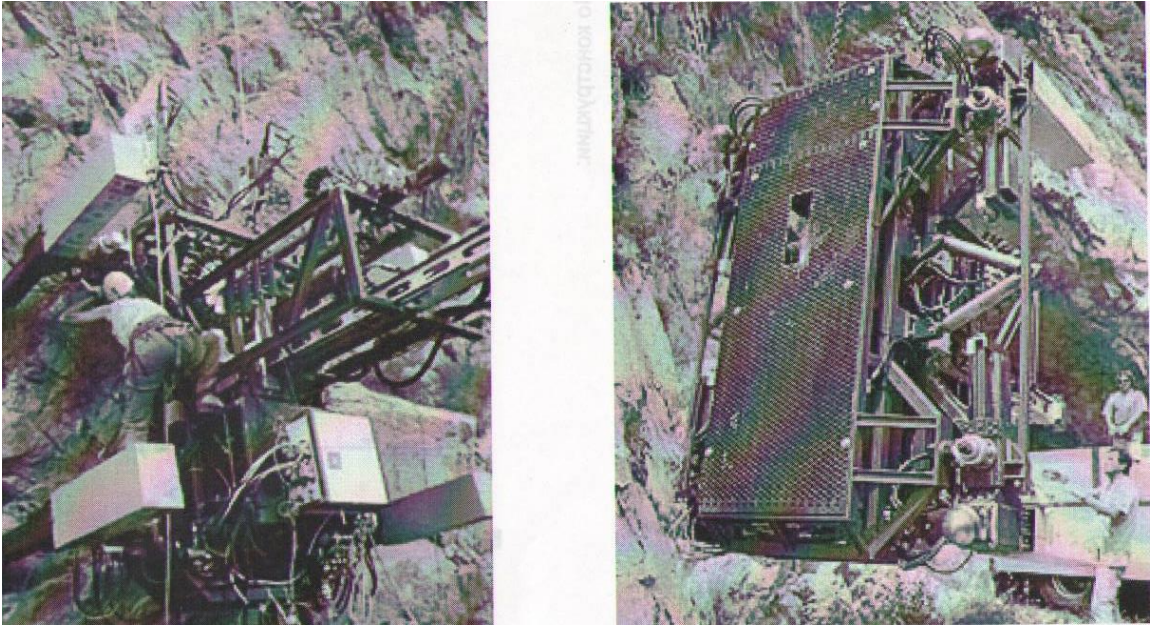
ა)-ჭაბურღილის გაბურღვა; ბ)-ანკერის კომპლექტის დაყენება; გ)-ცემენტის დუღაბის პირველადი ჩაჭირხვნა; დ)-ცემენტის დუღაბის მეორადი ჩაჭირხვნა; ე)-ანკერების დაჭიმვა.

1-საბურღი წვერი; 2-ლითონის ხიმინჯი; 3-გრძივი სარტყლის ორტისებრი კოჭი; 4-საშნეკო რგოლები; 5-ურიკა; 6-მიმმართველი ჩარჩო; 7-საბურღი მანქანა; 8-კრონშტეინი; 9-ხის შემოფარგვლა; 10-საინექციო მილი; 11-საანკერო დერო; 12-პოლიეთილენის მილი; 13-ანკერის ტანი; 14-ანკერის სათავისის სფერული საყელო.; 15-ანკერის სათავისის სფერული ჩანადები; 16-დამაფიქსირებელი ქანჩი; 17-ჰიდროლომკრატი; 18-საათის ტიპის ინდიკატორი; 19-ჭიქა ანკერის გამოცდისათვის.

ა)



ბ)



ნახ. 1.6. თვითმცოცავ 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 – ფერდობზე 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 გაჯირჯველა 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, ცალკეცალკე. 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 აღიძებს კომპლექსური სისტემების მშენებლობის ვადებს.

ამავე დროს ექსტრემალურ სიტუაციებში, მეწყერული პროცესების მოულოდნელად წარმოქმნის პოტენციური საშიშროებისას, მკვეთრი კლიმატური ცვალებადობების 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.

### **13. პროექტის 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 ფერდოების 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 – შემსუბუქებული საყრდენი კედელი.

გრუნტის წყალგაცემის დაჩქარების მიზნით შემოთავაზებულია სადრენაჟო სისტემაში ელექტროსმოსის გამოყენება, ელექტროდების სახით ფოლადის საანკერო მჭიმების და გრუნტში ჩასობილი ფოლადის ღეროს გამოყენებით, რომლის ამოღება გრუნტიდან მოხდება გამომშრობის პროცესის დამთავრების შემდეგ.

კომბინირებული სისტემების მოწყობის სამუშაოთა კომპლექსის წარმოების ტექნოლოგია ითვალისწინებს სისტემაში შემავალი ყველა ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტებისათვის ერთდროულად შესასრულებელ ტექნოლოგიურ პროცესებს.

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

მაგალითად, ძირითადი ფუნქციის გარდა კომპლექსში „გრუნტული ანკერი – სადრენაჟო სისტემა“: გრუნტული ანკერისათვის გაბურღული ჭაბურღილი დაპროექტებული იქნება როგორც ელემენტი, მიღოვანი 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 – მიწის ნაგებობების ფერდობების 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 გაანგარიშება საქართველოში მეწყერების გამოვლენის ყველაზე უფრო დამახასიათებელი სიტუაციური შეხამების დროს გამოსაყენებლად;

– მეწყერსაწინააღმდეგო კომპლექსების დასამზადებლად და ასაგებად სამუშაოთა წარმოების ტექნოლოგიური სქემების დამუშავება და ტექნოლოგიური გაანგარიშება;

– 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, ელექტროოსმოსის დროს).

13-პერფორირებული სადრენაჟე მილი.

14-შედგენილი სადრენაჟე მილი.

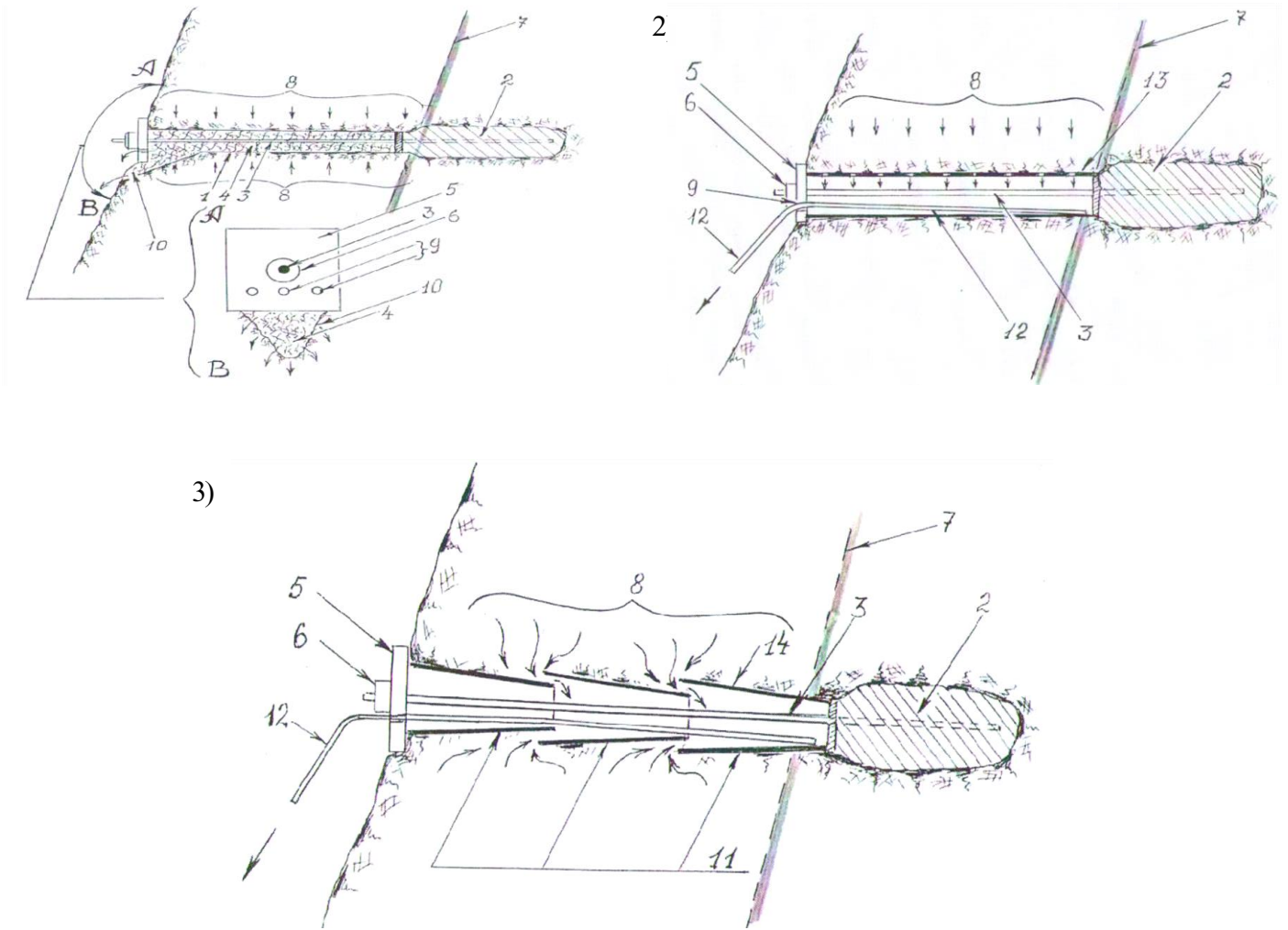
15-საყრდენი კედელი.

16-ლითონის ღერო – მიერთებული მუდმივი დენის მიმწოდებელი სისტემის დადებით პოლუსთან.

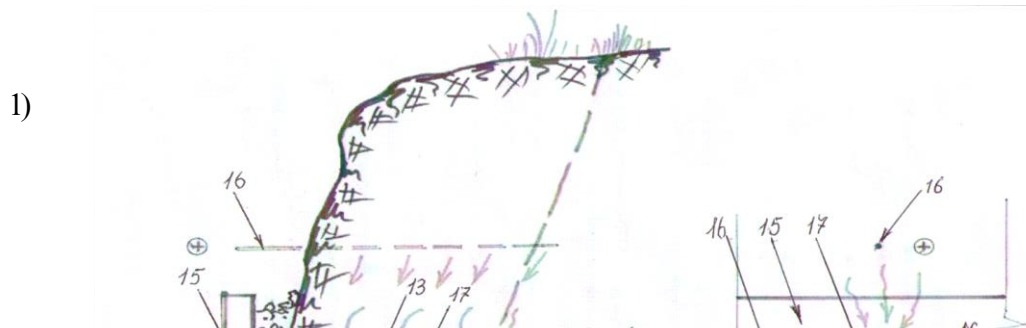


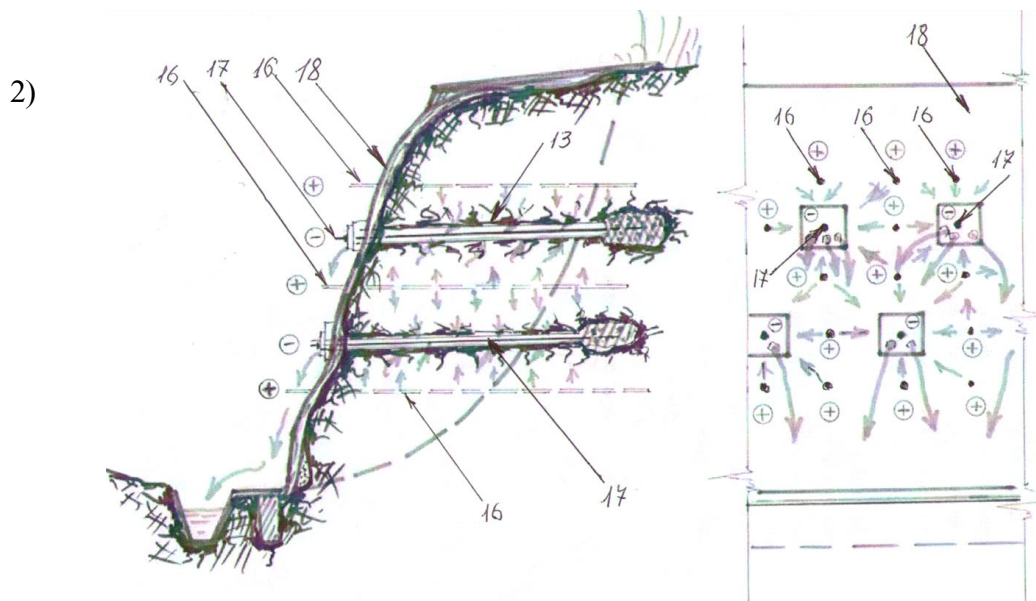
17-საანკრო მჭიმი – მიერთებული მუდმივი დენის მიმწოდებელი სისტემის უარყოფით პოლუსთან.

18-ფერდოს მემბრანული დამაგრება, შესრულებული ტორკრეტირებით, ფოლადის ბადეზე.

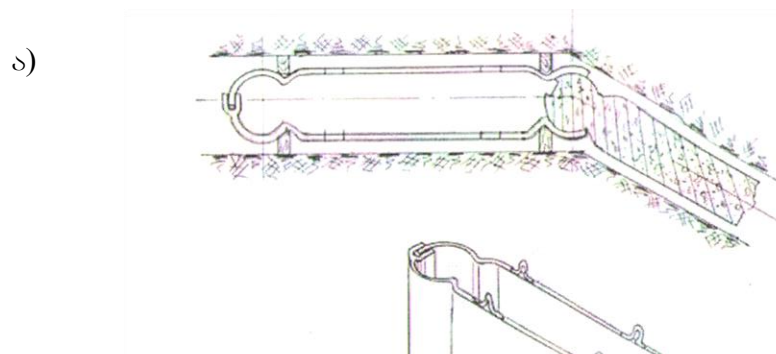


ნახ. 17. კომპლექსური სადრენაჟე ანკერების ვარიანტები  
 1-სადრენაჟე მასალით; 2-სადრენაჟე მილით; 3-ანკერები, ღრეჩოებისნი პირაპირებით.

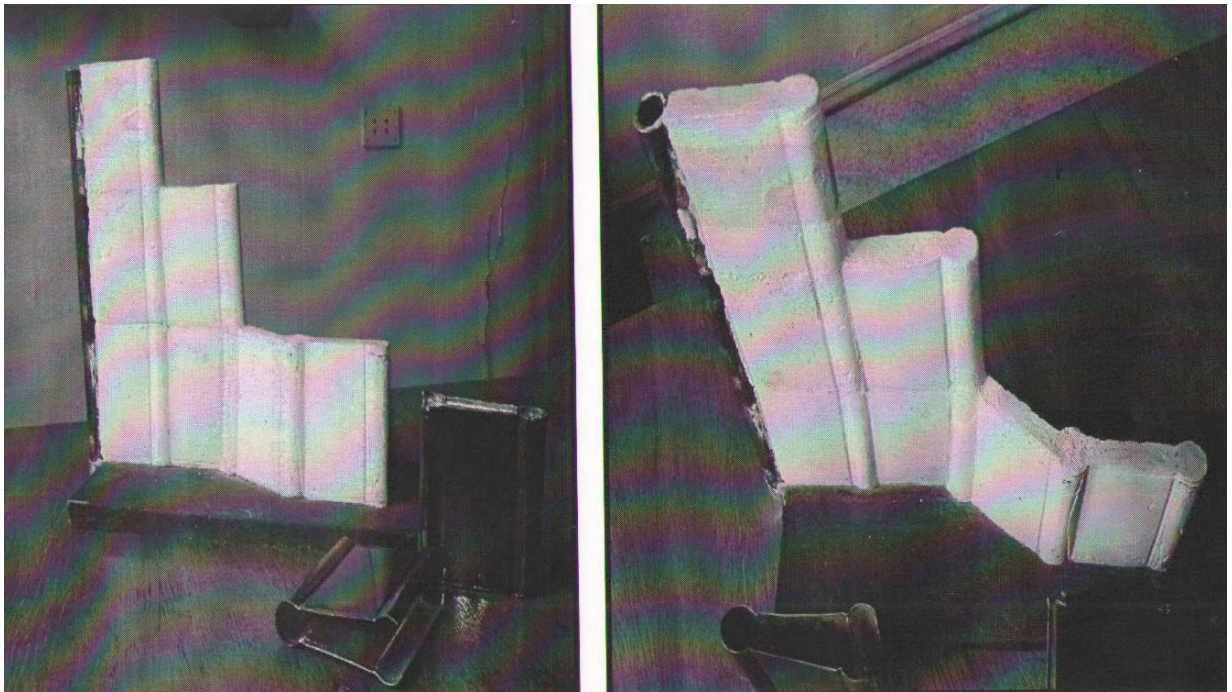




ნახ. 1.8. კომპლექსური სისტემების მუშაობის პრინციპის ვარიანტები  
 1-სისტემა საყრდენი კედლით; 2-სისტემა ზედაპირის მემბრანული გამაგრებით.

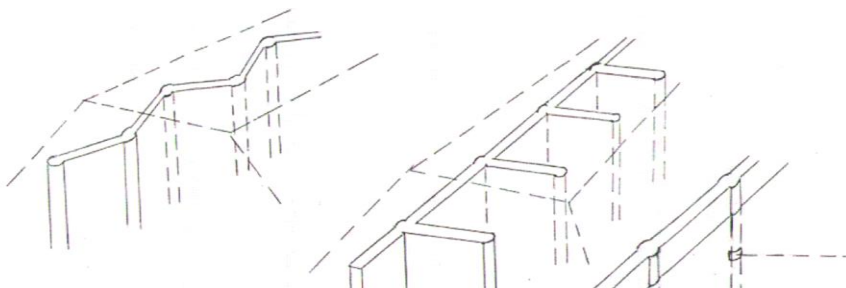


ბ)

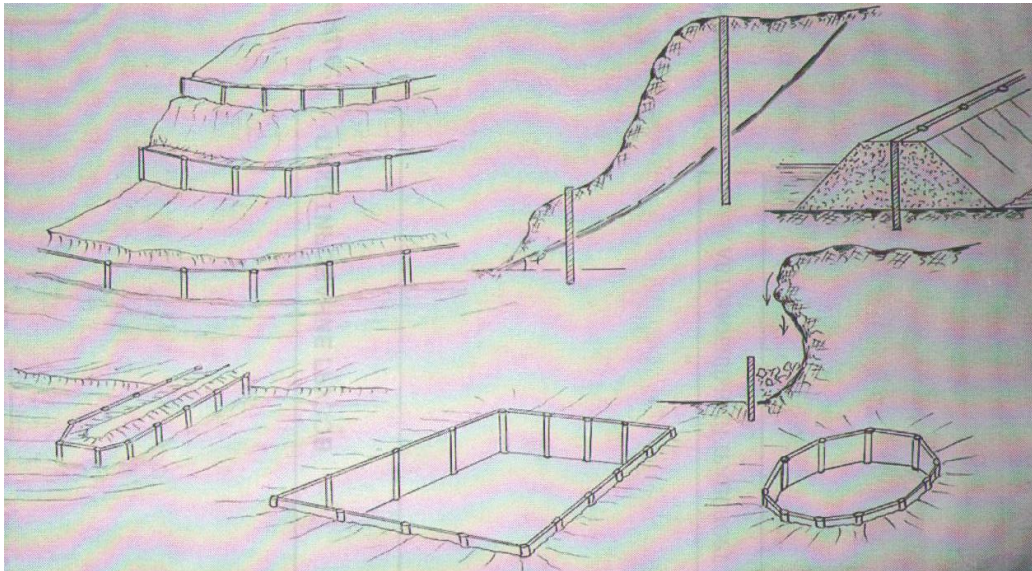


ნახ. 19. ყალიბი საყდენი კედლის დაბეტონებისათვის  
ა-საყდენი კედლის საერთო ხედი; ბ-საყდენი კედლის მოდელი.

ა)



ბ)



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

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

ჩატარებული წინასწარი გაანგარიშებების შედეგად შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი:

1. შეიქმნება უფრო საიმედო მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემები;
2. შემოთავაზებული მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემის მშენებლობა განხორციელდება შედარებით მოკლე ვალებში;
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 მაგისტრალზე, ასევე ახლად შესაქმნელი ინფრასტრუქტურისათვის;

6. არანაკლებ მნიშვნელოვანია სოციალური ეფექტიც – მეწყერსაშიში ზონების მაცხოვრებელთა საცხოვრებელი ფონდის და სამეურნეო სავარგულების შენარჩუნება;

7. განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია საქართველოს ისტორიული ძეგლების შენარჩუნება:

– ძველი თბილისის და სხვა ქალაქების შენობები და ნაგებობები და საქართველოს ტერიტორიები, რომლებიც განთავსებული არიან მეწყერულ ზონებში და იმ ადგილებზე, რომლებზეც მოსალოდნელია გრუნტის ჯდენა გრუნტის წყლის ჩადინების გამო.

### **1.5. პერსპექტივაში რომელ გამოყენებით სფეროს შეიძლება მიესადაგოს წარმოდგენილი სამეცნიერო-თეორიული ნაშრომი**

შემოთავაზებული პროექტით გაანგარიშებების შედეგების გამოყენება შესაძლებელია:

1. მშენებლობის სფეროში;
2. სატრანსპორტო სფეროში;
3. რეგიონალური განვითარების და ინფრასტრუქტურის სამინისტროს დაქვემდებარებაში მყოფ ობიექტებზე;
4. გარემოს დაცვის და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ეკოლოგიისა და ბუნებადამცავ ობიექტებზე;
5. ეკონომიკის მდგრადი განვითარების სამინისტროს დაქვემდებარებაში მყოფ ობიექტებზე

## **თავი 2**

**მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები და გრუნტის დაწინების გაანგარიშება სხვადასხვა ბრუნტული პირობებისათვის.**

## 2.1. შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ კომპლექსურ მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემების ძირითად კონსტრუქციულ ელემენტს წარმოადგენს საყრდენი კედელი.

განხილულია მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლის ორი ვარიანტი: ლენტური (სვეტების გარეშე) და სვეტებიანი (სვეტები ბიჯით 3 მ).

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.

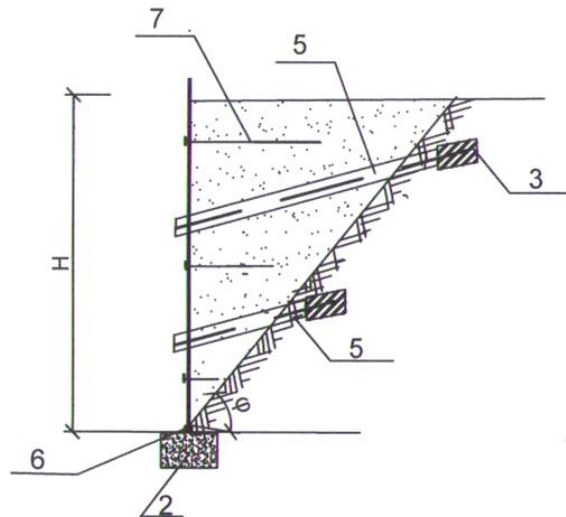
საყრდენი კედლის წონასწორობაში ყოფნა (მდგრადობა) უზრუნველყოფილია 2 იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით, რომლებიც ერთნაირი მანძილით არიან დაშორებული გრუნტის დაწნევის ტოლქმედის (E) მოდების წერტილიდან.

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

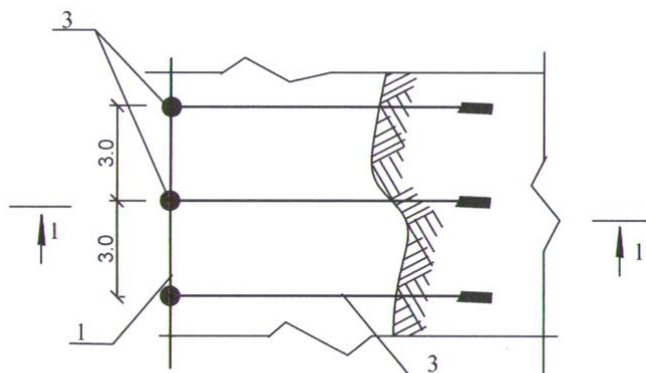
(ნახ. 2.1.)

### გეგმის ფრაგმენტები

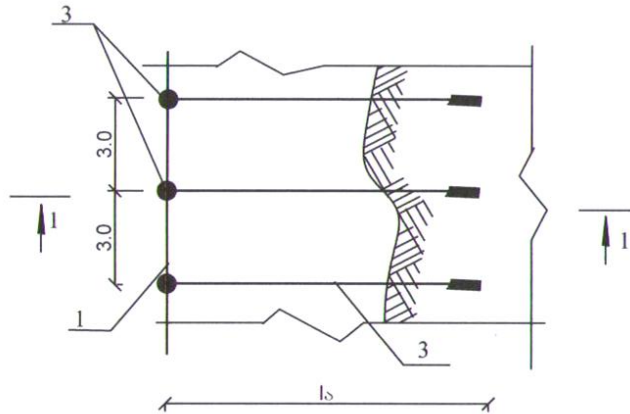
ა)



ბ)

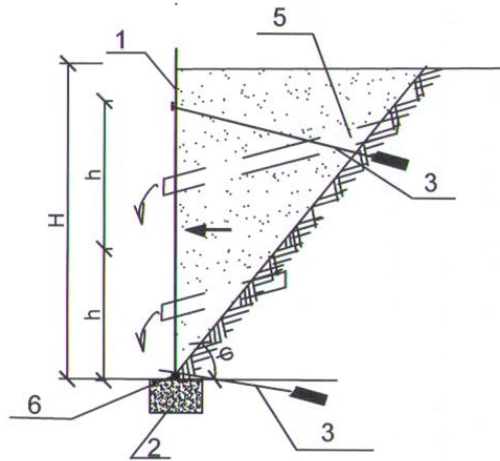


ბ)



დ)

ჭრილი 1-1

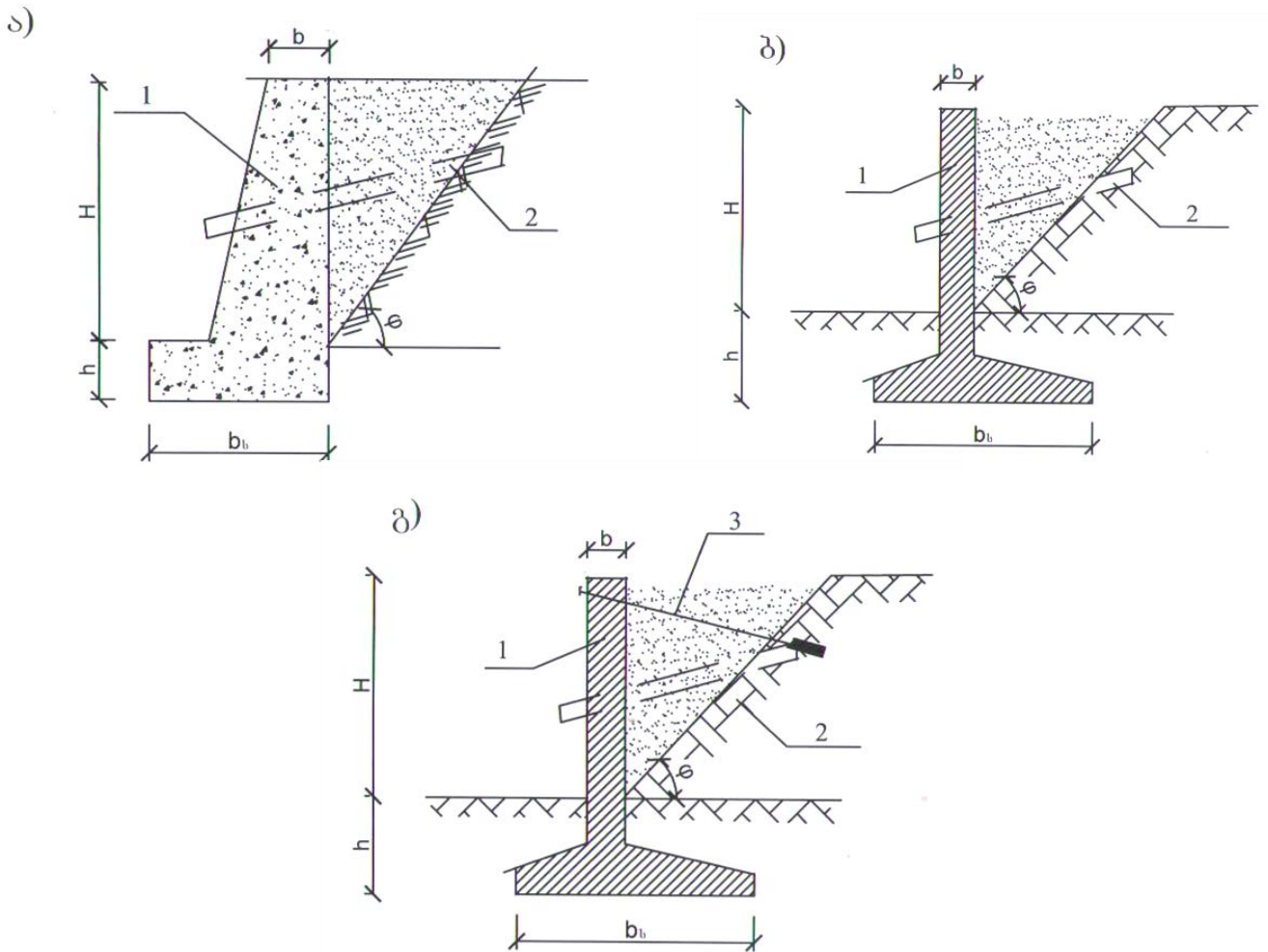


ნახ. 2.1. შემოთავაზებული კომპლექსური მეწყერსაწინააღმდეგო სისტემა საყრდენი კედლით ა-სისტემის კონსტრუქციული სქემა; ბ,გ,დ- შემოთავაზებული საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემები.

1-ლენტიური საყრდენი კედელი; 2-საძირკველი; 3-გრუნტული ანკერი; 4-საყრდენი კედლის სვეტები; 5-საყრდენი მილი; 6-იდეალუზირებული 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 ელექტროსმოსის 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  $H=6\text{მ}$ . გაანგარიშებები შესრულებულია ზემოაღნიშნული ოთხივე სახის გრუნტული პირობებისათვის.

რადგანაც გრუნტის დრენირების მიღებით აღჭურვილია როგორც ტრადიციული, ასევე შემოთავაზებული საყრდენი კედლები, ამიტომ ნაშრომში, 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 –  $500 \text{ კგ/მ}^2$ ;

## 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

$$E=0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \mu \tag{1}$$

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

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

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. 2.2

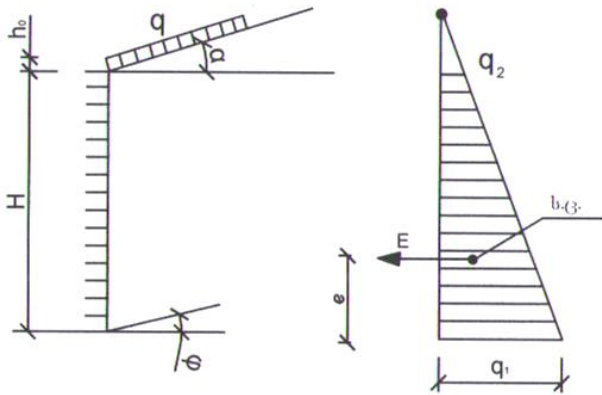
$$H=6\text{მ}; \quad \varphi = 32^\circ; \quad \gamma = 1,62 \text{ ტ/მ}^3$$

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

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.)

$$\mu_a = 0,369$$

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

$$E = 11,84 \text{ ტ}$$

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

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

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

$$e = 2,1 \text{ მ}$$

### 2.2.3. გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება მშრალი თიხნარისათვის (თიხისათვის):

$$H=6 \text{ მ}; \quad \varphi=43^{\circ}; \quad \gamma=1.55 \text{ ტ/მ}^3; \quad \alpha=15^{\circ}; \quad g=0,5 \text{ ტ/მ}^2 \quad h_0 = \frac{0,5}{1.55} = 0,32 \text{ მ}; \quad \mu_a = 0,22;$$

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

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

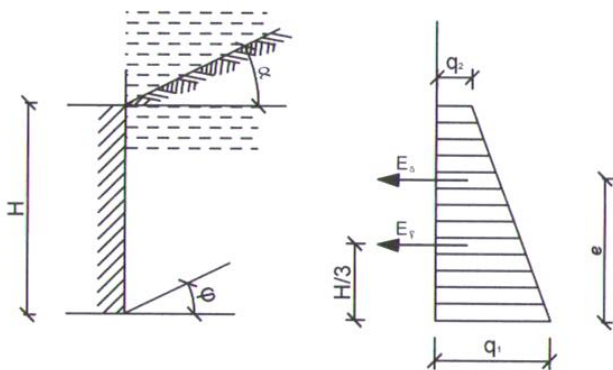
$$e = \frac{6}{3} \cdot \frac{2,15 + 2 \cdot 0,11}{2,15 + 0,11} = 2,29 \text{ მ};$$

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

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

$$g = 0,5 \text{ ტ/მ}^2; \quad h_0 = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ მ};$$

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.

$$h_0 = \frac{g}{\gamma} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ მ}; \quad \mu_a = 0,51$$

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

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:

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

რადგან

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

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

### 2.2.5. გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება წყალნაჯერი თიხნარისათვის:

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

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

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

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

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

ძაბვების ეპიურისათვის:

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

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

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

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:

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

### თაზი 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:

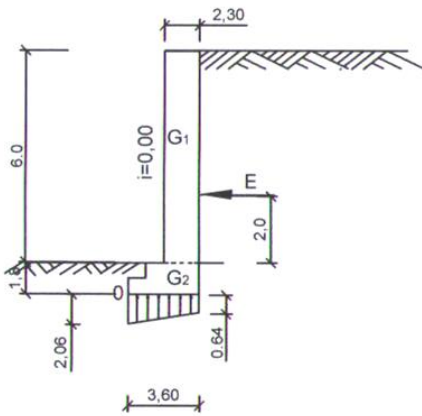
$$H_0 = 6,0 \text{ მ}; \quad h = 1,8 \text{ მ}; \quad H = 7,8 \text{ მ};$$

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

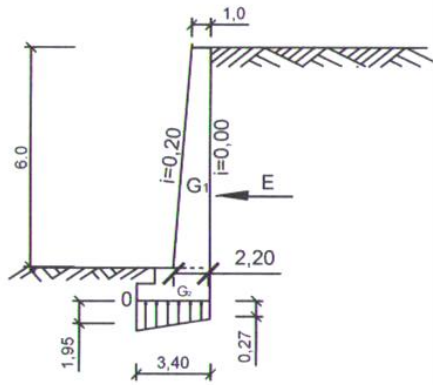
$$E = 11,84 \text{ ტ}; \quad f = 0,6$$

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

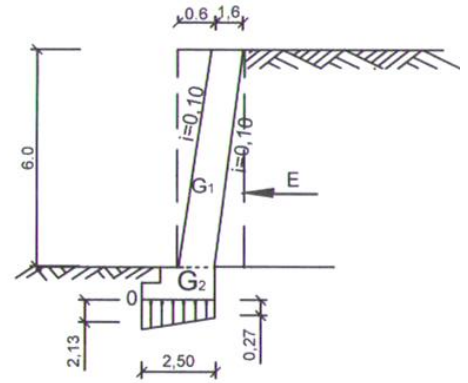
ა) ვარიანტი 1



ბ) ვარიანტი 2



გ) ვარიანტი 3



ნახ. 3.1. საყრდენი კედლის პროფილის ვარიანტები

მასიური საყრდენი კედლის სისქეების (ბ<sub>i</sub>) წინასწარი გაანგარიშება მიწის დონიდან ნებისმიერ (H<sub>i</sub>) დონეზე, აგრეთვე მისი სისქე საძირკველის ჩანაჭრის დონეზე -ბ<sub>0</sub> და საძირკველის სიგანე b<sub>II</sub> წარმოებს ფორმულით:

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

სადაც: C<sub>1</sub> და C<sub>2</sub> – რიცხვითი კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულია კედლის წინა და უკანა წახნაგების დახრის კუთხეზე (tgβ და tgβ<sup>1</sup>);

γ<sub>r</sub>, γ<sub>k</sub> – გრუნტის და კედლის მასალის მოცულობითი წონები;

μ – კოეფიციენტია, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის შინაგანი ხახუნის კუთხეზე – φ, გრუნტის ზედაპირის დახრის კუთხეზე – α და კედლის უკანა წახნაგის დახრის კუთხეზე – β.

**ვარიანტი 1:**

კედლის წინა და უკანა წახნაგები ვერტიკალურია (ნახ.3.1, ა) β<sup>1</sup>=β=0; სათანადო ცხრილიდან: C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub>=0; μ=0,305

კედლის სისქე საძირკველის ჩანაჭრის დონეზე:

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



ვიღებთ  $b_0 = 2,3$  მ.

სადირკვლის 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  $b_{II} = 3,6$  მ

**ვარიანტი 2:** (ნახ.3.1, ბ)

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

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

კედლის სისქე სადირკვლის 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  $b_0 = 2,2$  მ.

სადირკვლის 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  $i = \operatorname{tg}\beta^1 = \operatorname{tg}\beta = 0,1$ ; ( $\beta^1 = \beta \approx 6^\circ$ ).

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

კედლის სისქე სადირკვლის 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  $b_0 = 1,6$  მ.

სადირკვლის 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  $b_{II} = 2,5$  მ

**დასახული ვარიანტებიდან ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.**

საჭიროა მიღებული ვარიანტები შემოწმებულ იქნეს შემდეგ პირობებზე:

1. საყრდენი კედლის გადაბრუნებაზე პირობიდან  $M_{დ} > M_{გ}$ ;
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:  $G = G_1 + G_2$ ;

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

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

$$G = 48,67 \text{ ტ}.$$

გადაბრუნებელი მომენტი:

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

დამჭერი მომენტი:

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

$$M_{დ} > M_{გ}$$

ძვრის ძალა:

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

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

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

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

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

**ვარიანტი 2:**

კედლის მასა:  $G = G_1 + G_2$ ;

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

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

$G=37,7$  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:

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

$$M_{\text{გ}} > M_{\delta}$$

ძერის ძალა:

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

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

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

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

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

### 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:

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

$$M_{\text{გ}} > M_{\delta}$$

ძერის ძალა:

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

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

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

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

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

ამიტომ უზრდით 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.

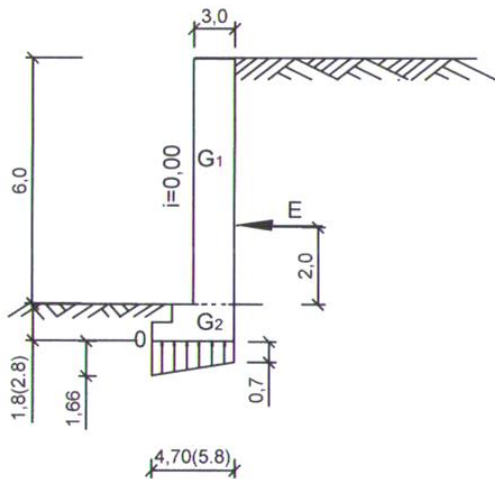
### 3.2.2. ვერტიკალური მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშება. (გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი)

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

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

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

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



ნახ. 3.2. მასიური ვერტიკალური საყრდენი კედელი

საძირკვლის სიგანე

$$b_H = 1,2 \cdot 7,8 \left( -0 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,9}{2,4} \cdot 0,55 + 0} \right) = 9,36 \cdot 0,51 = 4,77 \text{ მ}$$

გაანგარიშება:

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

$$\text{სათანადო ცხრილიდან: } C_1 = C_2 = 0; \quad \mu = 0,41.$$

კედლის სისქე საძირკვლის ჩასატრის დონეზე:

$$b_0 = 6,0 \left( -0 + \sqrt{0,75 \cdot \frac{1,9}{2,4} \cdot 0,55 + 0} \right) = 6 \cdot 0,51 = 3,06 \text{ მ}$$

ვიღებთ  $b_0 = 3,0 \text{ მ}$ .

ვიღებთ  $b_{II} = 4,7$  მ.

საყრდენი კედლის მასა:

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

$$M_{\gamma} = nE \cdot \frac{H_0}{3} = 1,2 \cdot 28 \cdot \frac{7,8}{3} = 87,36 \text{ ტმ}; \quad M_{\rho} = 0,8(43,2 \cdot 3,2 + 20,3 \cdot 2,35) = 185,9 \text{ ტმ}$$

$$M_{\rho} > M_{\gamma}$$

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

საჭიროა კედლის მასის გაზრდა. ვზრდით კედლის სისქეს  $b = 3,7$  მ და საძირკვლის ზომებს:

სიღრმე  $h = 2,8$  სიგანეს:

$$b_{II} = 5,8 \text{ მ მაშინ:}$$

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

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

გრუნტზე დაბევების შემოწმება:

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

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

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

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

ანალოგიურად გვაქვს შესრულებული მასიური ვერტიკალური საყრდენი კედლის გაანგარიშება (ნაშრომში არ მოგვაქვს, თუმცა ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებისას მიღებული გვაქვს მხედველობაში).

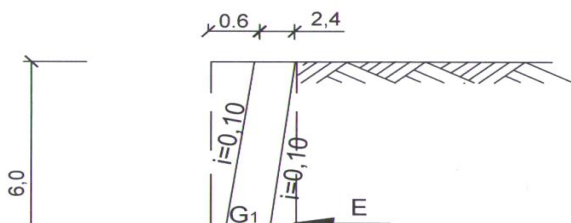
### 3.2.3. დახრილი მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშება. (გრუნტი – წყალნაჯვარი თიხნარი)

მონაცემები გაანგარიშებისათვის: (ნახ. 3.3.)

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

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

$$E = 28,0 \text{ ტ}; \quad f = 0,45$$



განგარიშება: წინა და უკანა წახნაგების ქანობია

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

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

კედლის სისქე საძირკვლის შენატვის დონეზე:

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

ნახ. 3.3. დახრილი მასიური  
საყრდენი კედელი

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:

$$G_1 = 2,4 \cdot 6 \cdot 2,4 = 34,56 \text{ ტ}; \quad G_2 = 3,7 \cdot 1,8 \cdot 2,4 = 15,98 \text{ ტ}. \quad G = 50,54 \text{ ტ}.$$

გადამბრუნებელი მომენტი:

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

დამტყერი მომენტი:

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

$$M_{\varepsilon} > M_{\delta}$$

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):

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

$$h = 2,6 \text{ მ, მაშინ:}$$

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

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

დამჭერ მომენტს არ გამოწმებთ, რადგან პირველ შემთხვევაში იგი აღემატებოდა  $M_2$ -ს.  
 $T = 0,8 \cdot 0,45 \cdot 78,8 = 28,4 \text{ ტ} > E = 28,0 \text{ ტ}$ .

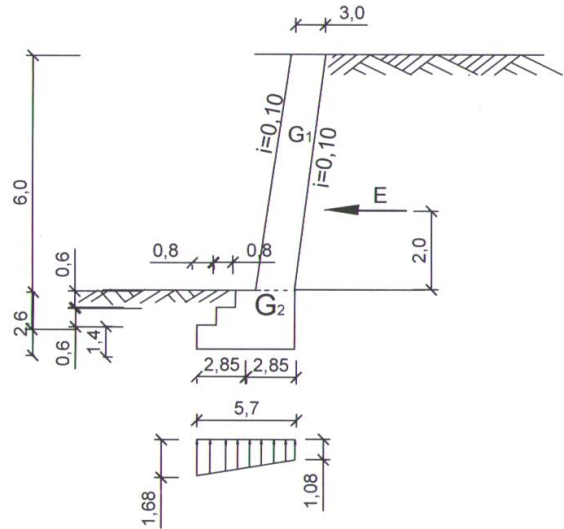
გრუნტზე ძაბვების შემოწმება:

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

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

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

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



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.

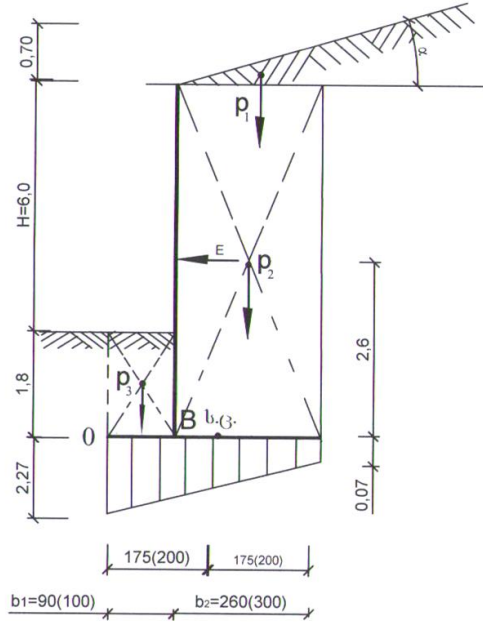
#### 3.2.1. გრუნტი – მშრალი ქვიშნარი

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

$$\begin{aligned}
 H &= 6,0 \text{ მ}; & h &= 1,8 \text{ მ}; & \varphi &= 32^\circ; & \gamma_{\text{გრ}} &= 1,62 \text{ ტ/მ}^3; \\
 R^\sigma &= 3,0 \text{ კგ/სმ}^2; & \gamma_{\text{საშ}} &= C^1 \cdot \gamma = 1,1 \cdot 1,62 = 1,78 \text{ ტ/მ}^3; \\
 \alpha &= 15^\circ; & \text{tg } \alpha &= 0,26795; & \mu_\alpha &= 0,369; & f &= 0,6 \quad (\text{ნახ.3.5})
 \end{aligned}$$

განგარიშება: საძირკვლის ფილის სიგანის

წინასწარი განსაზღვრა



ნახ. 3.5.

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

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 გამოწმებთ 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):

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

4. დამჭერი მომენტი (n=0,8):

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

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

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:

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



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

გსაზღვრავთ 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 გამოწმებთ გადაბრუნებაზე, რადგან პირველ შემთხვევაში გვქონდა შემოწმებული. კედელს ხელმეორედ გამოწმებთ მხოლოდ ძვრაზე:

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

გამოწმებთ ფუძის გრუნტის სიმტკიცეს:

E და  $\sum P_i$  ძალების მომენტი ფუძის ფილის სიმაღლის 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:

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

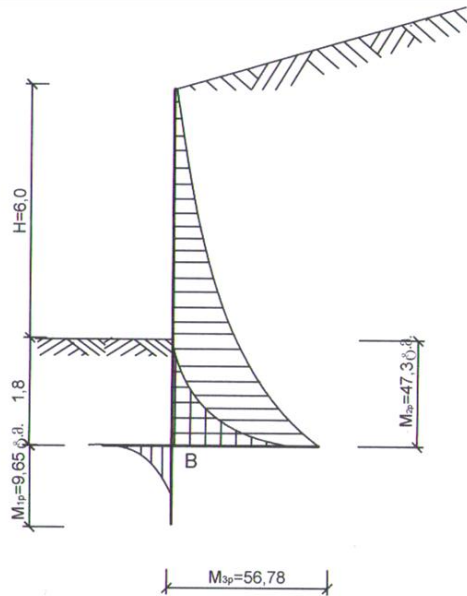
$$M_2 = nP_1 \cdot 2 + nP_2 \cdot 1,5 - F_2 \cdot 1,1 = 1,2 \cdot 1,87 \cdot 2 + 1,2 \cdot 41,65 \cdot 1,5 - \frac{17,2 + 0,7}{2} \cdot 3 \cdot 1,1 = 47,3 \text{ ტ.მ.}$$

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

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

მღუნავი მომენტების ეპიურა იხ. ნახ. 3.6

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



ნახ. 3.6. მდუნავი 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, AT-III კლასის ( $R_s=365$  მპა).

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

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

გაანგარიშება:

ვამოწმებთ კედლის სისქეს:

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

ე.ი. განივი არმატურის ანგარიში საჭირო არ არის.

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

კოეფიციენტის გათვალისწინებით

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

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

$$V = 0,875$$

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

ვიღებთ: 10Φ22A-III (A<sub>s</sub>=38,01 სმ<sup>2</sup>)

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

$$M_1 = 9,65 \text{ ტ.მ}$$

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

$$V = 0,98$$

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

ვიღებთ 6Φ12A-III (A<sub>s</sub>=6,79 სმ<sup>2</sup>)

საძირკვლის ფილის მარჯვენა მხარისათვის:

$$M_2 = 47,3 \text{ ტ.მ}$$

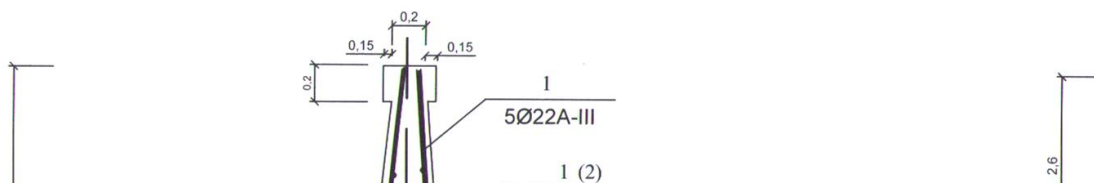
$$B_0 = \frac{473000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,5^2} = 0,183;$$

$$V = 0,899;$$

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

ვიღებთ 10Φ20A-III (A<sub>s</sub>=31,42 სმ<sup>2</sup>)

საყრდენი კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 3.7.



ნახ. 3.7. საყრდენი კედლის დაარმატურება.

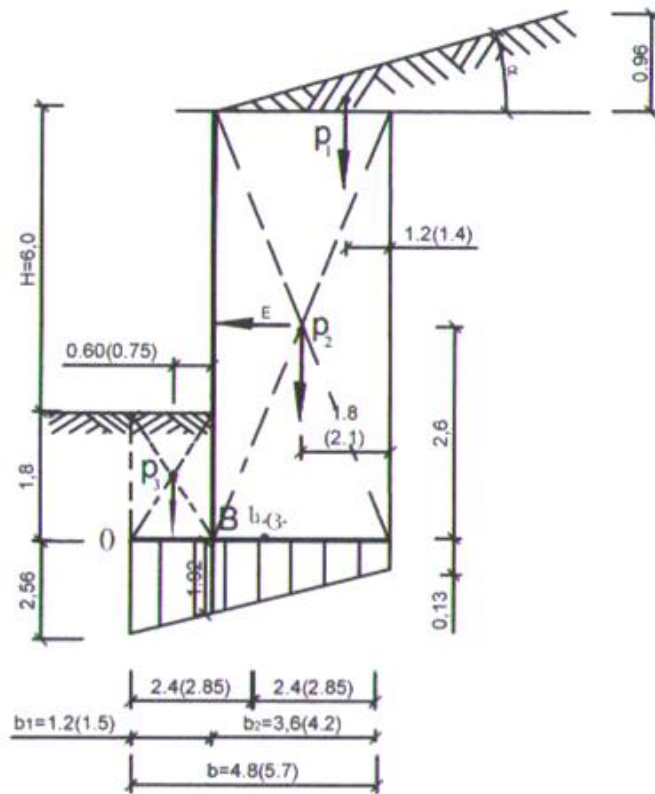
### 3.3.2. გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

$$H = 6,0 \text{ მ}; \quad h = 1,8 \text{ მ}; \quad \varphi = 23^0; \quad \gamma = 1,9 \text{ ტ/მ}^3; \quad R^{\sigma} = 1,8 \text{ კგ/სმ}^2;$$

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

$$\alpha = 15^0; \quad \operatorname{tg} \alpha = 0,26795; \quad \mu_{\alpha} = 0,54; \quad f = 0,6 \quad (\text{ნახ. 3.8.})$$



ნახ. 3.8

განგარიშება:

სადირკელის ფილის სიგანის წინასწარი განსაზღვრა

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

სადირკელის 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>i</sub> და  $\sum P_i$  ტონი:

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

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

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

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

$$\sum P_i = 64,9 \text{ ტ}$$

3. გადაბრუნებელი 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 ( $n=0,8$ ):

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

$$M_{\text{ღ}} > M_{\delta}$$

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:

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

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

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

$$\sum P_i = 76,8 \text{ ტ}$$

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

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:

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

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

$$\sigma_{\text{მ6}} = 1,33 \text{ ტ/მ}^2 = 0,13 \text{ კგ/სმ}^2$$

მართალია,  $\sigma_{\max} > 1,2 \cdot R^{\sigma}$

მაგრამ საძირკვლის ფილის მიღებულ ზომებს ვტოვებთ უცვლელად და ფუძის საანგარიშო წინაღობას გავზრდით მასში ხრეშის (ან ღორღის) ჩატკეპნით.

საყრდენი კედლის ფილების გაანგარიშება სიმტკიცეზე

მღუნავი მომენტები ფილების ურთიერთმიერთების წერტილის (B წერტილი) მიმართ:

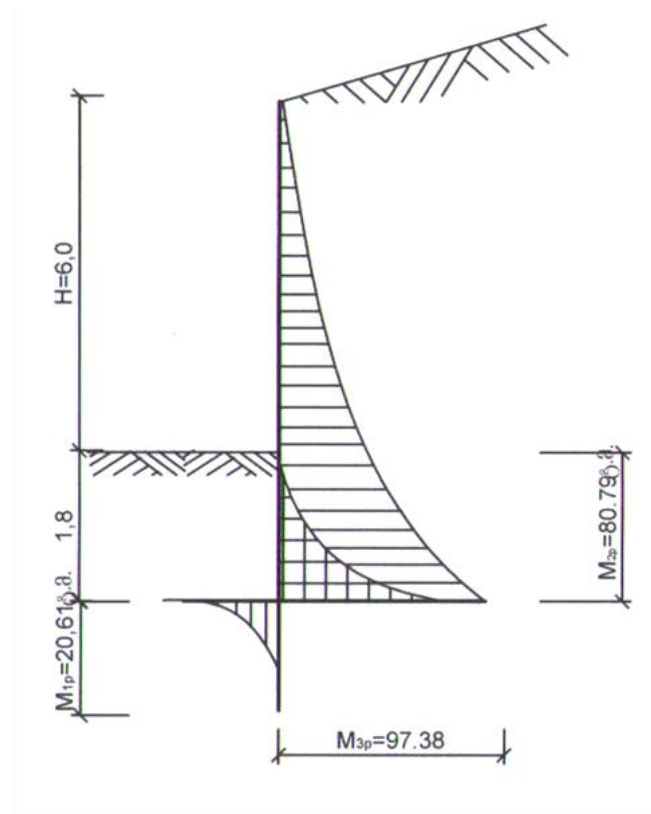
$$M_1 = F_1 \cdot 0,76 - nP_3 \cdot 0,75 = \frac{25,6 + 19,2}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,76 - 1,2 \cdot 5,48 \cdot 0,75 = 20,61 \text{ ტ.მ.}$$

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

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

$$\Sigma M \approx 0$$

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;

$$M_1 = 20,61 \text{ ტ.მ.}$$

და

$$M_2 = 80,79 \text{ ტ.მ.}$$

კედლის ფილის დაარმატურება:

კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $b=1,0$  მ;  $h=0,6$  მ;  $a=0,05$  მ;

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

$R_b=11,5$  მპა; არმატურა A<sub>T</sub>-III<sub>C</sub> კლასის ( $R_s=265$  მპა).

საანგარიშო მღუნავი მომენტი  $M=973,8$  კნ.მ

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

გაანგარიშება:

ვამოწმებთ კედლის მიღებულ სისქეს ( $h=0,6$  მ).

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

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 ( $A_s=61,58$  სმ<sup>2</sup>).

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

საძირკვლის ფილის მარცხენა 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<sub>s</sub>=11,31 სმ<sup>2</sup>).

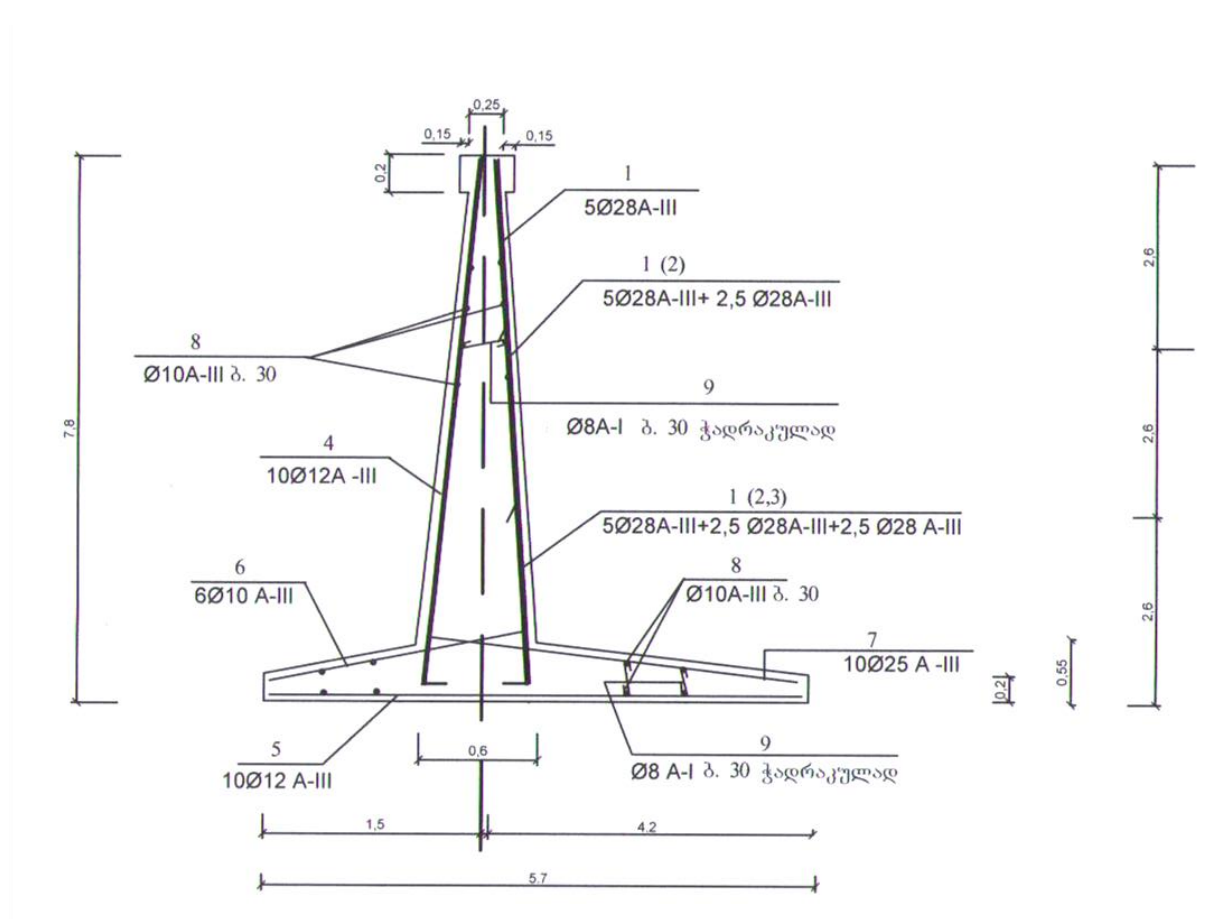
საძირკვლის ფილის მარჯვენა კონსოლისათვის:

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

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

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

საყრდენი კედლის არმირება იხ. ნახ. 3.10.



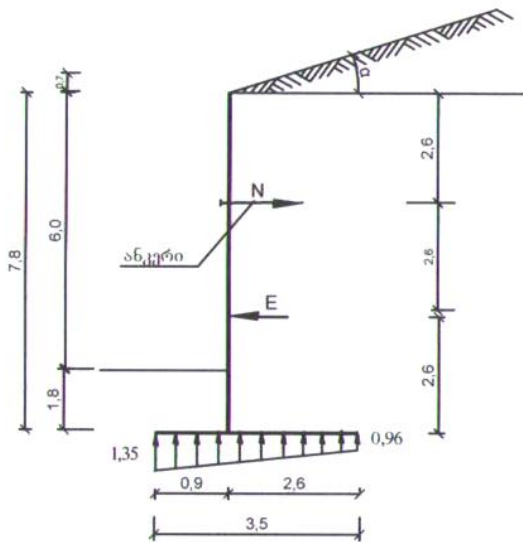
ნახ. 3.10. საყრდენი კედლის დაარმატურება

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

### 3.4.1. გრუნტი-მშრალი ქვიშარი

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).



$$18.2 \text{ ტ}$$

$$\frac{E}{2} = 9,1 \text{ ტ}$$

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.

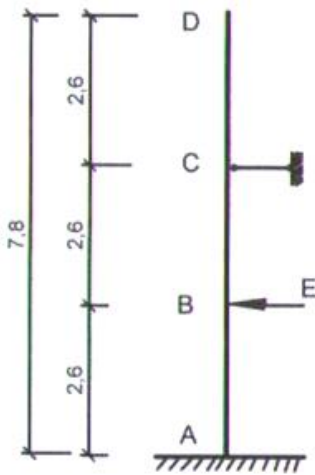
$$E = 18.2 \text{ ტ} \quad N = \frac{E}{2} = ? \text{ ტ}$$

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

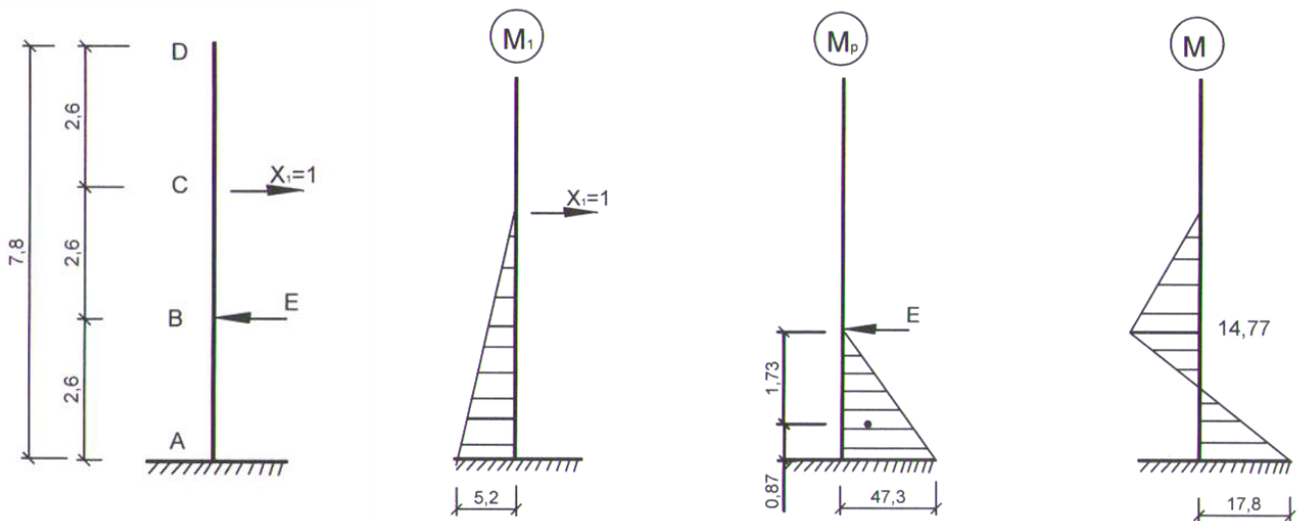
საანგარიშო სქემა

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

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



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:

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

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

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

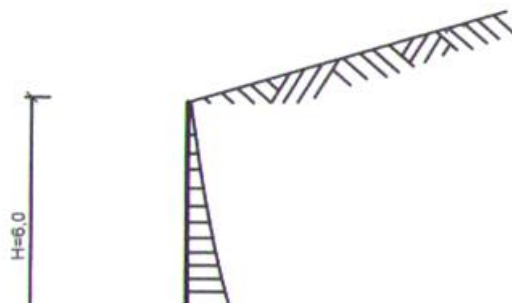
**საყრდენი კედლის ფილების გაანგარიშება სიმტკიცეზე**

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

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

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

მღუნავი მომენტის ეპიურა იხ. ნახ. 3.13.



ნახ. 3.13. მღუნავი მომენტების ეპიურა

საყრდენი კედლის ფილების დაარმატურება

მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

1. კედლის ფილისათვის:

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

2. საძირკედლის 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).

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

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

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

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

ვიდებთ: 10  $\Phi 20$  A-III ( $A_s=31,42$  სმ<sup>2</sup>).

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

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

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

ვიღებთ: 5  $\Phi 12$  A-III ( $A_s=5,65$  სმ<sup>2</sup>).

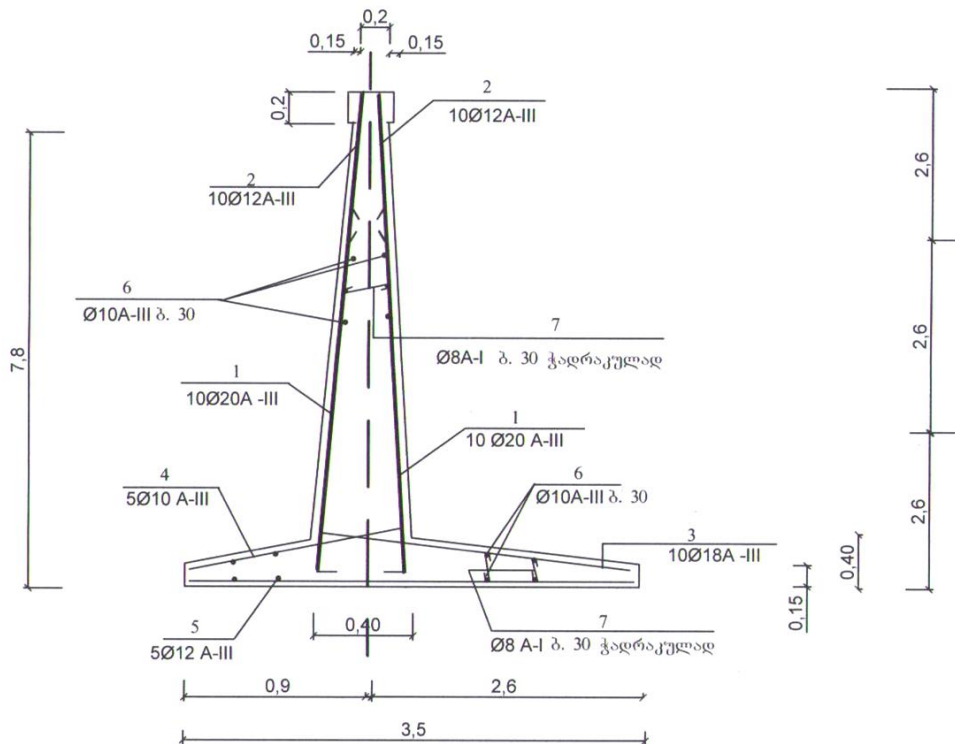
საძირკვლის ფილის მარჯვენა მხარისათვის:  $M_2=28,5$  ტ.მ.

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

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

ვიღებთ: 10  $\Phi 18$  A-III ( $A_s=25,45$  სმ<sup>2</sup>).

საყრდენი კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 3.14.

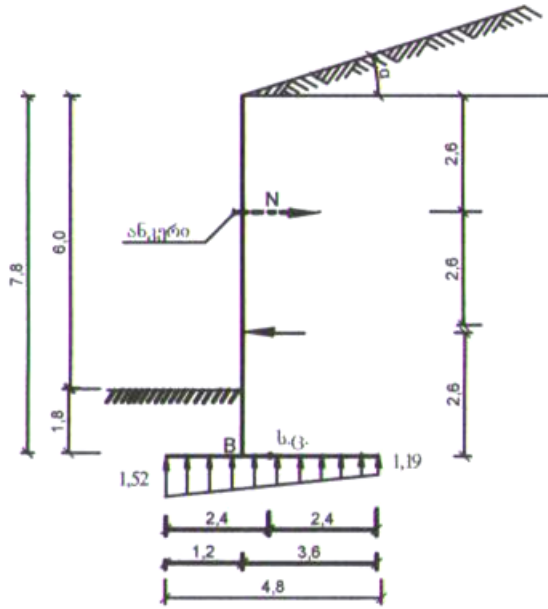


ნახ. 3.14. საყრდენი კედლის დაარმატურება.

### 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).

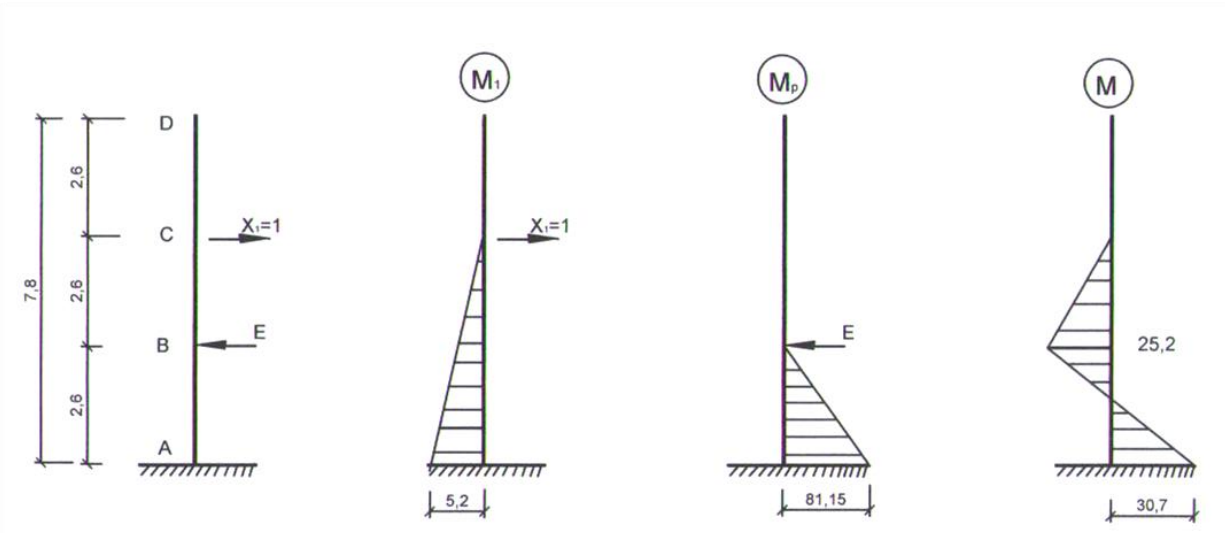
კედლის კონსტრუქციულ სქემა იხ. ნახ. 3.15.



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

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

$$\Delta_{1p} = \frac{81,15 \cdot 2,6}{2} \cdot 4,33 = 456,8$$

$$x_1 = 9,7 \text{ ტ}$$

ჯამური მომენტები:

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

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

შევამოწმოთ პირობა:  $M_{\text{დ}} > M_{\text{გ}}$

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

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:

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

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

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

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

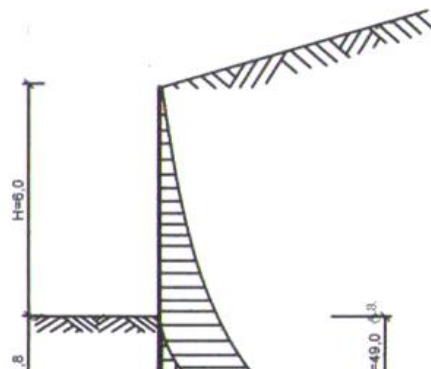
მღუნავი მომენტები B წერტილის მიმართ

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

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

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

მღუნავი 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).

$$bh_0R_s=100 \cdot 40 \cdot 9=36000 \quad კგ=36 \text{ ტ} > 1,2 \cdot Q=11,64 \text{ ტ};$$

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

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

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

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 ( $A_s=6,79 \text{ სმ}^2$ ).

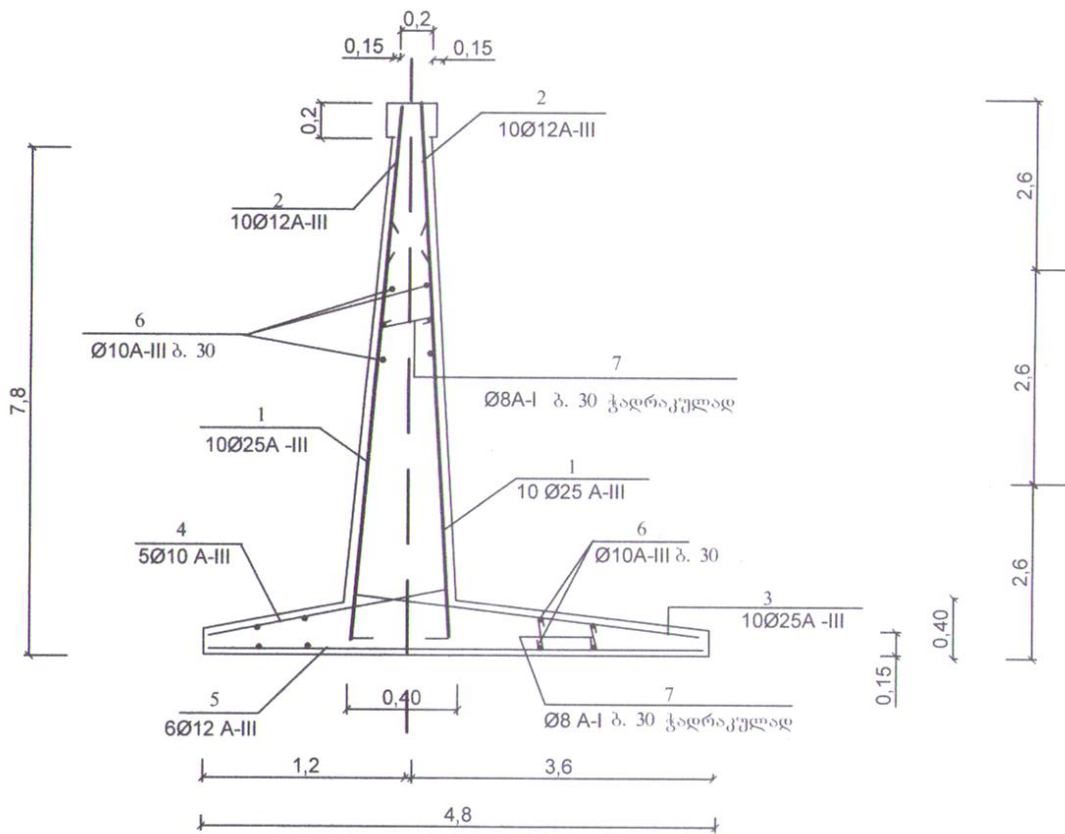
სადირკვლის ფილის მარჯვენა მხარისათვის:  $M_2=49,0 \text{ ტ.მ.}$

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

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

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

საყრდენი კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 3.18.



ნახ. 3.18. საყრდენი კედლის დაარმატურება.

#### თავი 4

შემოთავაზებული მეწყერსაწინააღმდეგო ბრუნტულანკერებიანი 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 დაუშვავათ  $H=6,0$  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.

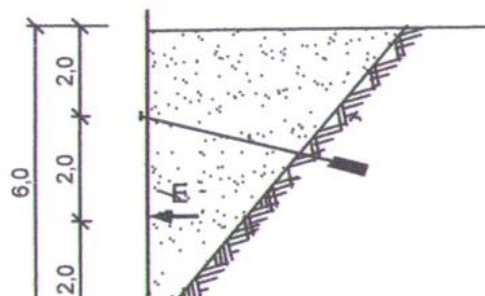
– საძირკველში სახსროვნად ჩამაგრებული, 2 იარუსად განთავსებული, E ძალის მოდების წერტილიდან ერთნაირ მანძილზე მოწყობილი გრუნტული ანკერებით.

ასეთ შემთხვევაში: არ იქნება საჭირო მასიური საძირკველი; შემცირდება მღუნავი მომენტის მნიშვნელობები კედლის განიგვეთებში; 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.

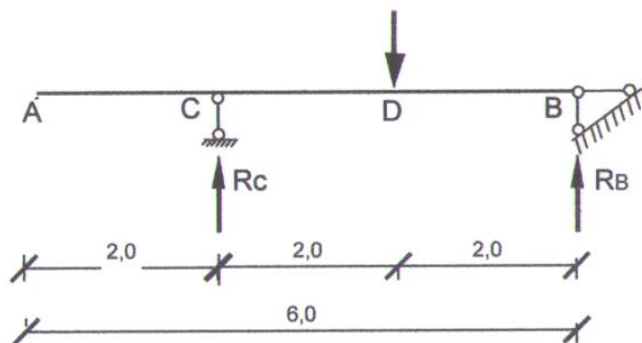
ხოლო ნახ. 4.2-ზე მოცემულია საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა. გამჭიმავი ძალები გრუნტული ანკერების მჭიმებში

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

ხოლო მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა D წერტილში

$$M_{\text{მაქს}} = 2N$$

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



ნახ.4.2. საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა.

სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის გვექნება:

– მშრალი ქვიშნარისათვის:

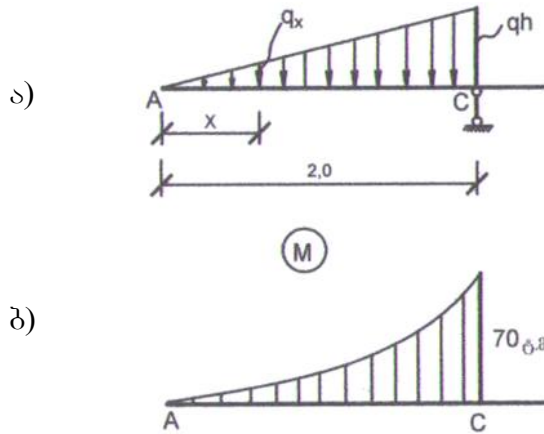
$$N = \frac{11 \cdot 84}{2} = 5,9 \text{ ტ}; \quad \text{და} \quad M_{\text{მაქს}} = 11,8 \text{ ტ.მ.}$$

– წყალნაჯერი თიხნარისათვის:

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

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

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



ნახ. 4.3. საყრდენი კედლის კონსოლური ნაწილი.  
 ა) – საანგარიშო სქემა; ბ) – მდუნავი მომენტების ეპიურა

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

### 4.2.1. წყალნაჯვარი 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 (მ 250);  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა S AT-III კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მდუნავი მომენტი  $M=280$  კნ.მ.

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

= გაანგარიშება

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

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

ესაზღვრავთ  $B_0$ -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.

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

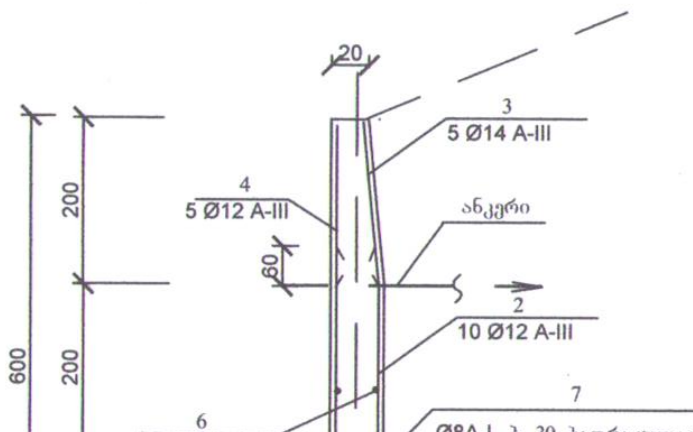
$$A_s = \frac{7}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,96 \cdot 0,3} = 0,06659 \text{ მ}^2 = 6,66 \text{ სმ}^2$$

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 (მ 250);  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა S AT-III კლასის ( $R_s=365$  მპა).

საჭიროა გრძივი არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა.

#### გაანგარიშება

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

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

ვსაზღვრავთ  $B_0$ -ის მნიშვნელობას ფორმულით:



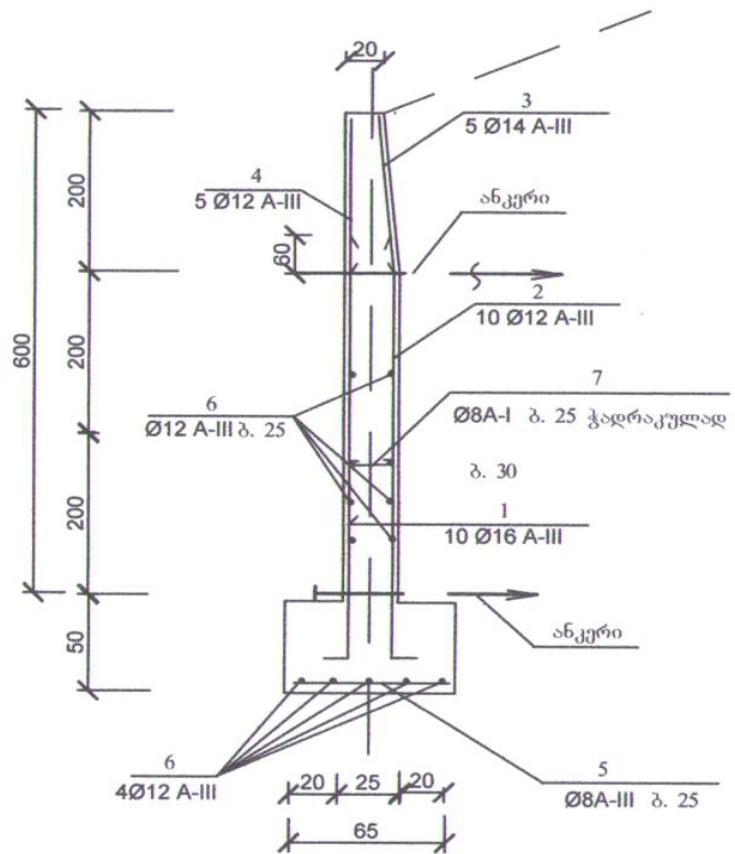
$$B_0 = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{118000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,2^2} = 0,285 < B_R$$

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 ვაწყოთ კონსტრუქციულად კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.5.



ნახ. 4.5. ლენტური საყრდენი კედლის დაარმატურება მშრალი ქვიშნარის შემთხვევისათვის.

### 4.3. სვეტებიანი საყრდენი კედლების გაანგარიშება

#### 4.3.1. წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის

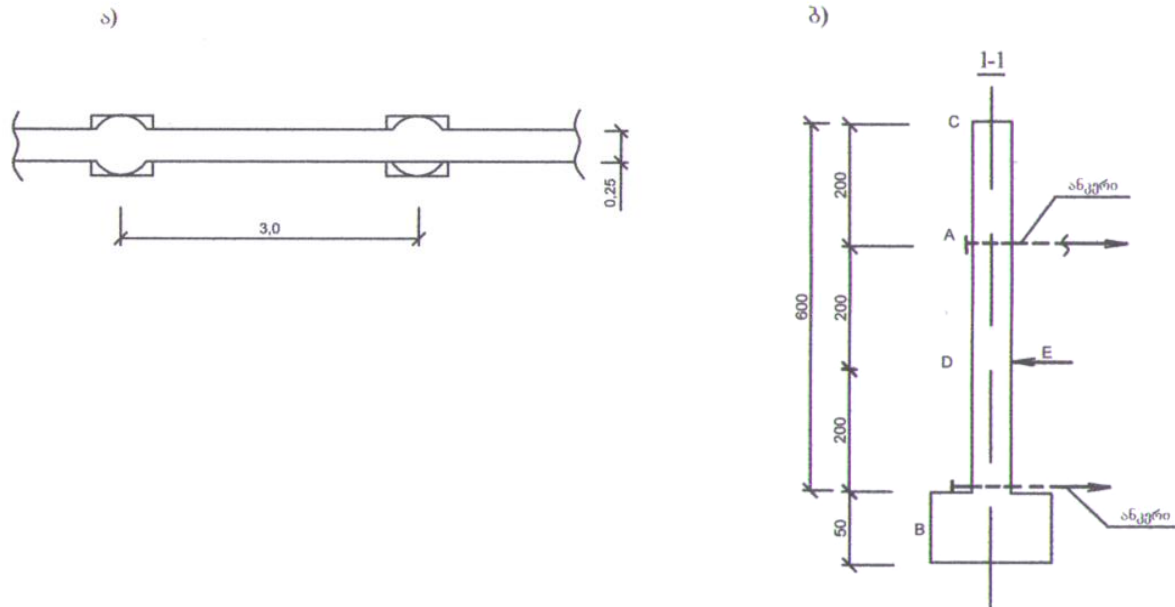
მონაცემები გაანგარიშებისათვის:

სვეტების ბიჯი დავუშვათ 3 მ;

მაშინ 1 სვეტზე

$$M_{\text{მაქს}} = 28 \cdot 3 = 84 \text{ ტ.მ.}$$

სვეტი მივიღოთ წრიული კვეთის  $d=50$  სმ. კედლები მივიღოთ სისქით 25 სმ დავამუშაოთ როგორც კოჭოვანი ფილა – სვეტებზე ხისტი მიმაგრებით. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა იხ. ნახ. 4.6.



ნახ.4.6. სვეტებიანი საყრდენი კედელი  
ა) გვერდის ფრაგმენტი; ბ) ჭრილი 1-1.

მდუნავი მომენტები ტოლია:

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

$$M_A = 21 \text{ ტ.მ}$$

## 1. სვეტის გაანგარიშება.

– მონაცემები გაანგარიშებისათვის

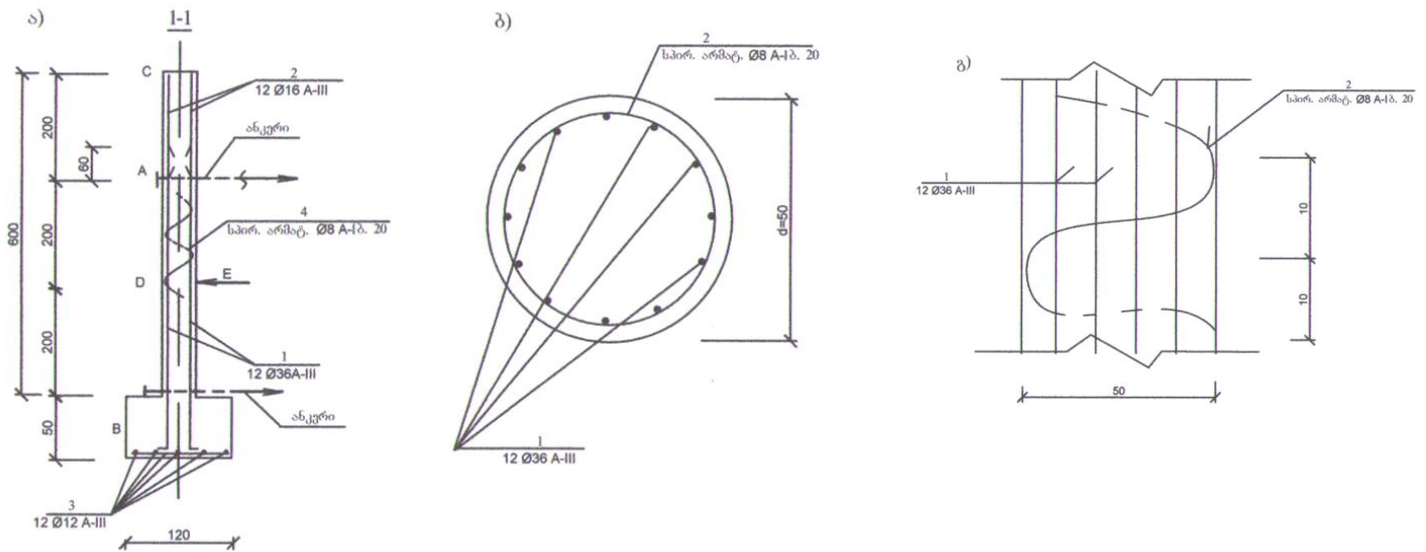
კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები:  $d=50$  სმ;  $a=0,05$  მ;  $h_0=0,45$  მ; ბეტონი მძიმე B20 კლასის ( $m=250$ );  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა S AT-III კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მდუნავი მომენტი  $M=840$  კნ.მ.

კომპიუტერული გაანგარიშების (დანართი 1) მუშა არმატურის განიკვეთის 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 Φ36 A-III (A<sub>s</sub>=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.)

$$h = 1,9 \cdot 6 = 11,4 \text{ ტ}$$

კედელს ვანგარიშობთ როგორც სვეტებში ხისტად ჩამაგრებულ კოჭოვან ფილას.

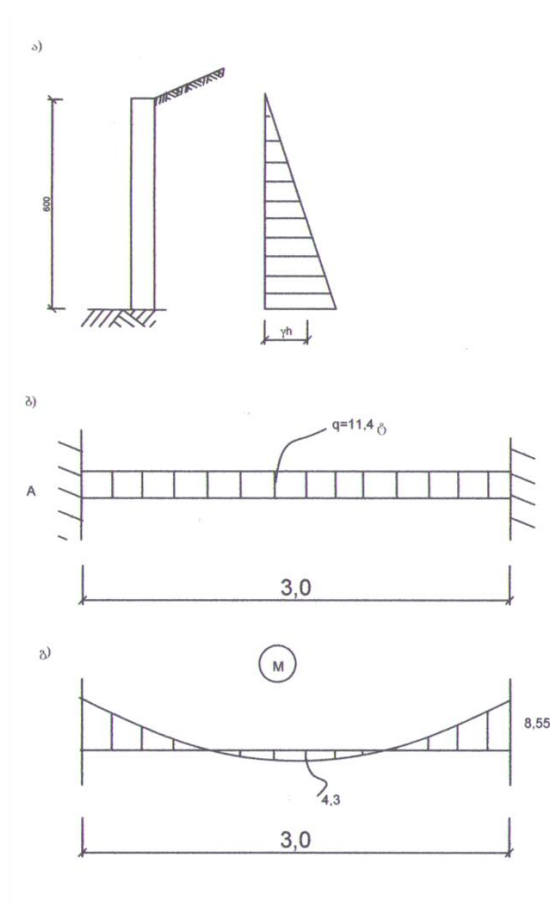
მის საანგარიშო სქემას ექნება ასეთი სახე (ნახ. )

მომენტი საყრდენზე:

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

მომენტი მალში

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



ნახ. 4.8. კედლის გაანგარიშებისათვის

ა) კედელზე გრუნტის დაწნევის ეპიურა; ბ) კედლის საანგარიშო სქემა; გ) მღუნავი 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 (მ 250);  $R_b = 11,5$  მპა; არმატურა S AT-III კლასის ( $R_s = 365$  მპა). საანგარიშო მღუნავი მომენტი საყრდენზე  $M = 85,5$  კნ.მ.

გაანგარიშება:

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

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

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

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

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

$$A_0 = \frac{43000}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 20^2} = 0,104; \quad V = 0,945$$

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

ვიღებთ: 10  $\Phi 10$  A-III (As=7,85 სმ<sup>2</sup>).

ასეთი არმირება მიღებულია კედლის ფუძიდან 2 მ სიმაღლეზე, ხოლო მომდევნო 2 მ-ზე

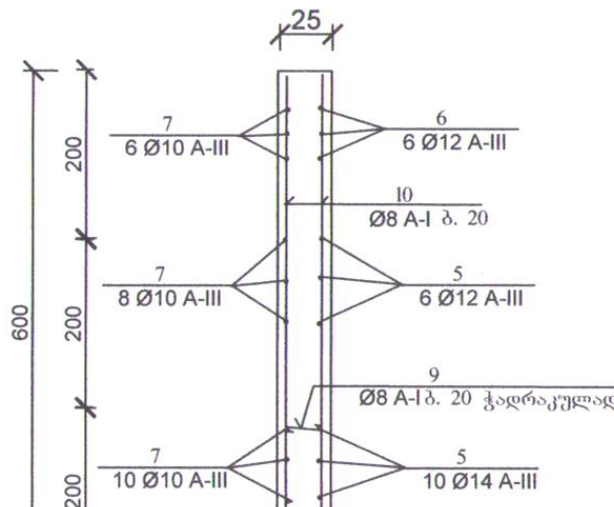
მიღებულია: საყრდენზე 8 $\Phi 14$ A-III

მაღში: 8  $\Phi 10$  A-III

კედლის სიმაღლის ბოლო ორ მეტრზე მიღებულია:

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

კედლის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.9.



### ნახ. 4.9. კედლის დაარმატურება

#### 4.3.2. მშრალი ქვიშნარის შემთხვევისათვის

1. სვეტების გაანგარიშება.

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

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

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

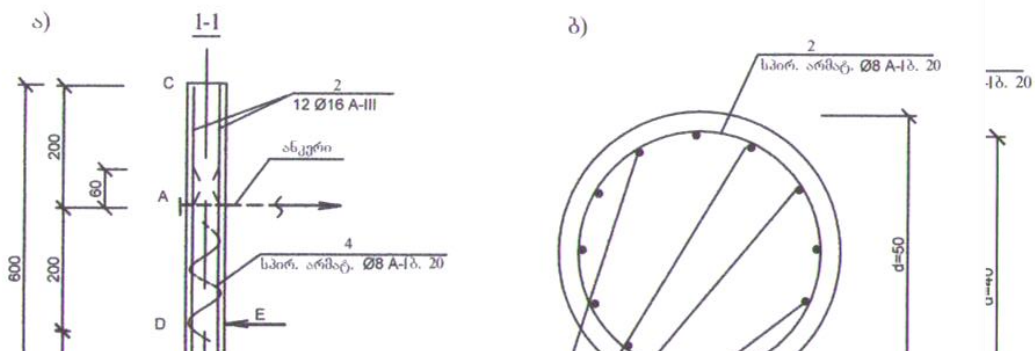
$a=0,05$  მ;  $h_0=0,35$  მ; ბეტონი მძიმე B20 კლასის ( $m=250$ );  $R_b=11,5$  მპა; არმატურა A-T-III კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მღუნავი მომენტი  $M=354$  კნ.მ.

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

კომპიუტერული გაანგარიშების საფუძველზე (დანართი 1) 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 განგარიშება

კედლის ქვედა ბოლოზე გრუნტის წნევის ეპიურის ორდინატა ტოლია

$$p = 1,62 \cdot 6 = 9,72 \text{ ტ}$$

მღუნავი მომენტი საყრდენზე (ჩამაგრებებში)

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

მღუნავი მომენტი მალში

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

საყრდენისათვის:

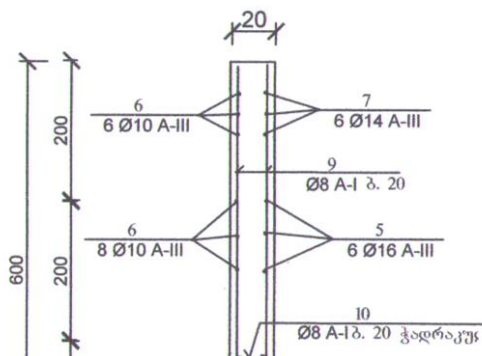
$$A_0 = \frac{72900}{10,35 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 15^2} = 0,31 \quad V = 0,81$$

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

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

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 (მ 400);

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

არმატურა AT-III C კლასის ( $R_s=365$  მპა). საანგარიშო მდუნავი 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:

##### 2. კედლის გაანგარიშება

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

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

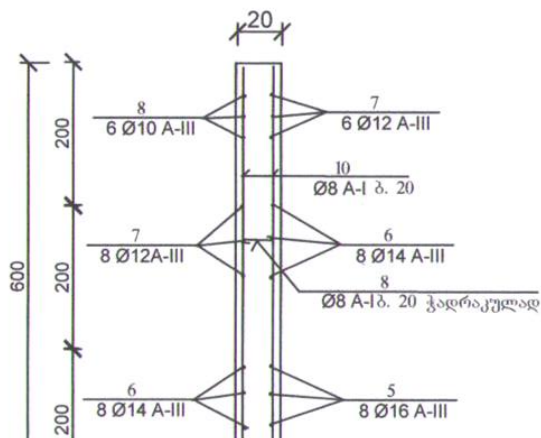
მიღებულია

$$A_s = 16,08 \text{ სმ}^2$$





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



ნახ. 4.13. საყრდენი კედლის დაარმატურება

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

სვეტის დაარმატურება იხ. ნახ. 4.12.

4.4.2. წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის  
1. სვეტის გაანგარიშება.

ბეტონი მძიმე B 30 კლასის (მ 400);

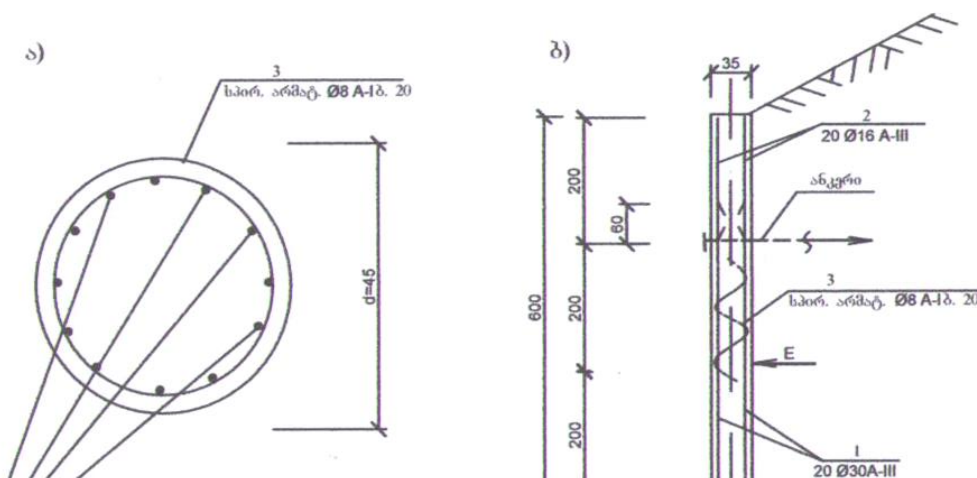
$$R_b \cdot \gamma_{b2} = 17,0 \cdot 0,9 = 15,3 \text{ მპა;}$$

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 ჭრილი; ბ) გრძივი ჭრილი

2. კედლის გაანგარიშება

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

$$M_b = 8,55 \text{ ტ.მ.}$$

მღუნავი მომენტი მაღში

$$M_a = 4,3 \text{ ტ.მ.}$$

კედლის სისქე –  $b=20$  სმ.

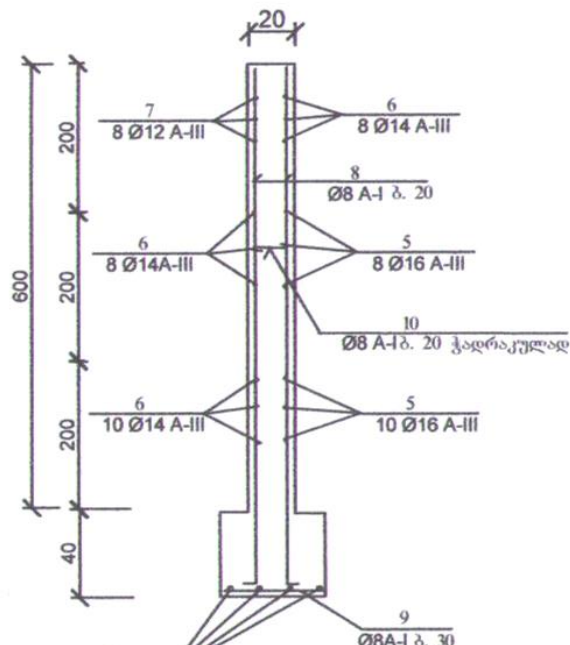
$$B_0 = \frac{85500}{15,3 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 15^2} = 0,248$$

$$V = 0,855$$

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

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

კედლის დაარმატურება



ნახ. 4.15 კედლის დაარმატურება

4.5. არმატურის სპეციფიკაციები მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლების 10 გრძ.

მეტრისათვის

საყრდენი კედლის მარკა	საყრდენი კედლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა	არმატურის სპეციფიკაცია						არმატურის ამოკრება				
		პოზ. №	ესკიზი	φ მმ	l სმ	n ცალი	nxl მ	φ მმ	Σ nxl მ	q კვ		
										A-I	A-III	
სკ-5	ტრადიციული რკ.ბეტ. B-20, უანკერო, მშრ. ქვიშა	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	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
სკ-5		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	სულ		5068		
		8	დაიჭრას ადგილზე	10AIII	---	---	2240	V <sub>ბ</sub> = 42,2 მ <sup>3</sup>				
		9	ცვალებადი	8 AI	საშ=60	650	357,5	B-20				

სკ-6	ტრადიციული რკ.ბეტ. B-20, უანკერო, წყალ-ნაჯერი თიხნ.	1		28AIII	795	50	397,5	28AIII	600,1	---	2898
		2		28AIII	535	25	133,8	25AIII	445,0	---	1713
		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>b</sub> =54,8 მ <sup>3</sup>		B-20	
		9		8AI	საშ=60	750	450,0				
სკ-7	ტრადიციული მონოლ B-20 ანკერიანი მშრ. ქვიშა	1		20AIII	575	200	1150,0	20AIII	1150,0	---	2841
		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	საშ=50	588	294,0	სულ		5494	
						V <sub>b</sub> =31,8 მ <sup>3</sup>		B-20			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
სკ-8	ტრადიციული მონოლ B-20 ანკერიანი წყალ-ნაჯერი	1		25AIII	575	200	1150,0	25AIII	1530,0	---	5891
		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

	თიხნ.	6	დაიჭრას ადგილზე	10AIII	---	---	2440	სულ		8295	
		7	ცვალებადი	8AI	საშ=50	680	340,0	V <sub>ბ</sub> =39,5 მ <sup>3</sup>		B-20	
სკ-9	შემოთ. უსვეტებო B-20 მშრ. ქვიშა	1	4850   200	16AIII	505	100	505	16AIII	505,0	---	798
		2	4800   200	12AIII	505	100	505	14AIII	100,0	---	121
		3	2000	14AIII	200	50	100,0	12AIII	1125,0	---	1001
		4	2000	12AIII	200	50	100,0	8AI	192,0	76	---
		5	600	8AI	60	40	24,0	ჯამი		76	1920
		6	დაიჭრას ადგილზე	12AIII	---	---	520,0	სულ		1996	
		7	200	8AI	35	480	168,0	V <sub>ბ</sub> =17,3 მ <sup>3</sup>		B-20	
სკ-10	შემოთ. ლენტური უსვეტო B-20 წყალნ. თიხნ.	1	5050   200	20AIII	525	100	525	20AIII	525,0	---	1297
		2	5050   200	12AIII	525	100	525	14AIII	100,0	---	121
		3	2000	14AIII	200	50	100,0	12AIII	1175,0	---	1046
		4	2000	12AIII	200	50	100,0	8AI	187,0	166	---
		5	700	8AI	70	35	24,5	ჯამი		166	2464
		6	დაიჭრას ადგილზე	12AIII	---	---	550,0	სულ		2630	
		7	300	8AI	45	350	162,0	V <sub>ბ</sub> =23,3 მ <sup>3</sup>		B-20	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
სკ-11	შემოთ. სვეტე- ბიანი B-20 მშრ. ქვიშა	1	5150   300	25AIII	545	40	218,0	25AIII	218,0	---	839
		2	2000	16AIII	200	40	80,0	16AIII	480,0	---	758
		3	1150	12AIII	115	40	46,0	14AIII	170,0	---	206
		4	დაიჭრას ადგილზე	8AI	---	---	145,0	12AIII	46,0	---	41
		5	დაიჭრას ადგილზე	16AIII	---	---	400,0	8AI	813,0	321	---

		6	ლაიქრას ადგილზე	10AIII	---	---	500,0	ჯამი	321	1844	
		7	ლაიქრას ადგილზე	14AIII	---	---	170,0	სულ	2165		
		8	450	8AI	45	35	15,8	V <sub>ბ</sub> =17,2 მ <sup>3</sup> B-20			
		9	ლაიქრას ადგილზე	8AI	---	---	540,0				
		10	150	8AI	25	450	112,5				
სკ-12	შემოთ. სვეტუ- ბიანი B-20 წყალნ. თიხნ.	1	5150	36AIII	545	40	218,0	36AIII	218,0	---	1742
		2	2000	16AIII	200	40	80,0	16AIII	80,0	---	126
		3	1150	12AIII	115	40	46,0	14AIII	400,0	---	484
		4	ლაიქრას ადგილზე	8AI	---	---	160,0	12AIII	206,0	---	183
		5	ლაიქრას ადგილზე	14AIII	---	---	400,0	8AI	919,0	363	---
		6	ლაიქრას ადგილზე	12AIII	---	---	160,0	ჯამი	363	2535	---
		7	ლაიქრას ადგილზე	10AIII	---	---	510,0	სულ	2898		
		8	450	8AI	45	28	12,6	V <sub>ბ</sub> =20,4 მ <sup>3</sup> B-20			
		9	ლაიქრას ადგილზე	8AI	30	440	132,0				
		10	200	8AI	---	---	614,0				
სკ-13	შემოთ. სვეტუ- ბიანი B-20 მშრ. ქვიშნ.	1	5150	25AIII	545	40	218,0	25AIII	218,0	---	839
		2	2000	16AIII	200	40	80,0	16AIII	260,0	---	411
		3	ლაიქრას ადგილზე	8AI	---	---	110,0	14AIII	360,0	---	436
		4	1150	12AIII	115	40	46,0	12AIII	406,0	---	361
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
სკ-13	შემოთ. სვეტუ- ბიანი B-20 მშრ. ქვიშნ.	5	ლაიქრას ადგილზე	16AIII	---	---	180,0	8AI	899,0	355	---
		6	ლაიქრას ადგილზე	14AIII	---	---	360,0	ჯამი	355	2047	---
		7	ლაიქრას ადგილზე	12AIII	---	---	360,0	სულ	2402		
		8	200	8AI	30	710	213,0	V <sub>ბ</sub> =16,8 მ <sup>3</sup> B-30			
		9	450	8AI	45	35	15,8				

		10	ლაიქრას ადგილზე	8AI	---	---	560,0				
სკ-14	შემოთ. სვეტე- ბიანი B-20 წყალნ. თიხნ.	1	5100 300	30AIII	540	66	356,4	30AIII	356,4	---	1978
		2	2000	16AIII	200	66	132,0	16AIII	442,0	---	698
		3	ლაიქრას ადგილზე	8AI	---	---	140,0	14AIII	520,0	---	629
		4	1150	12AIII	115	40	46,0	12AIII	246,0	---	219
		5	ლაიქრას ადგილზე	16AIII	---	---	310,0	8AI	1166,0	1038	---
		6	ლაიქრას ადგილზე	14AIII	---	---	520,0	ჯამი		1038	3524
		7	ლაიქრას 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 მონაცემების 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;



შემოთავაზებულ მონოლითურ სვეტებიან საყრდენ კედლებში – ასევე ორ იარუსად, ბიჯით 3 მ (ჩაანკერებული იქნებიან მხოლოდ სვეტები).

ყველა ანკერი განთავსებული იქნება ჰორიზონტის მიმართ  $\omega=15^0$ -იანი კუთხით.

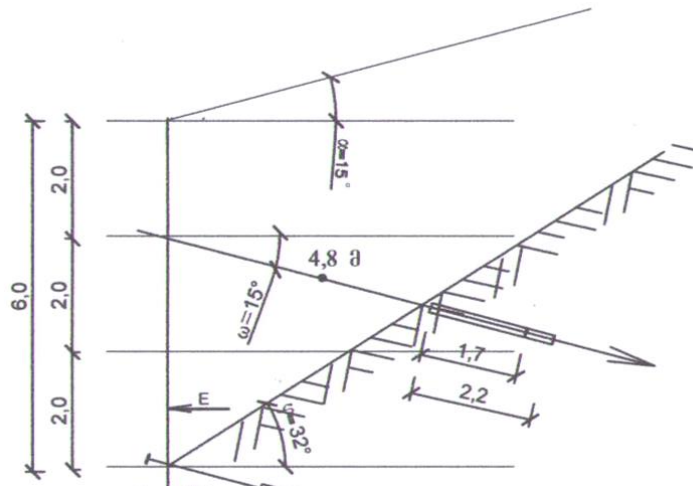
ქვემოთ, ცხრილში 4.1. მოცემულია ანკერის მჭიმებში აღძრული გამჭიმავი ძალების ჰორიზონტალური პროექციების ნიშნებები (მიღებული გაანგარიშებებით – თავი 2) და მათი რეალური მნიშვნელობები  $\omega=15^0$ -ით დახრისას.

ცხრილი 4.1. ანკერების მჭიმებში აღძრული გამჭიმავი ძალები, ტ

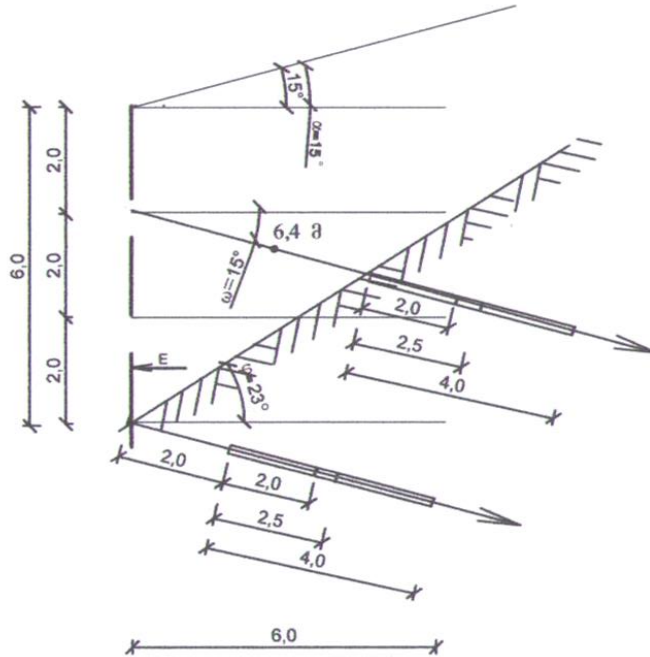
საყრდენი კედლის ტიპი	გრუნტული პირობები	ანკერის მარკა	ანკერის მჭიმში აღძრული ძალის ჰორიზონტალური პროექცია (N), ტ	მჭიმში აღძრული ძალა $N_i = \frac{N}{\cos \omega}$ , ტ
ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის	მშრალი ქვიშნარი	ა-1	5,68	5,9
	წყალნაჯერი თიხნარი	ა-2	9,7	10,0
შემოთავაზებული მონოლითური რკინაბეტონის ლენტური	მშრალი ქვიშნარი	ა-3	5,9	6,1
	წყალნაჯერი თიხნარი	ა-4	14,0	14,5
შემოთავაზებული მონოლითური რკინაბეტონის სვეტებიანი	მშრალი ქვიშნარი	ა-5	17,7	18,3
	წყალნაჯერი თიხნარი	ა-6	42,0	43,5

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

ა)



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 ხრილში 4.2.

ცხრილი 4.2. 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	დუღაბის ხარჯი ჩაანკერებაზე, კგ
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;

$$F_b = Km_p \pi d_l P_b t g \varphi \quad (4.2)$$

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 ნამატის წნევის სიდიდე, ტ/მ<sup>2</sup>;

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

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

2. გრუნტში ანკერების ჩამაგრების ზონის მზიდუნარიანობის გაანგარიშება.

ანკერი ა – 1 (ა – 1'):

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

ანკერი ა – 2 (ა – 2')

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

ანკერი ა – 3 (ა – 3'):

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

ანკერი ა – 4 (ა – 4'):

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

ანკერი ა – 5 (ა – 5'):

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

ანკერი ა – 6 (ა – 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

**ბამოსაშრობ ბრუნტში კორიზონტალური სადრენაჟე ჯაბურდილიდან  
ფილტრიკეპული წყლის ბამოდინების ელექტროსმით ამაღლების  
შესაძლებლობის ბამოკვლევა.**

5.1. ელექტროსმით გრუნტების ბამოშრობის ძირითადი დებულებები.

კალთებისა და ფერდობის დაცვის შემოთავაზებულ კომპლექსურ სისტემაში, წყალნაჯერი გრუნტების შემთხვევაში, გათვალისწინებულია, გრუნტშემაკავებელი

სისტემების სახით, “დრენაჟული ანკერები” [პატენტი]. ანკერების ამ ტიპის ფუნქციებში, გრუნტების ჩამოზვავებისაგან შეკავების გარდა, შედის გრუნტის გამოშრობაც, ჰორიზონტალურად (ან ჰორიზონტალურობასთან ახლოს) განთავსებულ სადრენაჟე მილში საანკერო მჭიმის გატარების გზით (ნახ. 5.1).

გრუნტის გამოშრობის პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის დამუშავებულ კომპლექსურ სისტემაში ნავარაუდევია ელექტროსმოსის გამოყენება.

ელექტროსმოსი გამოიყენება ლამოვანი და თიხოვანი გრუნტების გამოსაშრობად, გრუნტის წყლების დონის ეფექტური წყალდაწვევის და ქვაბულებისა და ტრანშეების გამოსაშრობად [ ].

გრუნტების გამოშრობის და გრუნტის წყლების ელექტროსმოსით დაწვევის ყველა შემთხვევაში გამოიყენება გრუნტში ვერტიკალურად განთავსებული ნემსაფილტრული დანადგარები – სპეციალური პერფორირებული ფოლადის მილები, რომლებითაც ხდება წყლის ამოქაჩვა.

ელექტროსმოსის მეთოდი ეფუძნება წყლის მოძრაობას ანოდიდან კათოდისაკენ გრუნტის ფორებში მუდმივი დენის ზემოქმედებისას. ამასთან, ნემსაფილტრებთან ერთად, გრუნტში, მათგან 0,5–1,0 მეტრ მანძილზე გამოსაშრობი ზონის მხრიდან, ყურსავენ ფოლადის ელექტროდებს. ნემსაფილტრებს აერთებენ უარყოფით პოლუსთან (კათოდთან), ხოლო ელექტროდებს – დადებით პოლუსთან (ანოდთან). ელექტროდებს განათავსებენ ერთმანეთის მიმართ ჭადრაკული თანმიმდევრობით, ბიჯით 0,75–1,5 მეტრი. ელექტროდენის ზემოქმედებით, გრუნტის ფორებში არსებული წყალი გადაადგილდება ნემსაფილტრებისაკენ, ამასთან ფილტრაციის კოეფიციენტი იზრდენა 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-ღამემდე.

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, ხოლო თიხებისათვის – კიდევ უფრო მნიშვნელოვნად. 1 მ<sup>3</sup> გრუნტის გამომშრობაზე ისარჯება დაახლოებით 40 კვტ.სთ ელექტროენერგია. ჩვეულებრივ (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 ფორმირდება 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, რაც საბოლოო ჯამში იწვევს ელექტროსმოსის შეწყვეტას.

ზემოაღნიშნული, აგრეთვე იმის გათვალისწინება, რომ დღემდე ტექნიკურ ლიტერატურაში არ არის მონაცემები ელექტროსმოსის გამოყენების თაობაზე ჰორიზონტალურ სადრენაჟე გამომშრობ სისტემებში, უცილობელს ხდის ელექტროსმოსის გამოყენების პრინციპული შესაძლებლობის შესწავლის აუცილებლობას ჰორიზონტალურ დრენაჟებში, ქვაბულებისა და ტრანშეების ფერდობის კედლების გამაგრების სისტემების მოწყობის პროცესში, გრუნტის გამომშრობის აუცილებლობისას.

**5.2. ფერდობის და კალთების გრუნტის გამომშრობის პროცესის დაჩქარების შესაძლებლობის გამოკვლევა მოდელირებით, ჰორიზონტალური სადრენაჟე სისტემებით, ელექტროსმოსის გამოყენებით.**

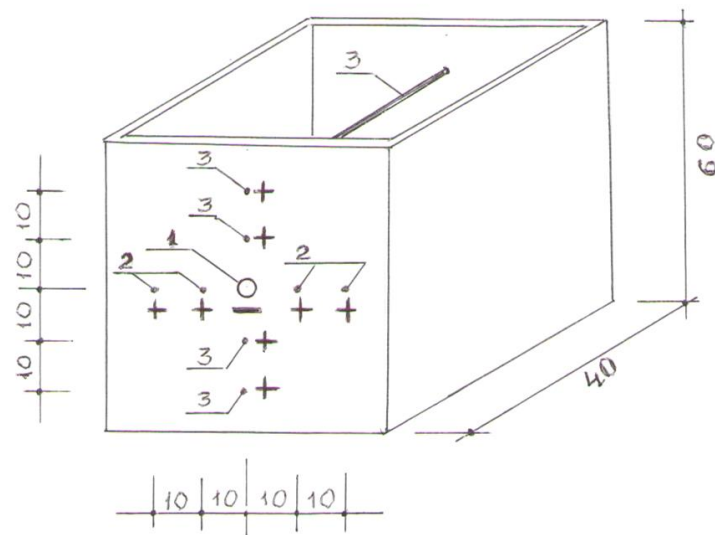
**5.2.1. ექსპერიმენტული მოდელი და გამოკვლევების ჩატარების მეთოდოლოგია.**

ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროსმოსის გამოყენების ეფექტურობის განსაზღვრის მიზნით დამზადებულ იქნა მოდელი ჰორიზონტალური სადრენაჟე მილით და მის პარალელურად განთავსებული ელექტროდებით.

მოდელის სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 5.1. მოდელი წარმოადგენდა ელექტრომაიზოლირებული 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 გასაუქვინთად.



ნახ. 5.1. მოდელის სქემა კორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროსმოსის გამოყენების შესაძლებლობის გამოკვლევისათვის.

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

ელ. დენი მიეწოდებოდა ჩვეულებრივი ელ. ქსელიდან – 220 ვოლტი, გამმართველისა და რეოსტატის საშუალებით (ფოტოები 5.1).







ფოტო 5.1

ექსპერიმენტის მსვლელობის დროს ხდებოდა ელ. დენის მახასიათებლების 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 მეთოდოლოგია 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 ჯირჯველდებოდა წყლით, მის ზედაპირზე წყლის აფსკის გაჩენამდე.

ექსპერიმენტის შესრულება ხდებოდა 2 პერიოდად.

პირველი პერიოდი ითვალისწინებდა დენის მიერთებას სადრენაჟო მილთან უახლოეს პორიზონტალურ ელექტროდებზე, ხოლო მეორე პერიოდი – უშორეს პორიზონტალურ 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.

ცხრილი 5.1

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

მიერთებული ელ. დენის მახასიათებლები	თითოეულ ეტაპზე გამოწვეული წყლის რაოდენობა (ლიტრი), სერიების მიხედვით, ექსპერიმენტის ჩატარების ხანგრძლივობისას – 195 წთ.		
	I ეტაპი, 15 წთ	II ეტაპი, 15 წთ	III ეტაპი, 15 წთ
პირველი სერია $I=0$ ამპ, $V=0$ ვოლტი (0-45 წთ)	4,989	4,621	3,329
მეორე სერია $I=0,9$ ამპ, $V=50$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 46-90 წთ)	4,508	3,547	2,848
მესამე სერია			

<b>I=0,65 აბჰ, V=30 ვოლტი</b> (გაგრძელება მეორეს შემდეგ <b>91-135 წთ</b> )	<b>4,400</b>	<b>3,026</b>	<b>2,842</b>
მეოთხე სერია <b>I=0,43 აბჰ, V=15 ვოლტი</b> (გაგრძელება მესამეს შემდეგ <b>136-180 წთ</b> )	<b>3,090</b>	<b>3,128</b>	<b>2,470</b>
მეხუთე სერია <b>I=1,04 აბჰ V=50 ვოლტი</b> (გაგრძელება მეოთხეს შემდეგ <b>181-195 წთ</b> )	<b>2,567</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

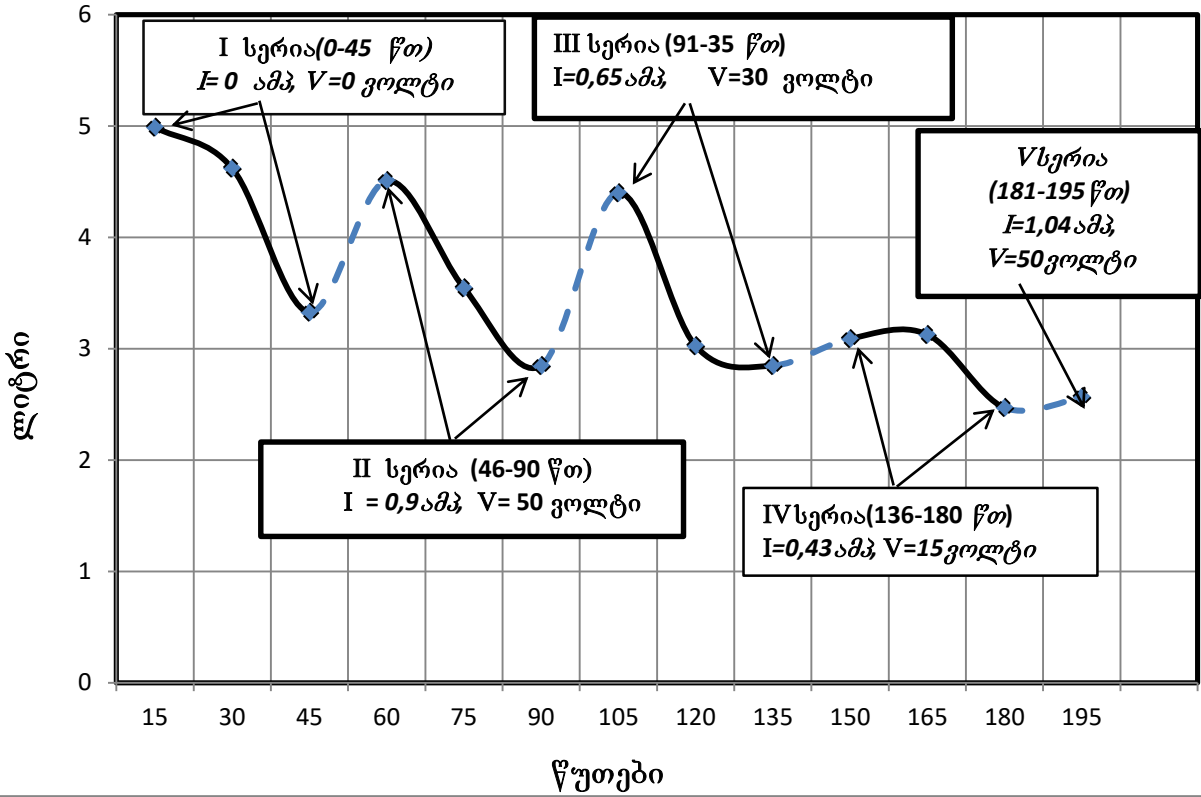
შენიშვნები: 1. თითოეული ეტაპისას სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყალი მოდელში არ ბრუნდებოდა.

2. ექსპერიმენტი გრძელდებოდა უწყვეტად, სერიებს შორის პაუზის გარეშე.
3. ელ. დენის მახასიათებლები ფიქსირდებოდა თითოეული სერიის დაწყებისას და მთელი სერიის განმავლობაში, ეტაპების მიხედვით, არ კორექტირდებოდა.

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

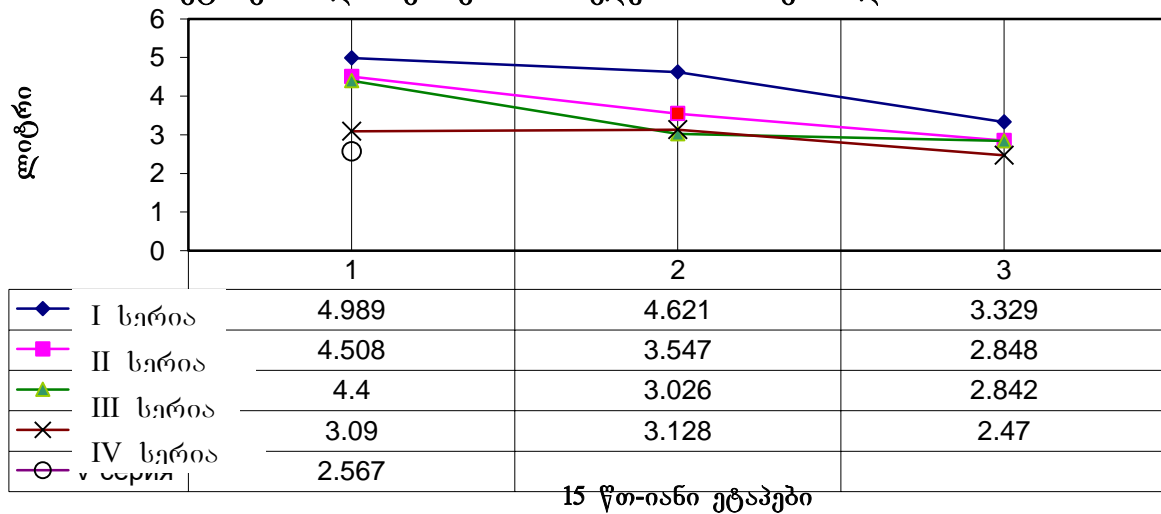
ცხრილის №	სერიები	სერიაში ეტაპებს შორის წყლის ხარჯის (წხ) თანაფარდობა 1/2 , 1/3		შეფარდება წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3		4	5
ცხრილი. 5.1-ის მონაცემების მიხედვით	I	(სერიის ზღვრებში)		-	
		1,08	1,50		
	II	1.27	1.58	<b>II.1 : I.3 =1.35</b>	
	III	1.45	1.55	<b>III.1 : II.3 =1.55</b>	
	IV	0.99	1.25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

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

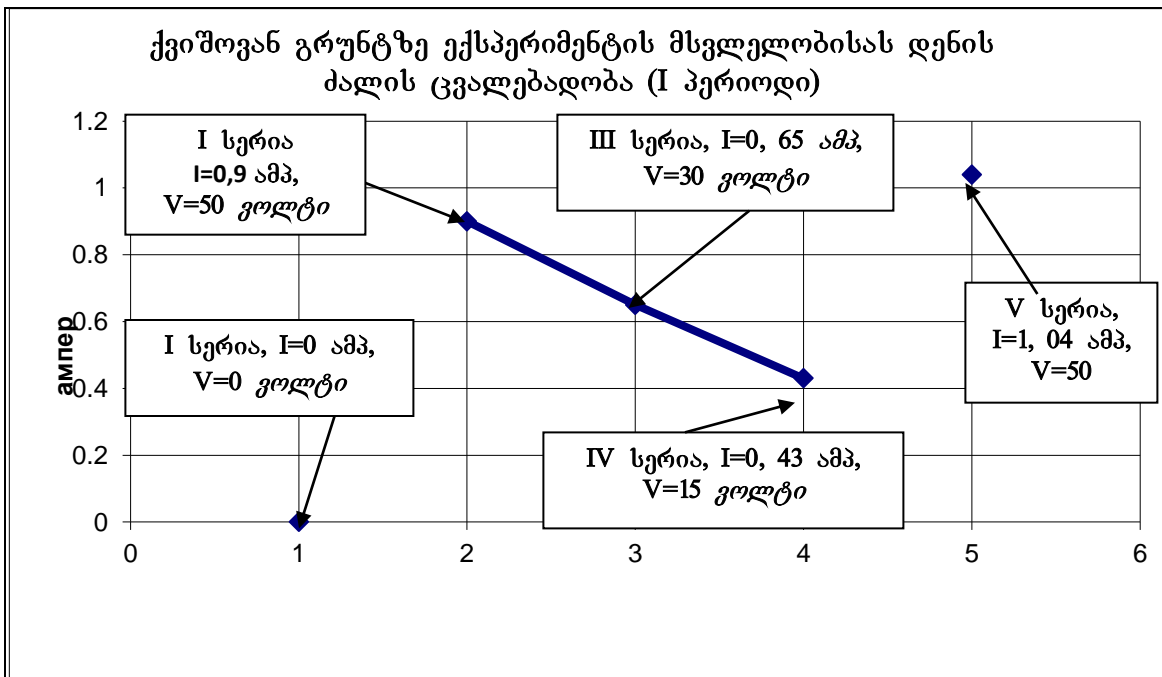


ნახ. 5.2, 5.1.1. ცხრილის მონაცემებით.

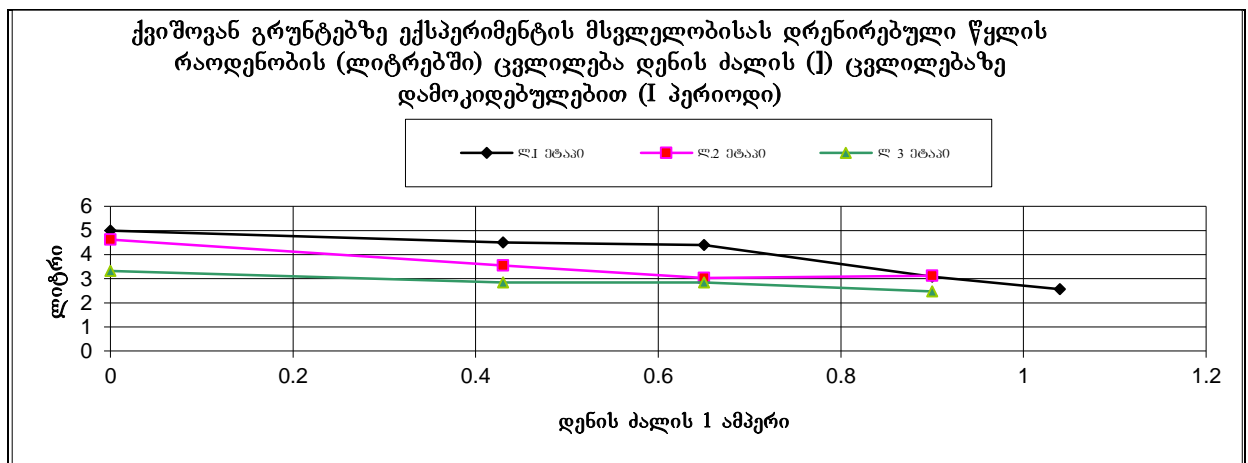
ქვიშოვან გრუნტზე ექსპერიმენტისას წყლის გამოდინება ეტაპების და სერიების მიხედვით – I პერიოდი



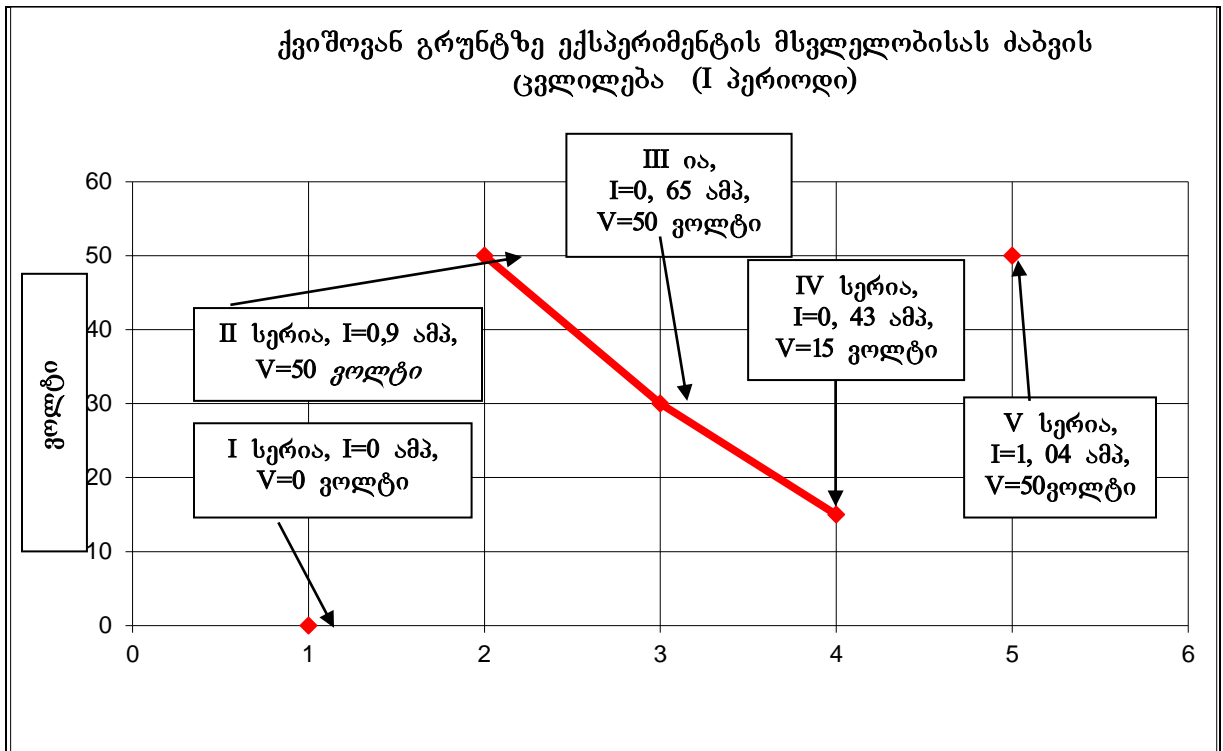
ნახ. 5.3, 5.1.1. ცხრილის მონაცემებით.



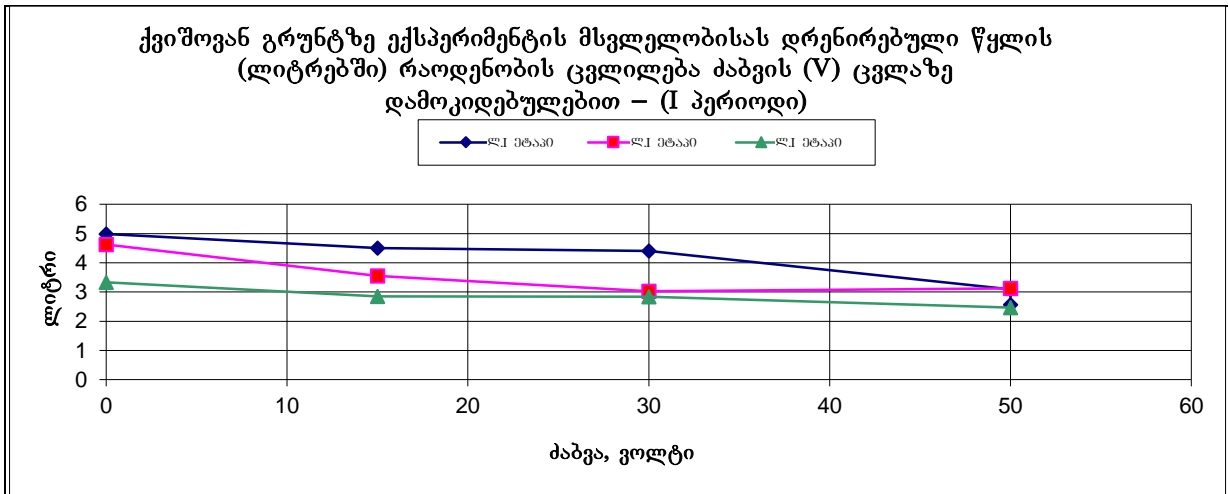
ნახ. 5.4., 5.1.1 ცხრილის მონაცემებით



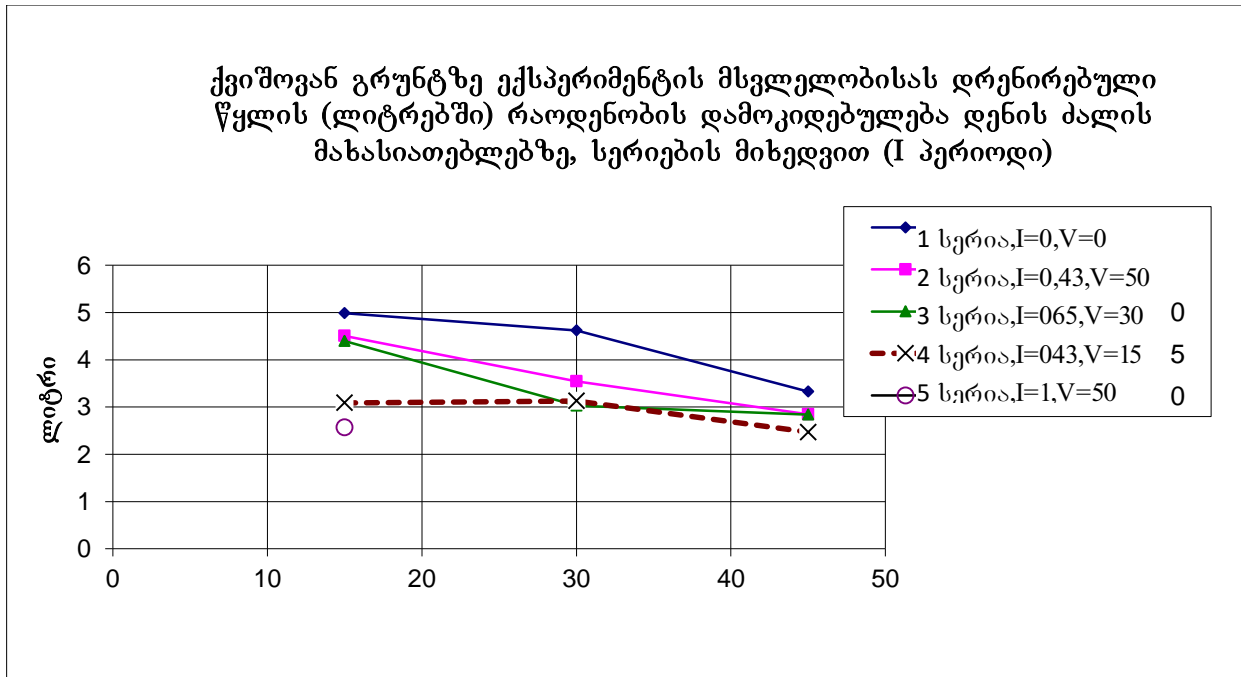
ნახ. 5.5., 5.1.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.6., 5.1.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.7., 5.1.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.8., 5.1.1 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 (იხ. ცხრ. 5.1.2.) გვიჩვენებს, რომ ელ. დენის მოდუბა ამაღლებს წყლის გამოდინების ინტენსივობას 35%-ით.
3. ინტენსიურობის მაქსიმალური ამაღლება – 55 % დაფიქსირებულია III სერიაში, შემდეგ ინტენსივობა მკვეთრად ეცემა, 9-4%-მდე (იხ. ცხრ. 5.1.2.). 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.

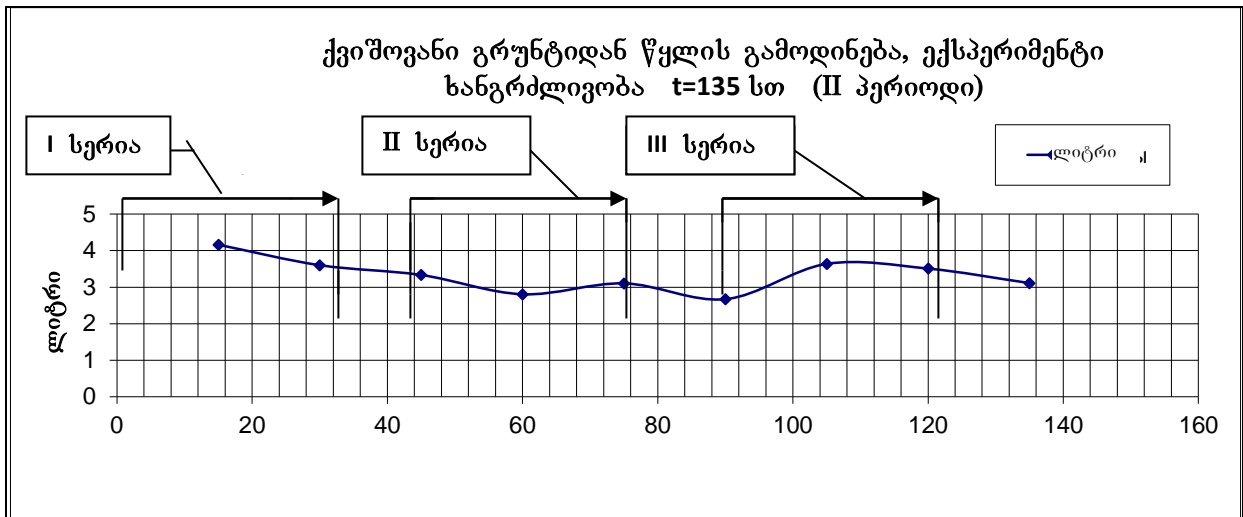
გამოკვლევის მეორე პერიოდი ჩატარდა I პერიოდის დამთავრებისთანავე.

მეორე პერიოდის გამოკვლევების შედეგები, ჩართული ჰორიზონტალური უშორესი ელექტროდებით, მოტანილია ცხრილებში 5.2.1. და 5.2.2. შედეგების გრაფიკული ინტერპრეტაცია ნაჩვენებია ნახაზებზე 5.9 – 5.12.

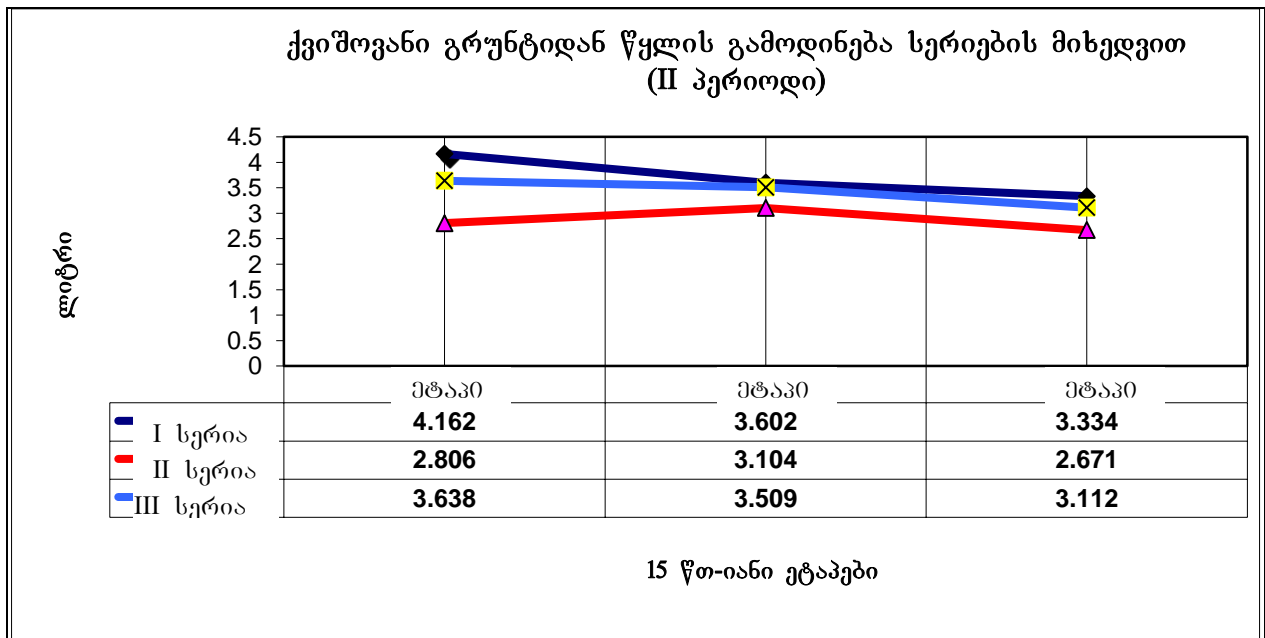
მეორე პერიოდის ექსპერიმენტების შედეგების გაანალიზების შედეგად შეიძლება მივიღეთ შემდეგ დასკვნებამდე:

1. სადრენაჟე მილიდან წყლის გამოდინების რაოდენობის ცვლილების დამოკიდებულება დროზე ექსპერიმენტის მსვლელობისას სერიებისა და ეტაპების მიხედვით ექვემდებარება იგივე კანონზომიერებას, რომელიც გვქონდა პირველ პერიოდში.
2. გამონადენი წყლის რაოდენობის გაზრდა II პერიოდის I სერიაში (ცხრ. 5.1.1) უნდა აიხსნას იმით, რომ სადრენაჟე მილიდან უშორესი ელექტროდები, ელ. დენის მიერთების შემდეგ, გადაადგილებენ სადრენაჟე მილისაკენ ჯერ კიდევ არა შეკუმშული, არაგამომშრალი ზონიდან (იხ. ცხრილები 5.1.1. და 5.2.1.).

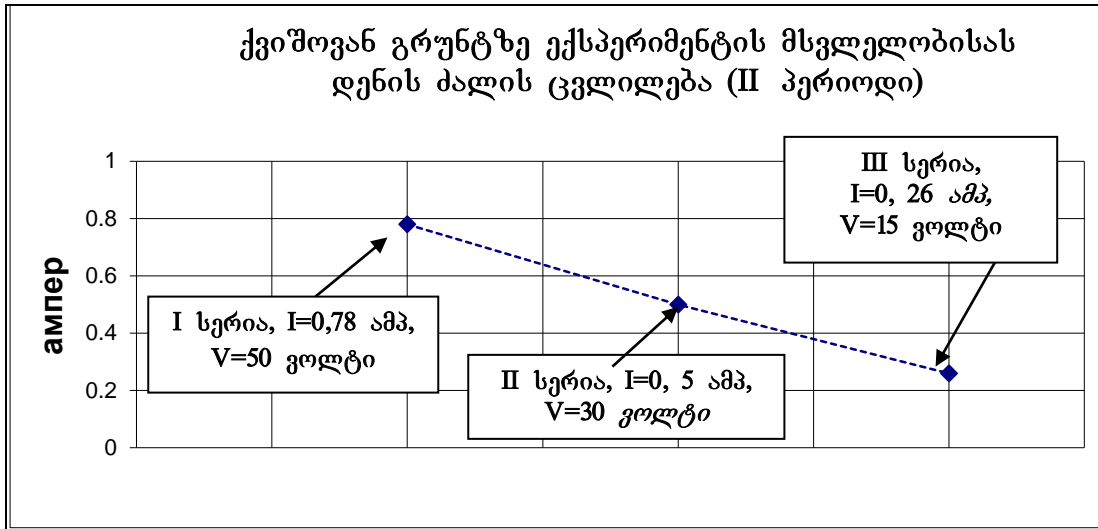
ქვიშოვან გრუნტში სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილების განსაზღვრა წყლის გამოდინების ხანგრძლივობაზე (t<sub>მინ</sub>), მიღებული დენის ძალაზე (I<sub>ამ</sub>) და ძაბვაზე (V<sub>ვოლტი</sub>) დამოკიდებულებით, ელ. დენთან სადრენაჟე მილიდან უშორესი ჰორიზონტალური ელექტროდების მიერთებისას (II პერიოდი).



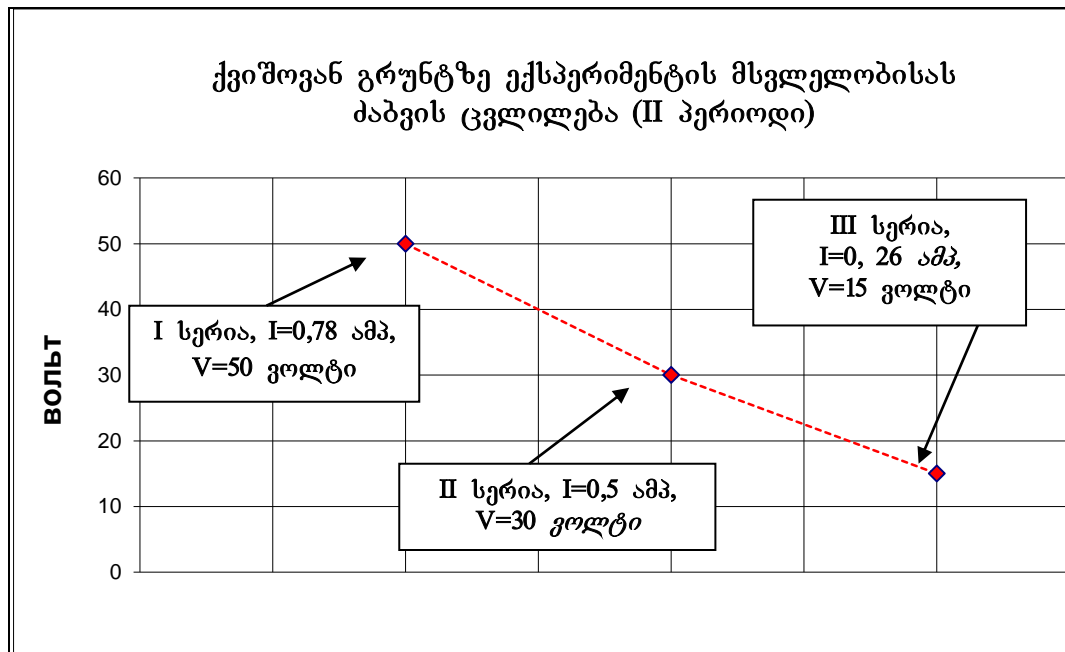
ნახ. 5.9., 5.2.1 ცხრილის მონაცემებით



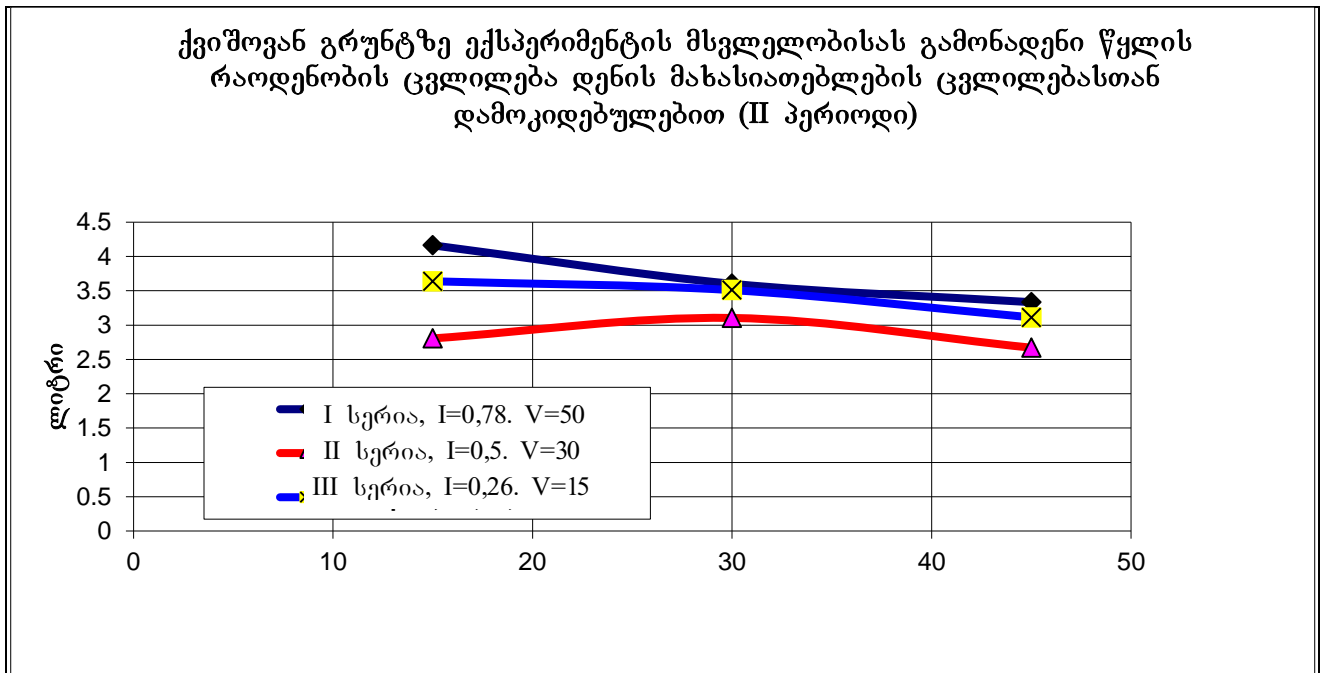
ნახ. 5.10., 5.2.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.11., 5.2.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.12., 5.2.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.13., 5.2.1 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 ცხრილში 5.3.1.....5.8.2., 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 5.1.1 და 5.4.1);
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. 5.3, 5.8, 5.16 და 5.21).

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. 5.3.1. და ნახ. 5.14-ის მონაცემებითაც.

ცხრილი 5.3.1.

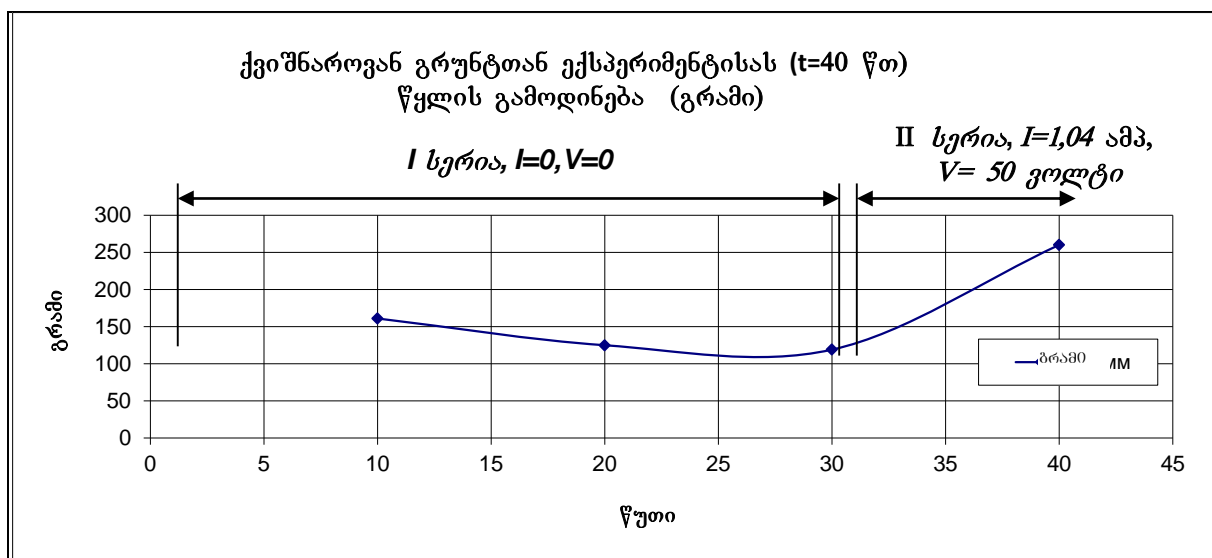
გამონადენი წყლის რაოდენობის (გრამებში) ცვლილების განსაზღვრა გამოდინების ხანგრძლივობაზე ( $t_{წთ}$ ), მოდებული დენის ძალაზე ( $I_{ამპ}$ ) და ძაბვაზე ( $V_{ვოლტი}$ ) დამოკიდებულებით. უახლოესი ჰორიზონტალური ელექტროდების მიერთებისას.

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 საკვლევი მოდელში. მაგრამ ექსპერიმენტი შეწყდა აპარატურაში გაუმართაობის წარმოქმნის გამო.

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. 5.14., 5.3.1 ცხრილის მონაცემებით

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

მიღებული ელ. დენის მახასიათებლები	გამონადენი წყლის რაოდენობა (გრამი) ყველა ეტაპზე, სერიების მიხედვით, ექსპერიმენტი – 110 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 (0-10 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 $I=1,5$ ამპ, $V=22$ ვოლტი (გაგრძელება მეოთხეს შემდეგ 101-110 წთ-ის)	65	-	-

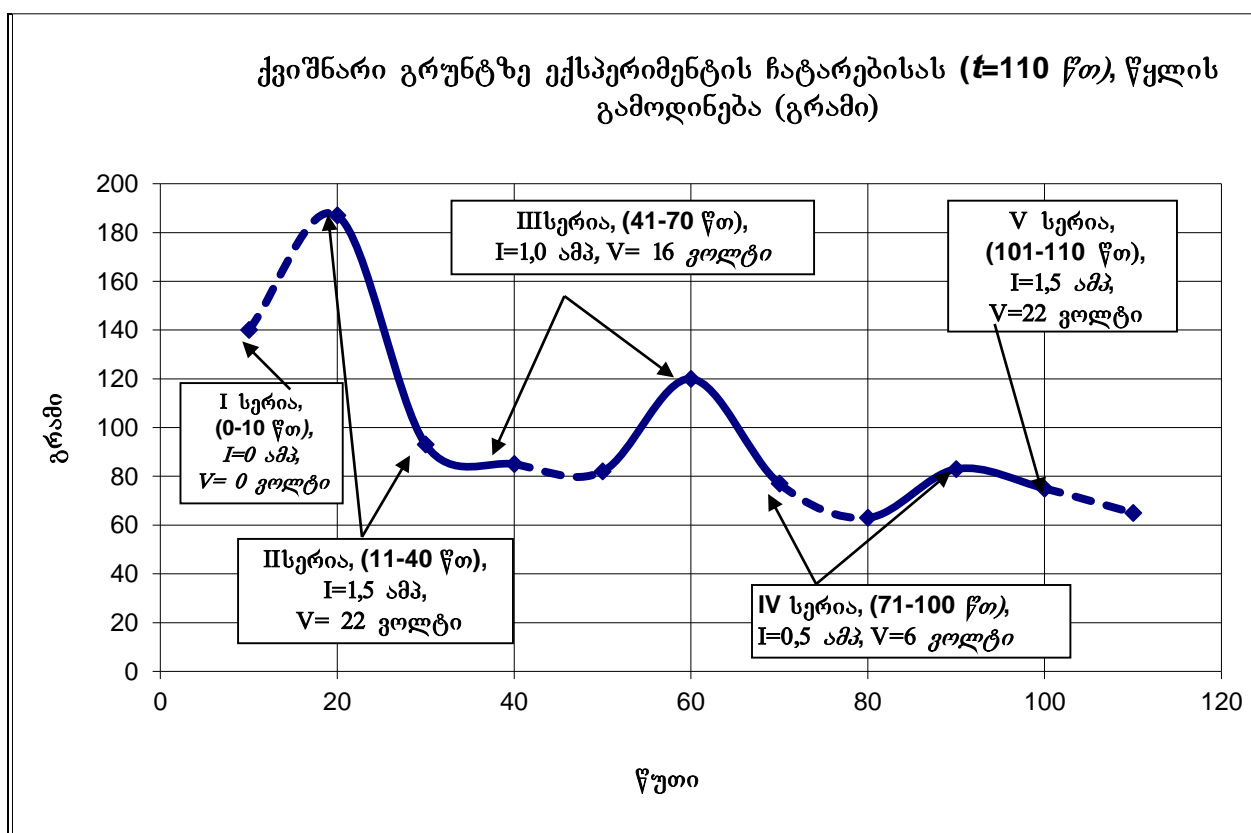
შენიშვნა: 1. ყველა ეტაპზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა საკვლევ მოდელში.

2. ექსპერიმენტი გრძელდებოდა სერიებს შორის პაუზის გარეშე.

3. ელ. დენის მახასიათებლები დგინდებოდა თვითოეული სერიის დასაწყისში და არ კორექტირდებოდა ეტაპების მიხედვით მთელი სერიის განმავლობაში.

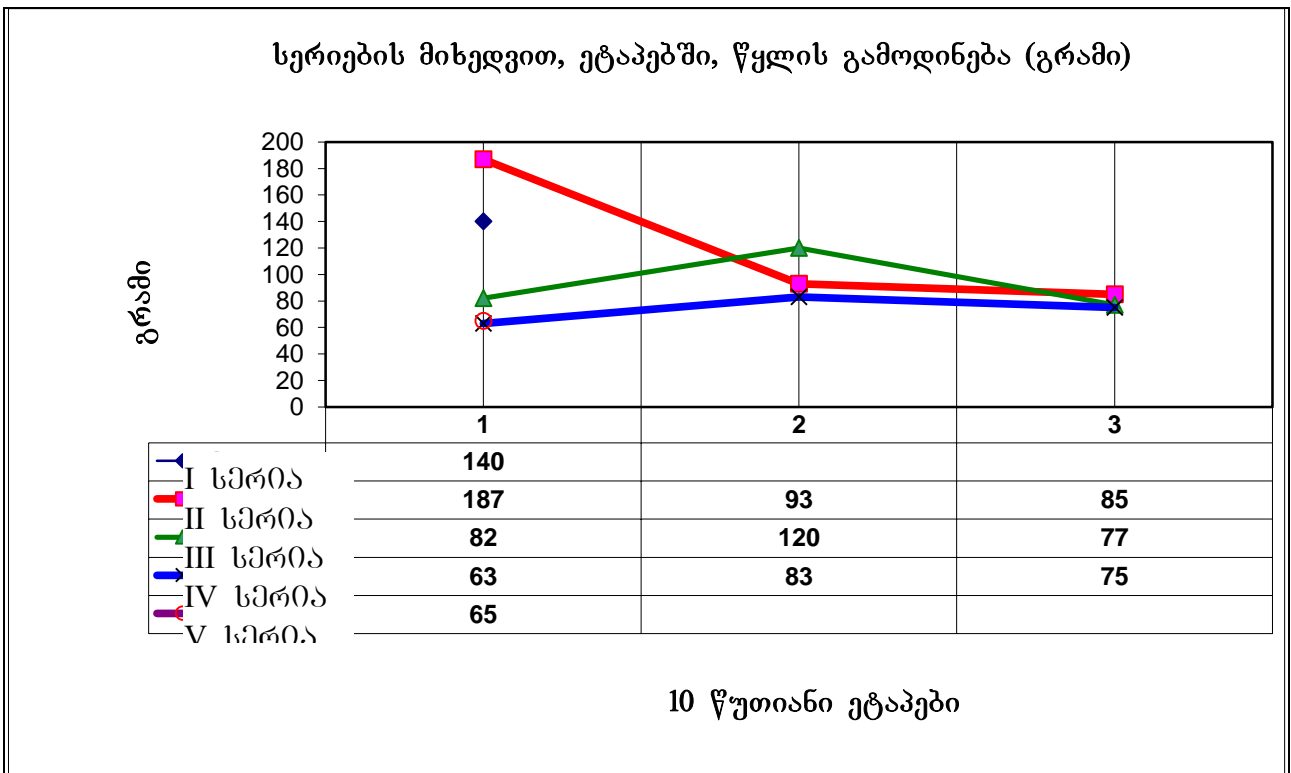
ექსპერიმენტისას ეტაპებისა და სერიების მიხედვით წყლის ხარჯების თანაფარდობა

ცხრილის №	სერია	წყლისხარჯის თანაფარდობა (1/2, 1/3) სერიაში ეტაპების მიხედვით		მომდევნო სერიის I ეტაპი წხ-ის ფარდობა წინა სერიის III ეტაპთან	შენიშვნა
1	2	3		4	5
54.1. ცხრილის მიხედვით	I	-	-	-	ვიღებთ წხ 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	

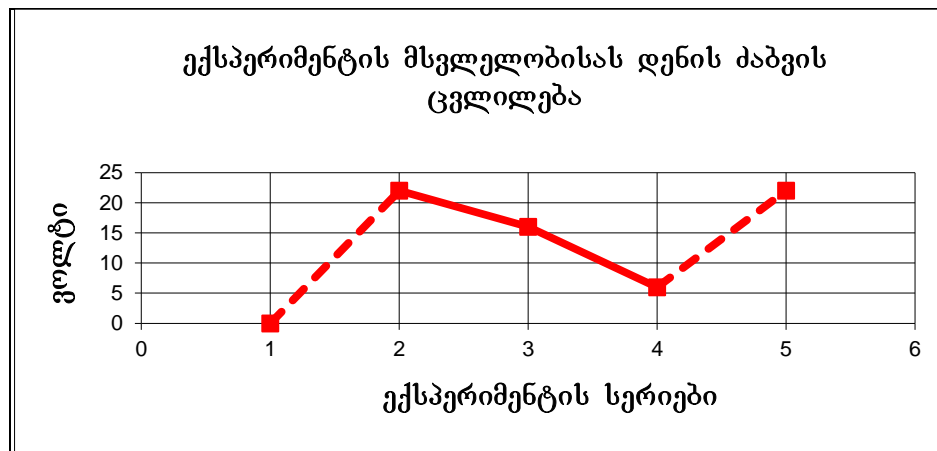


ნახ. 5.15., 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით

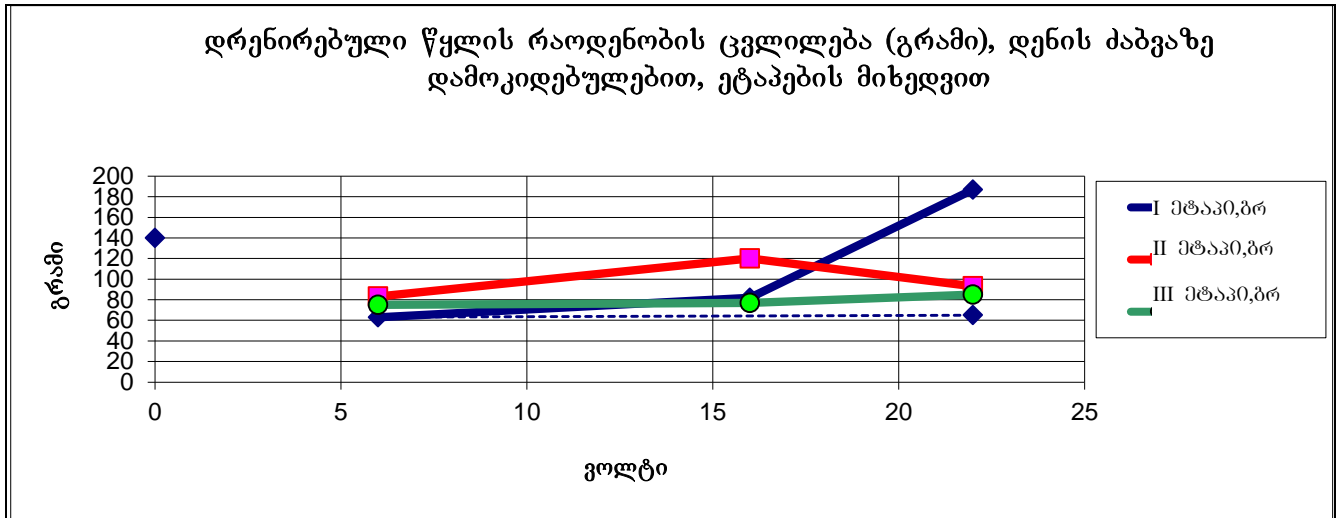




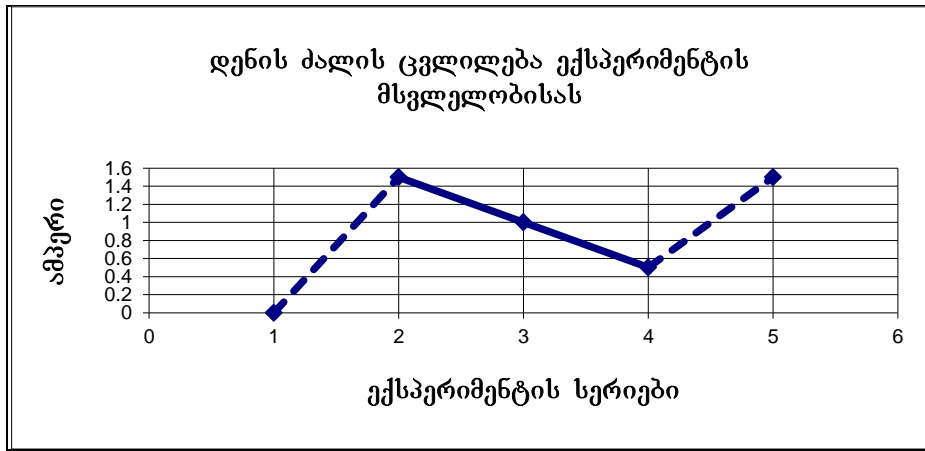
ნახ. 5.16., 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



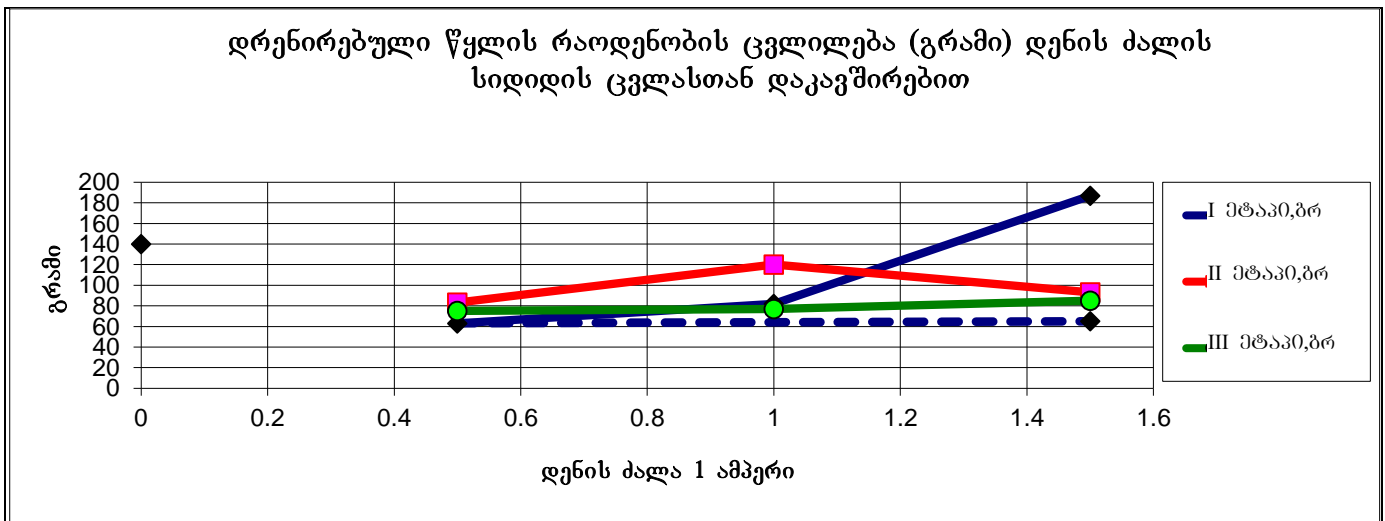
ნახ. 5.17., 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



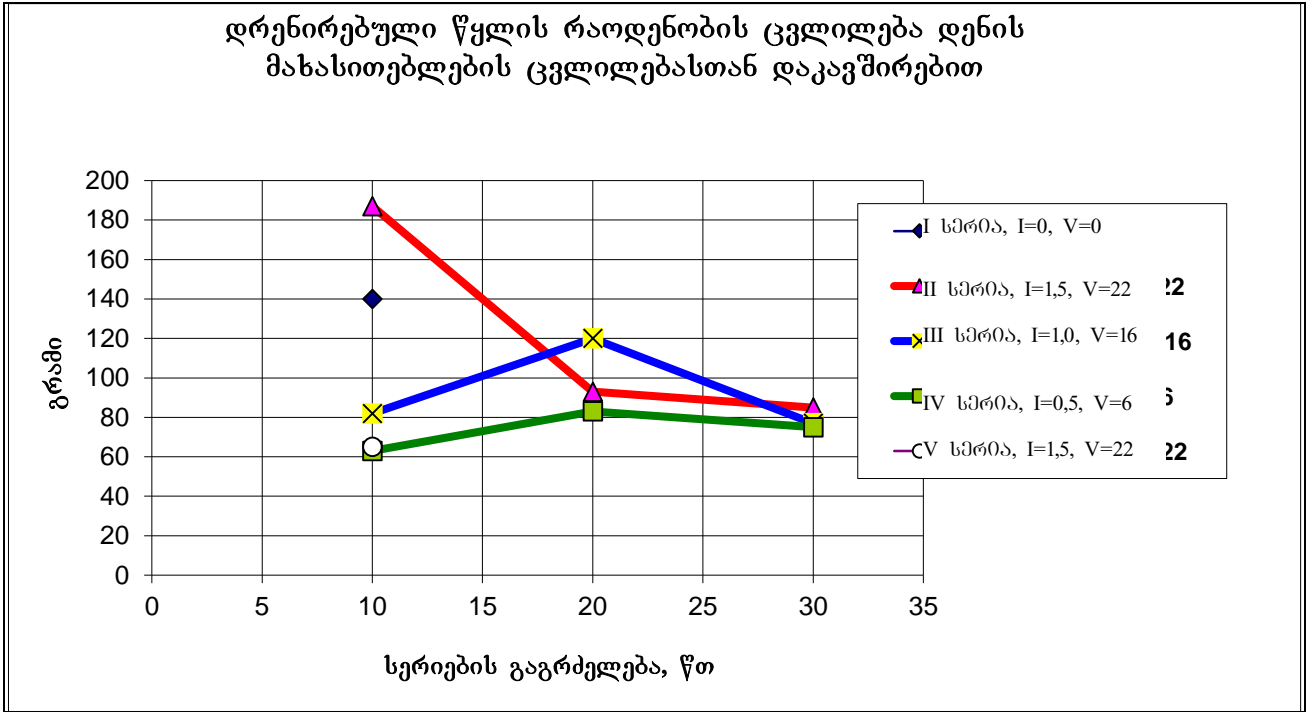
ნახ. 5.18., 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.19., 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.20., 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით



ნახ. 5.21., 5.4.1 ცხრილის მონაცემებით

ცხრილი 5.5.1.

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

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)	<b>93</b>	<b>78</b>	<b>93</b>
მეორე სერია $I=1,0$ ამპ, $V=16$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 31-60 წთ)	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>93</b>

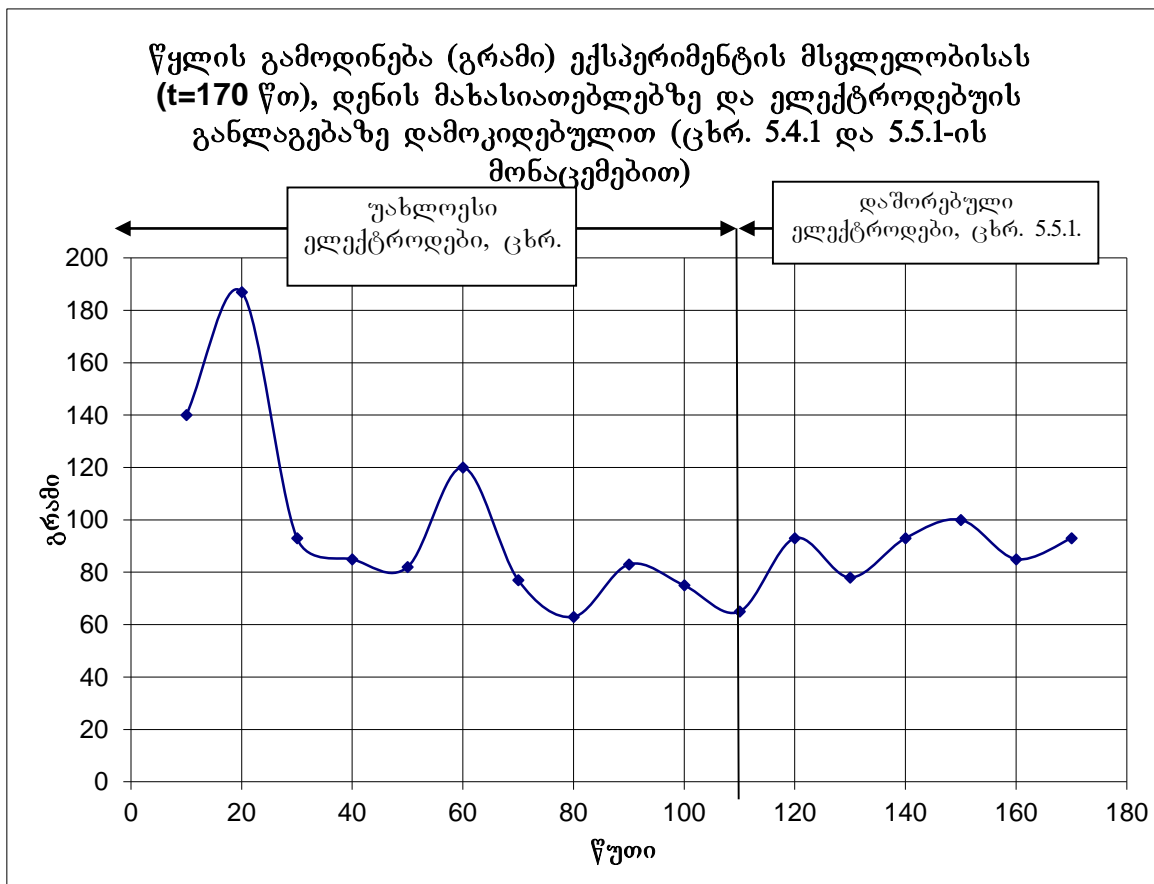
შენიშვნა: 1. თითოეულ ეტაპზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა მოდელში

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 სერიების მიხედვით

ცხრილის №	სერია	წყლის ხარჯების თანაფარდობა, სერიაში ეტაპებს შორის (1/2 და 1/3)		მომდევნო სერიის I ეტაპი წს 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	1,19	1,0	I. ცხრ-ის მიხედვით. 5.5.1: VI ცხრ-ის მიხედვით 5.4.1 = 1,43	Сравнение с этапом V.1 по табл 5.4.1
	II	1,18	1,08	II.1 : I.3 = 1,08	



ნახ. 5.22., 5.4.1, 5.5.1. ცხრილის მონაცემებით

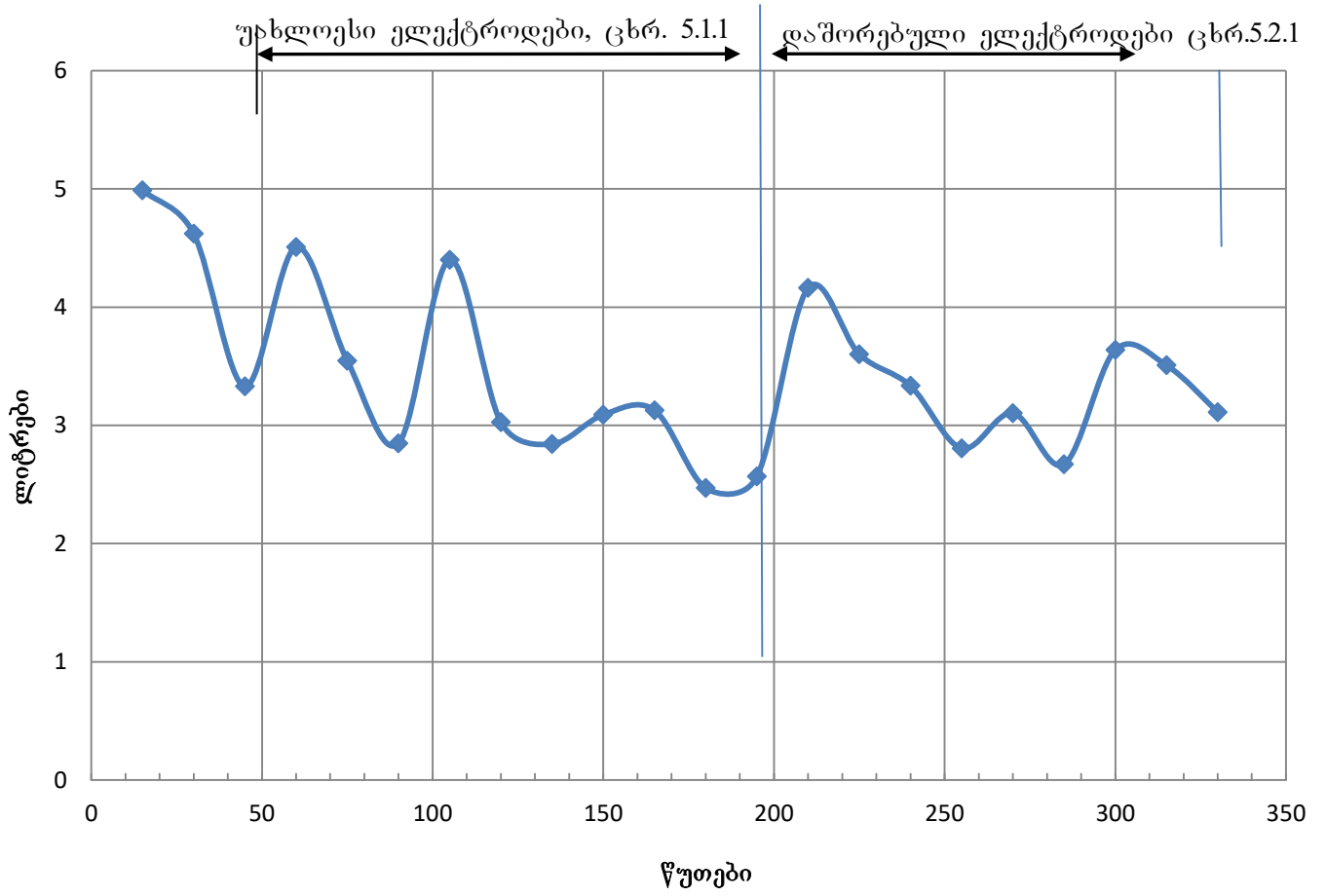
ნახაზებზე 5.22 და 5.23 წარმოდგენილია წყლის გამოდინების გრაფიკები ეტაპების მიხედვით გამოცდის ყველა ციკლისათვის ქვიშოვანი და ქვიშნაროვანი გრუნტებისათვის 5.1.1. და 5.2.1. ცხრილების (ურთიერთშედარებისათვის) და 5.4.1. და 5.5.1. ცხრილების მონაცემების მიხედვით.

როგორც ჩანს წარმოდგენილი გრაფიკებიდან, დენის გადართვისას უახლოესი ელექტროდებიდან უშორესზე, ორივე შემთხვევაში აღგილი აქვს ერთნაირ სურათს – წყლის გამოდინების ინტენსიურობის ამაღლება, შემდეგ – მისი ვარდნა და გარკვეული სტაბილიზაცია.

მიღებული შედეგი იძლევა საფუძველს შემდეგი რეკომენდაციისათვის: გრუნტების გამოშრობის მიზნით ელ. ოსმოსის გამოყენებისას ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილების დახმარებით დაინიშნოს ელექტროდებიდან სადრენაჟე ჭაბურღილამდე ოპტიმალური მანძილი თითოეული კონკრეტული გრუნტის შემთხვევაში.

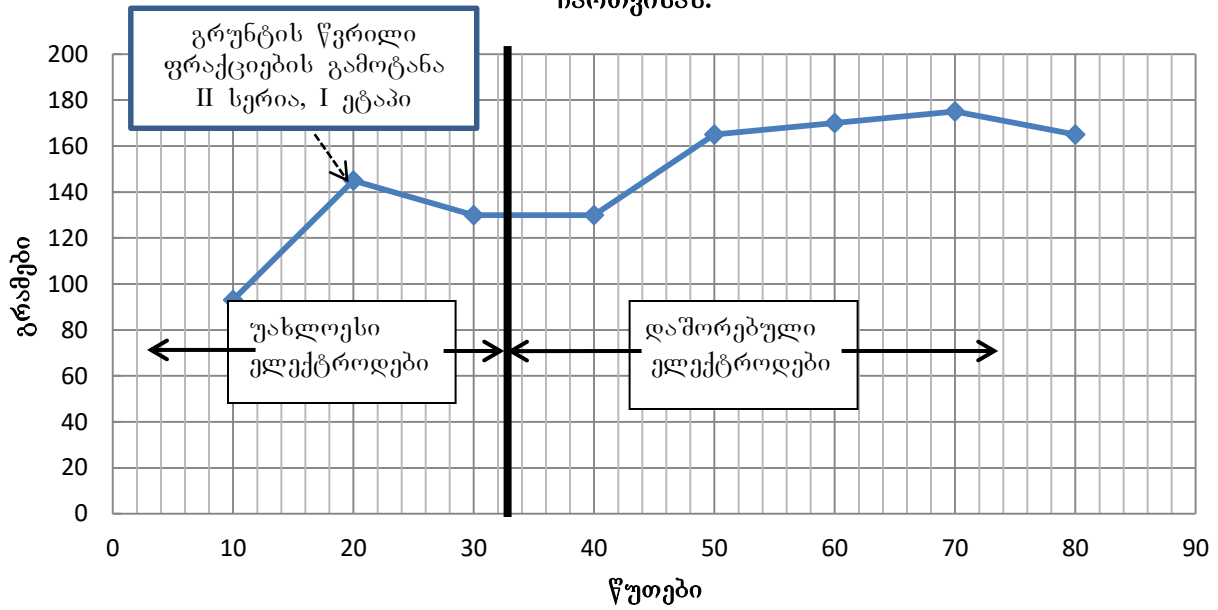
5.6.1. და 5.6.2. ცხრილებში წარმოდგენილია ექსპერიმენტების მონაცემები გამონადენი წყლის რაოდენობის განსასაზღვრავად ელ. დენტან როგორც ჰორიზონტალური, ასევე ვერტიკალური ელექტროდების მიერთებისას. ამასთან მეორე სერიაში მიერთებული იყო უახლოესი ელექტროდები, ხოლო მესამე სერიაში – მოშორებული ელექტროდები.

წყლის გამოდინება (ლიტრი) ექსპერიმენტის მსვლელობისას ( $t=330$  წთ) ქვიშოვანი გრუნტებისათვის (5.1.1. და 5.2.1. ცხრილების მონაცემებით) დენის მახასიათებლებზე და ელექტროდების განლაგებაზე დამოკიდებულებით.



ნახ. 5.2.3., 5.1.1, 5.2.1. ცხრილის მონაცემებით

წყლის გამოდინება ექსპერიმენტის მსვლელობისას ( $t=80$  წთ) ქვიშნაროვანი გრუნტებისათვის (5.6.1. ცხრილის მონაცემებით), ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ელექტროდების ერთდროული ჩართვისას.



ნახ. 5.24., 5.6.1 ცხრილის მონაცემებით

სადრენაჟე მილიდან გამონადენი წყლის რაოდენობის ცვლილების განსაზღვრა ქვიშნაროვან გრუნტში, წყლის გამოდინების ხანგრძლივობაზე, მოდებული დენის ძალაზე და ძაბვაზე დამოკიდებულებით, დენტან მიერთებული 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) $t = 80$ წთ		
	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 (აღინიშნებოდა წყრილი ნაწილაკების გამოტანის თანხლება)	130 ( $I=2,5$ ამპ)	130
მესამე სერია $I=2,0$ ამპ, $V=26$ ცოლტი (გაგრძელება მეორეს შემდეგ 41-70 წთ)	165	170	175

მეოთხე სერია I=2,0 აბჰ, V=26 ცოლტი (გაგრძელება მესამეს შემდეგ 71-80 წთ)	165	-	-
--	-----	---	---

შენიშვნა: 1. სადრენაჟე მილიდან თითოეულ ეტაპზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა უკან, სააკლევ მოდელში.

2. ექსპერიმენტი ჩატარდა სერიებს შორის პაუზების გარეშე.

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

4. 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 ეტაპზე, 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 გამომშრობასა და შემდგომ შემჭიდროვებასთან. როგორც ჩანს, ასეთივე სურათი იქნება დადებითი პოლუსის მიერთებისას გამომშრობის ზონის ფარგლებში დაყენებულ ნებისმიერ ელექტროდზე, რაც გამოიწვევს სადრენაჟე მილიდან წყლის ნაკადის მნიშვნელოვან ინტენსიფიკაციას და გრუნტის ელექტროსმოსით “დასამუშავებელი” ზონის გამომშრობის დაჩქარებას.



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 ზაბვაზე დამოკიდებულებით, ელ. დენთან უახლოესი პორიზონტალური და ვერტიკალური ელექტროდების მიერთებისას.

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

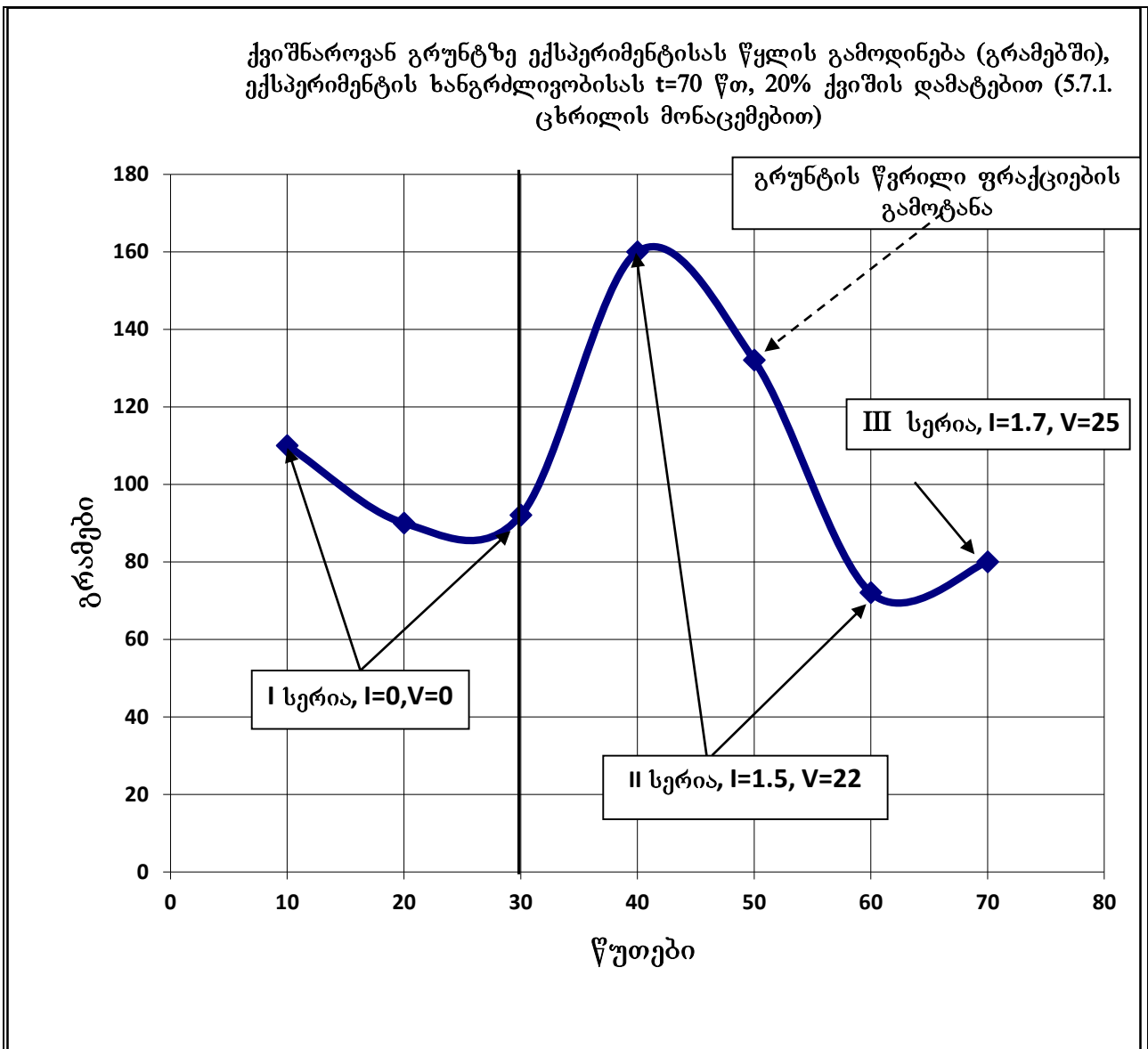
შენიშვნა: 1. გრუნტში დამატებულია ქვიშა -20%.

2. სადრენაჟე მილიდან ყველა ეტაპზე გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა უკან, საკვლევე 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. მონაცემებით		(სერიის ფარგლებში)		-	
	I	1.22	1.20		
	II	1.23	2.22	II.1 : I.3 = 1.74	
	III	-	-	III.1 : II.3 = 1.11	



ნახ. 5.25., 5.7.1 ცხრილის მონაცემებით

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

5.7.1. და 5.7.2. ცხრილებში მოტანილი მონაცემების, აგრეთვე 5.25 ნახაზზე ნაჩვენები გრაფიკით (რომელიც აგებულია 5.7.2 ცხრილის მონაცემებით) ჩანს, რომ ამ შემთხვევაშიც ელექტროსმოსით 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 ამადლების შედეგი.

5.8.1 ცხრილში მოტანილია ქვიშნაროვანი (20% ქვიშის დანამატით) გრუნტების გამოკვლევის მონაცემები. ელ. დენთან 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 ეტაპი, 10 წთ	II ეტაპი, 10 წთ
პირველი სერია I=0 ამპ, V=0 ვოლტი (0-10 წთ)	43	–
მეორე სერია: "მინუსი "		

სადრენაჟო მილზე $I=1,45$ ამპ, $V=24$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 11-30 წთ)	103 (აღინიშნებოდა გრუნტის წვრილი ფრაქციების თანხლება)	45 (აღინიშნებოდა გრუნტის წვრილი ფრაქციების თანხლება)
მესამე სერია: "პლუსი" სადრენაჟო მილზე $I=1,45$ ამპ, $V=24$ ვოლტი (გაგრძელება მეორეს შემდეგ 31-40 წთ)	26	-
მეოთხე სერია: "მინუსი" სადრენაჟო მილზე $I=1,45$ ამპ, $V=24$ ვოლტი (გაგრძელება პირველის შემდეგ 41-130 წთ)	40	370 (II ეტაბი გრძელდებოდა 90 წთ)

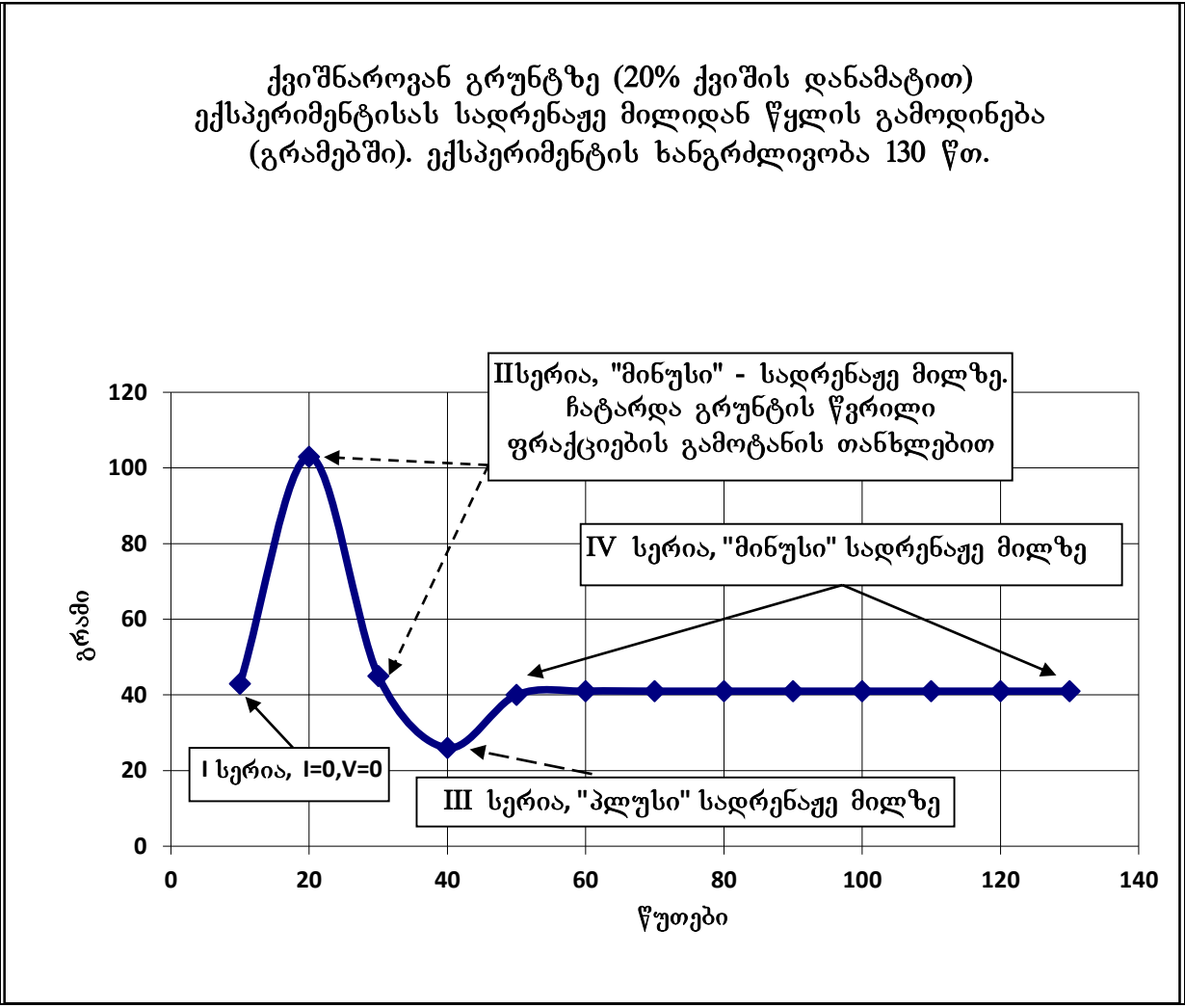
- შენიშვნა: 1. გრუნტში დამატებული იყო 20% ქვიშა (იხ. ცხრ. 5.7, იგივე გრუნტი).
2. თითოეულ ეტაპზე სადრენაჟო მილიდან გამონადენი წყალი ბრუნდებოდა უკან, საკვლევე მოდელში.
3. ექსპერიმენტი ჩატარდა უწყვეტად, სერიებს შორის პაუზების გარეშე.
4. მეორე სერიის დასაწყისში დადგენილი ელ. დენის მახასიათებლები ექსპერიმენტის ბოლომდე არ კორექტირდება, მხოლოდ III და IV სერიებში გადაადგილებულ იქნენ პოლუსები სადრენაჟო მილზე და ელექტროდებზე.

ცხრილი 5.8.2

ექსპერიმენტში წყლის ხარჯის (წხ) თანაფარდობა ეტაპების და სერიების მიხედვით

ცხრილის №	სერია	წყლის ხარჯის თანაფარდობა I:II სერიის ეტაპებს შორის	მომდევნო სერიის I ეტაპის წყლის ხარჯის შეფარდება წინა სერიის III ეტაპთან	შ ნიშვნა
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  $III.1 = III.2;$
		-		

	II	2,29	II.1 : I.1 = 2.4	2. ვიღებთ II ეტაპს წხ საშუალოდ: $370/9 = 41$ გრამი; 3. III ეტაპზე "პლუსი" სადრენაჟე მილზე; 4. IV ეტაპზე "მინუსი" სადრენაჟე მილზე.
	III	-	III.1 : III.2 = 0.58	
	IV	1,0	IV.1 : III.1 = 1.54	



ნახ. 5.26., 5.8.1 ცხრილის მონაცემებით

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 კარგად ილუსტრირდება 5.26 ნახაზზე წარმოდგენილი გრაფიკით.

ექსპერიმენტის შემოდინიშნული 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. ექსპერიმენტის შედეგები 5.8.1 ცხრილში).

შემოაღწერილი ექსპერიმენტული კვლევები ჩავატარეთ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო-სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიაში (გამგე ვიტალი დვალიშვილი). ექსპერიმენტის დაყენებისას და მსვლელობისას დიდი დახმარება აღმოგვიჩინა ლაბორატორიის მთელმა კოლექტივმა (ფოტო 5.2), რის გამოც მას დიდ მადლობას ვუხდით



ფოტო 5.2. ლაბორატორიის თანამშრომელთა ერთი ჯგუფი. მარცხნიდან მარჯვნივ: ნათია ტაბატაძე, ნინო ბახტაძე, ვიტალი დვალიშვილი, თენგიზ ნინიძე, ბექა ხაჩიძე, შორენა მელელაშვილი, ოლღა გიორგიშვილი. წინა პლანზე ნიკოლოზ მოწონელიძე.

## **მე-5 თავის დასკვნა**

1. დადგენილია ქვაბულებისა და ტრანშეების ბუნებრივი კალთების და ფერდობების გრუნტების გამოშრობისას, ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროსმოსის გამოყენების პრინციპული შესაძლებლობა.
2. ელექტროსმოსის ზემოქმედებით გრუნტის შემჭიდროვება ხელს შეუწყობს კალთებისა და ფერდობების 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. ფერდობებისა და კალთების გრუნტების გამოშრობისა და შემკვრივებისათვის ელექტროსმოსის გამოყენების ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილებით, საჭიროა, საცდელი გამოცდების გზით, კონკრეტული გრუნტებისათვის, სადრენაჟე მილის მიმართ ელექტროდების ყველაზე უფრო მისაღები მანძილებისა და განთავსების დადგენა.

## **თავი 6**

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

#### **6.1. ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების მეთოდოლოგია.**

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;
5. საერთო ღირებულება.



ერთმანეთთან შედარებულია მეწყერდამცავი სისტემების 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 ფართოდ 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 დაძაბული (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 მიღებს 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 შემდგენიერი მარკირება (ცხრ. 6.1).

მასალების ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძ. მეტრზე გრუნტული ანკერების მოწყობაზე მოცემულია ცხრილში 6.2.

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

ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ურთიერთშედარება მოცემულია ცხრილში 6.4.

**ცხრილი 6.1. საყრდენი კედლების მარკირება**

შესადარებელი კონსტრუქციები	საყრდენი კედლის სახე	საყრდენი კედლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა	გრუნტის სახეობა	საყრდენი კედლის მარკა
ტრადიციული, ბეტონის კლასი B 20	მასიური, ბეტონის	ლენტური	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 1
			წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 2
		დახრ.	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 3
			წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 4
	მონოლითური რკინაბეტონის	ლენტური	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 5
			წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 6
		ანკერებით 1 იარუსად	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 7
			წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 8

შემოთავაზებული	ბეტონის კლასი B 20	მონ. რკინაბეტონის, 2-იარუსიანი ანკერებით	ლენტური	სვეტების გარეშე	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 9
					წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 10
				სვეტებიანი	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 11
					წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 12
	სვეტებიანი	მონ. რკინაბეტონის, 2- იარუსიანი ანკერებით	ლენტური	სვეტებიანი	მშრალი ქვიშნარი	სკ - 13
					წყალნაჯერი თიხნარი	სკ - 14

**ცხრილი 6.2. მასალების ხარჯი გრუნტული ანკერების მოწყობაზე საყრდენი კედლების  
10 გრძივი მეტრისათვის**

საყრდენი კედლის მარკა	ანკერის მარკა	ანკერების რაოდენობა კედლის 10 გრ.მ	მასალების ხარჯი 1 ანკერზე		მასალების საერთო ხარჯი	
			არმატურა A-III, კბ	ცემენტის დუღაბი M150 (მ <sup>3</sup> )	არმატურა A-III კბ	ცემენტ დუღაბი M150 (მ <sup>3</sup> )
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	ღ - 2	10	32,3	0,47	323,0	4,7
	ღ - 2'	10	15,4	0,47	154,0	4,7
	ჯამი				477,0	9,4
სკ - 9	ღ - 3	10	13,0	0,27	130,0	2,7
	ღ - 3'	10	7,4	0,27	74,0	2,7
	ჯამი				204,0	5,4
სკ - 10	ღ - 4	10	43,0	0,7	430,0	7,0
	ღ - 4'	10	21,7	0,7	217,0	7,0
	ჯამი				647,0	14,0
სკ - 11	ღ - 5	3,3	44,2	0,4	145,9	1,3
	ღ - 5'	3,3	26,5	0,4	87,5	1,3
	ჯამი				233,4	2,6
სკ - 12	ღ - 6	3,3	102,6	1,45	338,6	4,8
	ღ - 6'	3,3	59,2	1,45	195,4	4,8
	ჯამი				534,0	9,6
სკ - 13	ღ - 5	3,3	44,2	0,4	145,9	1,3
	ღ - 5'	3,3	26,5	0,4	87,5	1,3
	ჯამი				233,4	2,6
სკ - 14	ღ - 6	3,3	102,6	1,45	338,6	4,8
	ღ - 6'	3,3	59,2	1,45	195,4	4,8
	ჯამი				534,0	9,6

ცხრილი 6.3.

მასალების საერთო ხარჯი 10 გრძივი მეტრისათვის შესაღარებელ საყრდენი კედლების ვარიანტებისათვის.

შესაღებელი კონსტრუქციები	საქრდენი კედლის სახე	საქრდენი კედლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა	გრუნტი	საქრდენი კედლის მარკა	ბეტონის კლასი	მასალების ხარჯი კედლის 10 გრძმ						მასალების საერთო ხარჯი				
						არმატურა, კგ			ბეტონი მ³	ფოლადის ანკერები AIII, კგ	დუღაბი გრუნტ. ანკერებისათვის (მ³)	ბეტონი (მ³)	დუღაბი (მ³)	არმატურა (კგ)		
						A-I	A-III	სულ						A-I	A-III	
ტრადიციული, ბეტონის კლასი, B 20	მასიური, ბეტონის	ლენტური, ვერტიკალური	მშრ. ქვიშა	სკ-1	20	-	-	-	229	-	-	229,0	-	-	-	
			წყალ. ნაჯ. თიხნ	სკ-2	20	-	-	-	326,7	-	-	326,7	-	-	-	
		ლენტური დახრილი	მშრ. ქვიშა	სკ-3	20	-	-	-	219,8	-	-	219,8	-	-	-	
			წყალ. ნაჯ. თიხნ	სკ-4	20	-	-	-	314,0	-	-	314,0	-	-	-	
	ოხელი, რკინაბეტონის	ლენტური	უანკერო	მშრ. 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
		ანკერე	მშრ. ქვიშა	სკ-7	20	116	5378	5494	31,8	204,0	4,2	31,8	4,2	116	5582	

				წელ. 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	სვეტების გარეშე	მშრ. ქვიშნ.	სკ-9	20	76	1920	1996	17,3	204,0	5,4	17,3	5,4	76	2124
				წელ. ნაჯ. თიხნ	სკ-10	20	166	2464	2630	23,3	647,0	14,0	23,3	14,0	166	3111
			სვეტებით	მშრ. ქვიშნ.	სკ-11	20	321	1844	2165	17,2	233,4	2,6	17,2	2,6	321	2077
				წელ. ნაჯ. თიხნ	სკ-12	20	363	2535	2898	20,4	534,0	9,6	20,4	9,6	363	3069
შემოთ. ბეტონის კლასი B30	თხელი, რკინაბეტონის 2-იარუსიანი ანკერებით	ლენტური	სვეტებით	მშრ. ქვიშნ.	სკ-13	30	355	2047	2402	16,8	233,4	2,6	16,8	2,6	355	2280
				წელ. ნაჯ. თიხნ	სკ-14	30	1038	3524	4562	18	534,0	9,6	18,0	9,6	1038	4058

**თასო 7**  
**დასკვნები და რეკომენდაციები**

დამუშავებულ კალთებისა და მიწის ნაგებობების ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფის კომპლექსური უზრუნველყოფის კომპლექსური ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტები, რომელიც ხასიათდება გრუნტული ანკერების საშუალებით წყლის დრენირებისა და გრუნტის შემაკავებელი საყრდენი კედლების ერთობლივი მუშაობით.

კალთებისა და მიწის ნაგებობების ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფის შემოთავაზებული კომპლექსური ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ შემდეგი:

I. კალთებისა და მიწის ნაგებობების ფერდობის გრუნტების გამო შრობის დაჩქარების მიზნით ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროსმოსის გამოყენების თაობაზე:

1. დადგენილია ქვაბულებისა და ტრანშეების ბუნებრივი კალთების და ფერდობის გრუნტების გამოშრობისას, ჰორიზონტალურ სადრენაჟე სისტემებში ელექტროსმოსის გამოყენების პრინციპული შესაძლებლობა.
2. ელექტროსმოსის 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 ელექტროსმოსის გამოყენების ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილებით, საჭიროა, საცდელი გამოცდების გზით, კონკრეტული გრუნტებისათვის, სადრენაჟე მილის მიმართ ელექტროდების ყველაზე უფრო მისაღები მანძილებისა და განთავსების დადგენა.

II. კალთებისა და მიწის ნაგებობების ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფის საყრდენ კედლიანი სისტემების თაობაზე:

1. შემოთავაზებული რკინაბეტონის 2-იარუსად განთავსებულ ანკერებიანი საყრდენი კედლის ეკონომიკური ეფექტი სხვადასხვა გრუნტული პირობების გათვალისწინებით საშუალოდ შეადგენს:

ტრადიციული მონოლითური უანკერო რკინაბეტონის საყრდენ კედლებთან მიმართულერბაში – დაახლოებით 42%.

ტრადიციული მონოლითური ერთ იარუსად განთავსებულ ანკერიან რკინაბეტონის საყრდენ კედლებითან მიმართებაში – დაახლოებით 38%.

აღნიშნული ეკონომიკური ეფექტი გამოვლინდა ტექნოლოგიურობის ყველა ძირითად მაჩვენებლებში: მასალატევადობა, შრომატევადობა, თვითღირებულება.

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ კალთებისა და მიწის ნაგებობების ფერდობების მდგრადობის უზრუნველყოფის შემოთავაზებული კომპლექსური ტექნიკური და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების პრაქტიკაში დანერგვა შესაძლებელია, რაც მოგვცემს სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტს.

შემოთავაზებული ტექნოლოგიების დანერგვა ხელს შეუწყობს საქართველოს მეწყერსაშიში რეგიონების ეკოლოგიურ სტაბილურობას.

დანართი

საყრდენი კედლის წრიული განიგვეთის სვეტების კომპიუტერული



### გაანგარიშების 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.

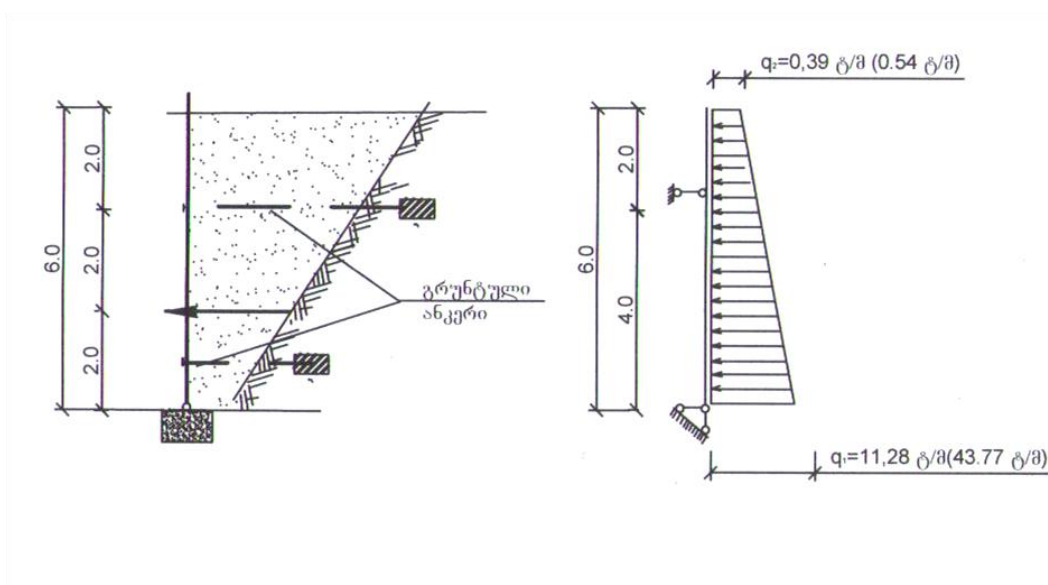
გაანგარიშებები შესრულებულია B 20 და B 30 კლასის ბეტონებისა და A-III კლასის არმატურის გამოყენების შემთხვევებისათვის.

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.

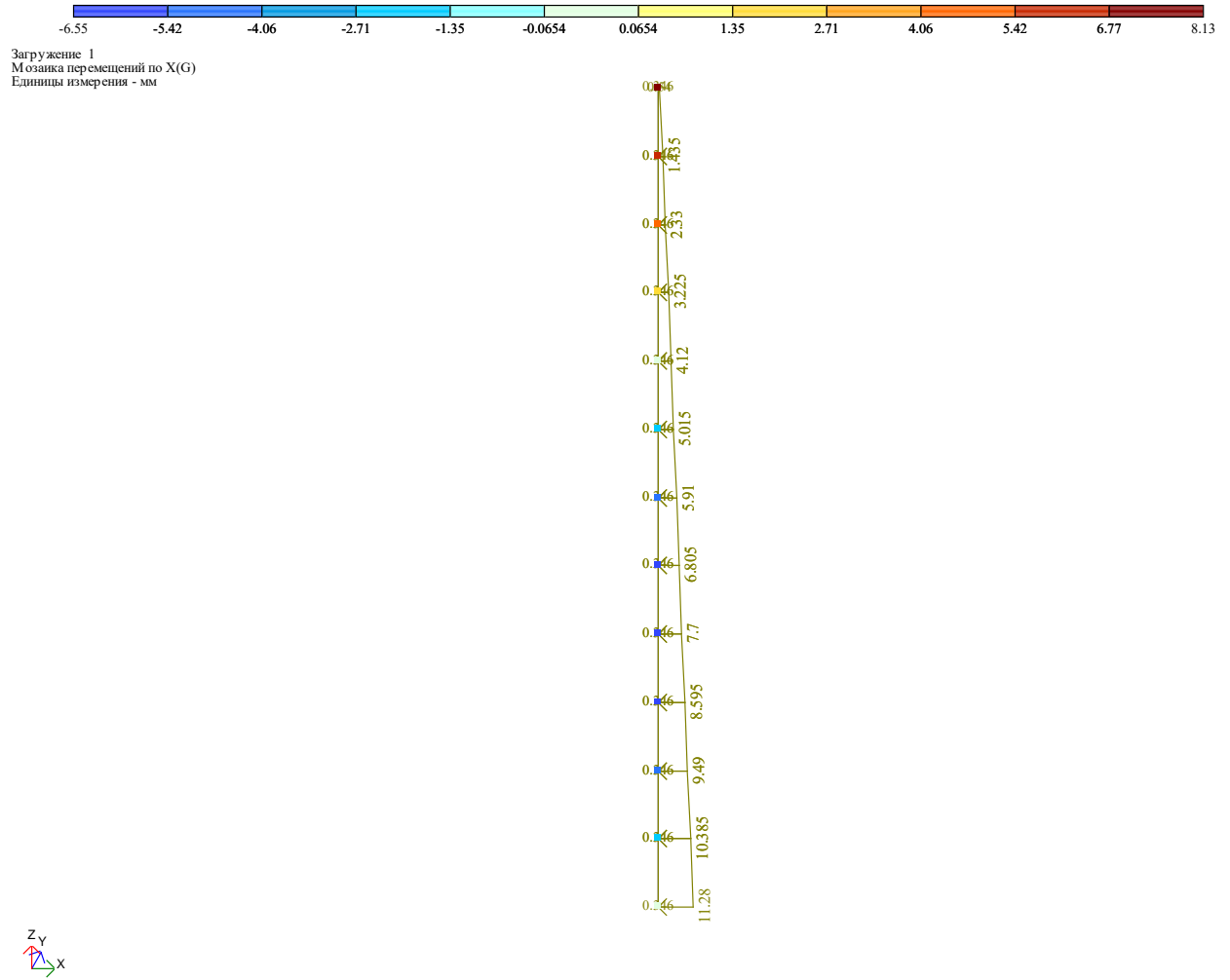
სვეტების გეომეტრიული სქემა

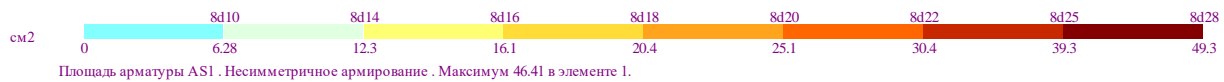


შენიშვნა: საანგარიშო სქემაზე დატვირთვის ორდინატების მნიშვნელობები ფრჩხილების გარეშე შეესაბამება დატვირთვების I სახეს, (ანუ მშრალ ქვიშას) ხოლო ფრჩხილებში – დატვირთვის II სახეს (ანუ წყალნაჯერ თიხას).



# I ვარსიანი B 20





Площадь арматуры AS1 . Несимметричное армирование . Максимум 46.41 в элементе 1.

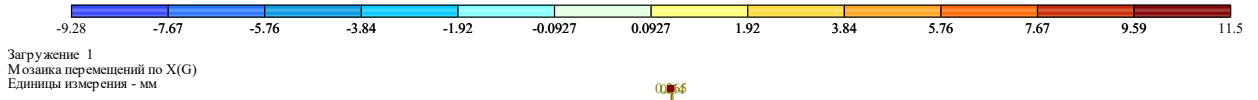


# I ვარიანტი B 30

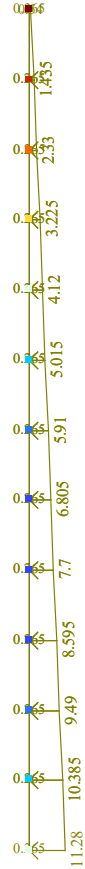
Загружение 1

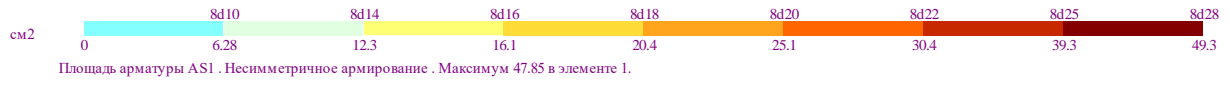


# I ვარიანტი B 30



Загружение 1  
Мозаика перемещений по X(G)  
Единицы измерения - мм





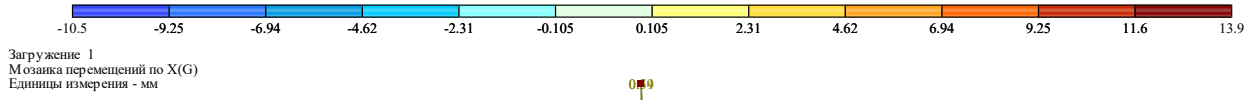
## II ვარიანტი B 20

Загружение 1

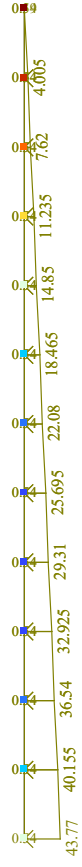


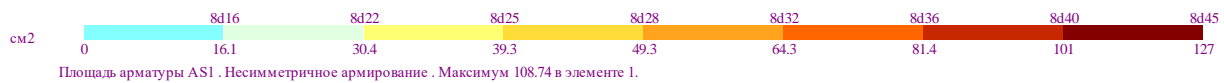


## II ვარსიანი В 20

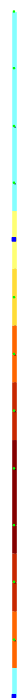


Загружение 1  
Мозаика перемещений по X(G)  
Единица измерения - мм





Площадь арматуры AS1 . Несимметричное армирование . Максимум 108.74 в элементе 1.



## II ვარსიანტი B 30

Загружение 1

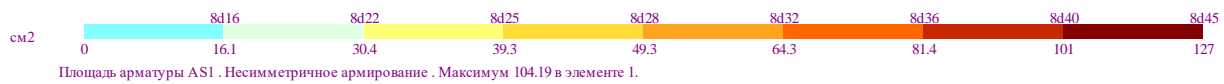


## II ვარსიანტი B 30

-13.4    -11.7    -8.78    -5.85    -2.93    -0.133    0.133    2.93    5.85    8.78    11.7    14.6    17.6

Загружение 1  
 Мозаика перемещений по X(G)  
 Единицы измерения - мм





### 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 профю Е.А. Сорочана. М., Стройиздат, 1985.
4. СНИП 3.01.01-85. Организация строительного производства, Госстрой СССР, М., 1988
5. А.Б. Гольшев, 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. მშენებლობის შემთავსებელთა კავშირი. სამშენებლო რესურსების გ=ფასები, თბილისი 2011.

### სარჩევი

შესავალი

თავი 1 პრობლემის გადაწყვეტის მეთოდები; არსებული მეთოდების

2

	ანალიზი.	
1.1.	პრობლემების გადაწყვეტის მეთოდები.	5
1.2.	არსებული მეთოდების ანალიზი.	12
1.3.	პროექტის მიზნები და პრობლემის შემოთავაზებული გადაწყვეტა.	13
1.4.	პრობლემის გადაწყვეტის შედეგად მიღებული რეზულტატების წინასწარი ანალიზი.	19
1.5.	პერსპექტივაში რომელ გამოყენებით სფეროს შეიძლება მიესადაგოს წარმოდგენილი სამეცნიერო-თეორიული ნაშრომი.	20
<b>თაზო 2</b>	მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები და გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის.	21
2.1.	შემოთავაზებული კომპლექსური სისტემები.	21
2.2.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება სხვადასხვა გრუნტული პირობებისათვის.	24
2.2.1.	წინასწარი მონაცემები.	24
2.2.2.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება მშრალი ქვიშისათვის (ქვიშნარისათვის).	26
2.2.3.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება მშრალი თიხნარისათვის (თიხისათვის).	27
2.2.4.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება წყალნაჯერი ქვიშისათვის	27
2.2.5.	გრუნტის დაწნევის გაანგარიშება წყალნაჯერი თიხნარისათვის	27
<b>თაზო 3</b>	ტრადიციული საყრდენი კედლების გაანგარიშების ვარიანტები	29
3.1.	საწყისი მონაცემები	29
3.2.	მასიური საყრდენი კედლების გაანგარიშება.	30
3.2.1.	საყრდენი კედლის ოპტიმალური მოხაზულობის და გეომეტრიული ზომების წინასწარი დადგენა.	30
3.2.2.	ვერტიკალური მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშება. (გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი) .	35
3.2.3.	დახრილი მასიური საყრდენი კედლის გაანგარიშება. (გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი).	36
3.3.	ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის უანკერო საყრდენი კედლების გაანგარიშება.	38
3.2.1.	გრუნტი – მშრალი ქვიშნარი.	38
3.3.2.	გრუნტი – წყალნაჯერი თიხნარი.	43
3.4.	ტრადიციული მონოლითური რკინაბეტონის ანკერებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშება.	49
3.4.1.	გრუნტი-მშრალი ქვიშნარი.	49
3.4.1.	გრუნტი-წყალნაჯერი თიხნარი.	54
<b>თაზო 4</b>	შემოთავაზებული მეწყერსაწინააღმდეგო გრუნტულანკერებიანი კომბინირებული სისტემების ვარიანტების გაანგარიშება.	58
4.1.	გრუნტულანკერებიანი კომბინირებული სისტემის ოპტიმალური კონსტრუქციული გადაწყვეტის დადგენა.	58
4.2.	მონოლითური რკინაბეტონის ლენტური საყრდენი კედლების გაანგარიშება (კედლის ერთი გრძივი მეტრისათვის).	61

4.2.1.	წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის.	61
4.2.2.	მშრალი ქვიშნარის (ქვიშის) შემთხვევისათვის.	63
4.3.	სვეტებიანი საყრდენი კედლების გაანგარიშება.	65
4.3.1.	წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის.	65
4.3.2.	მშრალი ქვიშნარის შემთხვევისათვის.	69
4.4.	სვეტებიანი საყრდენი კედლის გაანგარიშება B30 კლასის ბეტონის შემთხვევაში.	71
4.4.1.	მშრალი ქვიშნარის შემთხვევისათვის.	71
4.4.2.	წყალნაჯერი თიხნარის შემთხვევისათვის.	73
4.5.	არმატურის სპეციფიკაციები მონოლითური რკინაბეტონის საყრდენი კედლების 10 გრძ. მეტრისათვის.	75
4.6.	კომბინირებული სისტემების გრუნტული ანკერების გაანგარიშება.	80
4.6.1.	საწყისი მონაცემები გაანგარიშებისათვის.	80
4.6.2.	ანკერის მჭიმების დიამეტრების განსაზღვრა.	82
4.6.3.	გრუნტში ანკერების ჩამაგრების (ჩაკეთების) გაანგარიშება.	82
<b>თაზო 5</b>	გამოსაშრობ გრუნტში ჰორიზონტალური სადრენაჟე ჭაბურღილიდან ფილტრირებული წყლის გამოდინების ელექტროსმოსით ამადლების შესაძლებლობის გამოკვლევა.	84
5.1.	ელექტროსმოსით გრუნტების გამოშრობის ძირითადი დებულებები.	84
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 მეთოდიკა.	
5.2.2.	ქვიშოვან გრუნტებზე ექსპერიმენტების შედეგები.	89
5.2.3.	ქვიშნაროვან გრუნტებთან ექსპერიმენტების შედეგები.	99
<b>თაზო 6</b>	მეწყერდამცავი სისტემების არსებული (ტრადიციული) და შემოთავაზებული კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური გადაწყვეტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება.	119
6.1.	ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების მეთოდიკა.	119
<b>თაზო 7</b>	დასკვნები და რეკომენდაციები.	126
	დანართი	127
	საყრდენი კედლის წრიული განიგვეთის სვეტების კომპიუტერული გაანგარიშებების შედეგები.	
	ლიტერატურა	141



