

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ირაკლი ურუშაძე

სადისერტაციო ნაშრომის დასახელება: „საგზაო სამოსის ოპტიმალური კონსტრუქციების შერჩევა გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით”

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა ხელოვნური ნაგებობები.

შიფრი 0406

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
2020 წ.

საავტორო უფლება © 2020 წელი.

ირაკლი ურუშაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით ირაკლი ურუშაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საგზაო სამოსის ოპტიმალური კონსტრუქციების შერჩევა გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი: „08,, „იანვარი,, 2020 წელი

ხელმძღვანელი: პროფ. პეტრე ნადირაშვილი

რეცენზენტები: აკადემიკოსი ტ.მ.დ. თამაზ შილაკაძე

პროფ. ტ.მ.დ. ალექსი ბურდულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2020 წელი

ავტორი: ირაკლი ურუშაძე

დასახელება: „საგზაო სამოსის ოპტიმალური კონსტრუქციების შერჩევა გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით”

სადოქტორო პროგრამა: საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა ხელოვნური ნაგებობები

ხარისხი: დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სხდომა ჩატარდა: 07.02.2020 წ.

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

ავტორის ხელმოწერა

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

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

რეზიუმე

მსოფლიო საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროში, გზის საფარის კონსტრუქციის და ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლების გაუმჯობესების თამანდროვე მიდგომა გახლავთ ინოვაციური მასალების გამოყენება, მაგალითად, ისეთი როგორცაა გეოსინთეტიკური მასალები. სხვადასხვა უცხო ქვეყნების გამოცდილებაზე და მასალის მახასიათებლებზე დაყრდნობით შესაძლებელია ცალსახად ითქვას, რომ გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება საავტომობილო გზების კონსტრუქციებში ზრდის მის ხანმედეგობას და მზიდუნარიანობას. გეოსინთეტიკური მასალები საშუალებას იძლევა ადგილობრივი გრუნტის და სამშენებლო მასალების ეფექტურ გამოყენებას. საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროში, მათი წარმოების ტექნოლოგიური სიმარტივე, დაბალი თვითღირებულება, მიწოდების ადვილი ფორმა და რაც მთავარია მდგრადობა სხვადასხვა სახის აგრესიული ზემოქმედების მიმართ – ხდის მათ საიმედოს.

გეოსინთეტიკური მასალები ასრულებენ მნიშვნელოვან როლს თანამედროვე საგზაო ინფრასტრუქტურაში. განვითარებულ ქვეყნებში დღითიდღე იზრდება მათზე მოთხოვნა, რაც განპირობებულია იმით, რომ გეოსინთეტიკურ მასალას შეუძლია მნიშვნელოვანი ეკონომიის მოტანა, დროის მოკლე და ხანგრძლივ მონაკვეთებში. საქართველოს სხვადასხვა გრუნტების გათვალისწინებით, გეოსინთეტიკურ მასალებს შეუძლიათ გაცილებით ეფექტიანად და სწრაფად გაუმკლავდნენ იმ პრობლემებს, რომლებსაც საგზაო ინჟინრები მშენებლობის დროს ხვდებიან. გაზრდილი მოძრაობის ინტენსიობა და ღერძული დატვირთვის პირობებში, პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ, ასფალტბეტონის ნარევი არასაკმარისად მდგრადია, რაც ვლინდება საფარის ზედაპირზე ნაკვალევის და ტალღების სახით.

ასფალტბეტონის საფარის ხანმედეგობის მაჩვენებლის გაზრდის ერთ-ერთი ეფექტიანი გზა გახლავთ მისი არმირება, გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით. ნაშრომში განხილულია საფარის არმირება ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს შერევის გზით. ეს მეთოდი წარმოადგენს სიახლეს საქართველოს საავტომობილო გზების მშენებლობაში და ამიტომ ნაკლებადაა შესწავლილი ნარევის ტექნოლოგიური დამზადების მეთოდი და მისი დადებითი თვისებები.

ნაშრომის ძირითადი საკვლევი საკითხი მდგომარეობს იმაში, რომ განხორციელდეს ადგილობრივი და გეოსინთეტიკური მასალების ერთობლიობის ეფექტიანობის დადგენა, მოხდეს აღნიშნულის ლაბორატორიული კვლევებით დადასტურება. ნაშრომის მიზანია გარდა იმისა, რომ დამტკიცდეს მასალების ეფექტიანობა, ამავედროულად შემუშავდეს რეკომენდაციები, რომელიც სამომავლოდ საქართველოში მომუშავე ინჟინრებს დაეხმარებათ არახისტი საგზაო ფენილების მოწყობისას, რითაც შესაძლებელი გახდება გაიზარდოს საექსპლუატაციო ვადა და რემონტთაშორისო პერიოდი. სადისერტაციო ნაშრომში

განხილულია საქართველოში მოპოვებული ადგილობრივი ბაზალტის ქვისგან წარმოებული ბოჭკოს და ფილერის დადებითი თვისებები, რომელიც გამოიყენება ასფალტის ზედა ფენის შემკვრელებთან ერთად. ნაშრომში წამოჭრილია გარკვეული სახის პრობლემები, რომლებსაც აწყდებიან საავტომობილო გზების ინჟინრები და მოცემულია მათი გადაწყვეტის ერთ-ერთი ხერხი, რაც დასაბუთებულია შესაბამისი კვლევების საფუძველზე. ძირითად პრობლემად მიჩნეულია ზედა ფენის მდგრადობის გაუმჯობესების გზები, სიმტკიცის და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდა.

ნაშრომში ლაბორატორიული კვლევებით დასაბუთებულია ასფალტში ბაზალტის ფილერის ფრაქცია 0,071 მმ შერევის მიზანშეწონილობა და მოცემულია ნარევის მომზადების ტექნოლოგიური თავისებურება. ნაშრომში მოცემული თეორიულ კვლევებზე დაყრდნობით ა(ა)იპ „თბილისის მუნიციპალური ლაბორატორია“-ს ა/ბეტონის კვლევით ლაბორატორიაში ჩატარდა შესაბამისი ექსპერიმენტული კვლევები. კვლევებისთვის დამზადდა ორი სახის ასფალტის ნარევი: 1) ნარევში ტრადიციული ფილერი შეიცვალა ბაზალტის ფილერით და დამზადდა ოთხი საცდელი ნიმუში. ბაზალტის ფილერის დამატება მოხდა მასის 6-8-10-12% ოდენობით. 2) ახალ მიღებულ ნარევს დაემატა ბაზალტის ბოჭკო მასის 0,1-0,2-0,3% ოდენობით.

ექსპერიმენტული კვლევების ამოცანა: სადისერტაციო ნაშრომის ექსპერიმენტული კვლევის მიზანს წარმოადგენს: შესაბამის საკვლევ მონაცემებზე დაყრდნობით შემუშავდეს ახალი ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის მეთოდოლოგიური უზრუნველყოფა, რომელიც შეძლებს კონკურენცია გაუწიოს, როგორც საფარის ტრადიციულ კონსტრუქციულ გადაწყვეტებს, ისე ინერტულ მასალებს, რომლებიც დღესდღეობით გამოიყენება საავტომობილო გზების მშენებლობაში. აღნიშნული ნარევი იქნება მაღალი ხარისხის და უსაფრთხო გზის საესპლუატაციო პერიოდის განმავლობაში.

მეცნიერული სიახლე: ნაშრომში განხილულია ადგილობრივი ნედლეულის ბაზალტის ქვის – დადებითი თვისებები და მისი წარმოების შესაძლებლობა, როგორც ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს სახით. საფარის ზედა ფენაში მათი შერევა, საშუალებას იძლევა საფარის კონსტრუქციის სიმტკიცის და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდის, რაც დამტკიცებულია შესაბამისი ექსპერიმენტული კვლევებით. ნაშრომის სიახლე გახლავთ ის, რომ მიღებულია ახალი ტიპის ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევი. ლაბორატორიული კვლევებზე დაყრდნობით განისაზღვრა ბაზალტის ფილერის ოპტიმალური რაოდენობა – მასის 8%, ხოლო ბაზალტის ბოჭკო 0,1%. ასფალტის ნარევში ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს შერევა ხორციელდება ინერტულ მასალასთან ერთად და არ საჭიროებს ქარხნის მწარმოებლისგან რაიმე სპეციალურ დამატებით რესურსებს. ესპერიმენტული კვლევებით დადგინდა, რომ ასფალტის ნიმუში აკმაყოფილებს საქართველოში გაგრძელებული ნორმების და წესების მოთხოვნებს კერძოდ: ГОСТ 9128-97, СНиП 3.06.03-85 და СНиП 3.06.03-88.

ახალი მიღებული ასფალტის ნარევი წარდგენილია საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნულ ცენტრში „საქპატენტ“-ში სასარგებლო მოდელის დასამტკიცებლად.

გამოგონების არსი: საავტომობილო გზების მშენებლობაში ერთ-ერთ ძირითად პრობლემურ საკითხად მიჩნეულია ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე ასფალტის ზედა ფენის საექსპლუატაციო თვისებების უზრუნველყოფა, ასევე მისი სიმტკიცის და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდა. ასფალტის ნარევი ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს დამატების გზით, შესაძლებელია ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება. როგორც ცნობილია საქართველოში მოიპოვება და არსებობს ბაზალტის-დიაბაზის ქვების მომპოვებელი საბადოები, აქედან გამომდინარე სრულიად შესაძლებელია ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენება.

Abstract

In the field of road construction worldwide, a streamlined approach to road pavement construction and raw material quality improvement is the use of innovative materials, such as geosynthetic materials. Based on the experience and material characteristics of different foreign countries, it can be clearly stated that the use of geosynthetic materials in road structures increases its durability and attractiveness. When arranging land vacancy allows efficient use of local soil and construction materials. In the field of highway construction, the technological simplicity of geosynthetic materials production, low cost, easy delivery and, most importantly, resilience to various types of aggressive impacts - makes it reliable.

Geosynthetic materials play an important role in modern road infrastructure. In highly developed countries, demand for them is increasing, due to the fact that geosynthetic materials can deliver significant savings over short and long periods of time. Given Georgia's different terrain, geosynthetic materials can more effectively and quickly address the problems encountered by road engineers during construction. With increased movement intensity and axial load conditions, with respect to plastic deformations, the asphalt concrete mixture is insufficiently resilient, which can be seen as footprints and waves on the surface of the coating.

One of the most effective ways to increase the durability of asphalt concrete coating is to reinforce it using geosynthetic materials. The paper deals with the reinforcement of the coating by mixing basalt filler and fiber. This method is a novelty in the construction of highways in Georgia and therefore the technology of mixing and its positive features has not been well studied.

The main research topic of this work is to determine the effectiveness of the combination of local materials and geosynthetic materials, to confirm these with laboratory studies. The purpose except to confirm the effectiveness of the materials, are less developed recommendations, which will be useful to engineers working in Georgia arakhisti phenyl road construction both in the design solutions, which will enable to increase the life span and the discussion paper remontshorisoperiodi.sadisertatsio Lia in Georgia local basalt stone extracted from the manufactured fibers and fillers of positive qualities, which is used in the top layer of asphalt shemkvreleb together. The paper deals with some of the problems encountered by highway engineers and provides one of the ways to solve them that is substantiated by relevant research. The main problems are ways to improve the stability of the upper layer, increase the strength and water resistance.

In this paper, laboratory studies have shown the feasibility of mixing basalt filler with 0,071 mm asphalt and the technological features of the mixture preparation. Based on the theoretical research presented in the paper, the relevant experimental studies were carried out in the concrete laboratory of Tbilisi Municipal Laboratory. Two types of asphalt mixture were prepared for the studies: 1) Traditional filler was replaced with basalt filler and two test specimens were

prepared. The basalt filler was added 6-8-10-12% by mass. 2) Newly obtained mixture was added in the amount of 0,1-0,2-0,3% by weight of basalt fiber.

Experimental research task: Experimental thesis research report, the relevant research data to develop a methodology to ensure that you will be able to compete with traditional constructive solutions cover of inert materials that are currently used in the automotive, construction and will be the winner Anti, high quality and therefore the safety, road saespluatatsio period.

Scientific news: The paper discusses the positive properties of local raw stone - diabase and its potential as a basalt filler and fiber. Their mixing in the top layer of the coating allows to increase the strength of the coating structure and the waterproofing performance, which is confirmed by relevant experimental studies. The novelty of this work is that a new type of basalt fiber asphalt is obtained. Based on laboratory studies, the optimum amount of basalt filler was determined - 8% by mass. The asphalt mixture is mixed with basalt filler and fiber with inert material and does not require any special additional resources from the plant manufacturer. Aspirometric studies have shown that the asphalt pattern meets the requirements of the norms and regulations in Georgia, in particular: GOST 9128-97, СНиП 3.06.03-85 and СНиП 3.06.03-88. The newly obtained asphalt mixture has been submitted to the National Intellectual Property Center of Georgia for approval of a utility model at Sakpatenti.

The essence of the invention: One of the major problems in the construction of highways is the maintenance of the asphalt topsoil on the basis of technical and economic justification, as well as the increase of its strength and waterproofing performance. By adding basalt filler and fiber to the asphalt mixture, the physical-mechanical properties of the mixture can be improved. As it is known in Georgia the basalt-diabase bases have been extracted and extracted, so it is quite possible to use local raw materials.

შინაარსი

შესავალი	13
თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა.....	21
1.1. გეოსინთეტიკური მასალების და ბიტუმის შემცველი ფენილების სტრუქტურა.....	21
1.1.1. გეოსინთეტიკური მასალების ტექნიკური მახასიათებლები.....	21
1.1.2. გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების არე	29
1.1.3. გეოსინთეტიკური მასალების ნორმატიულ–ტექნიკური ბაზა.....	34
1.1.4. ბიტუმის შემცველი მასალების და ფენილების სტრუქტურა	42
1.1.5 ბეტონის არმირება ბაზალტის ბოჭკოს გამოყენებით.....	57
თავი II. შედეგების განსჯა.....	60
2.1. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები	60
2.1.1. ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები	60
2.1.2. კომპ. ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის ლაბორატორიული კვლევის მეთოდოლოგია	73
2.1.3. არმირებული ასფალტის ნარევის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების კვლევა ГОСТ 12801-98-ის მიხედვით	101
თავი III. დასკვნა.....	111
გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა	113
დანართი №1 მარშალის მეთოდით ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის გამოცდის გრაფიკები.....	117

ცხრილების და გრაფიკების ნუსხა

ცხრილი №1 გეოსინთეტიკური მასალების კლასიფიკაცია.....	30
ცხრილი №2 კავკასიონის დიაბაზის ქიმიური შემადგენლობა.....	66
ცხრილი №3 ბაზ. ქსოვილის და ბოჭკოს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.	74
ცხრილი №4 Б ტიპის ა/ზ ნარევის გრანულომეტრია.....	75
ცხრილი №5 Б ტიპის ა/ზ ნარევის ნიმუშის გამოცდის შედეგები.....	75
ცხრილი №6 ნიმუში №1 გრანულომეტრია.....	76
ცხრილი №7 ნიმუში №1 გამოცდის შედეგები.....	77
ცხრილი №8 ნიმუში №2 გრანულომეტრია.....	78
ცხრილი №9 ნიმუშის №2 გამოცდის შედეგები.....	78
ცხრილი №10 ნიმუში №3 გრანულომეტრია.....	79
ცხრილი №11 ნიმუში №3 გამოცდის შედეგები.....	80
ცხრილი №12 ნიმუში №4 გრანულომეტრია.....	80
ცხრილი №13 ნიმუში №4 გამოცდის შედეგები.....	81
ცხრილი №14 ლაბორატორიული კვლევების №1 გამოცდის შედეგები.....	81
გრაფიკი №15 ლაბორატორიული კვლევების №1 შედეგები ფორიანობის მაჩვენებლის მიხედვით.....	82
გრაფიკი №16 ლაბორატორიული კვლევების №1 შედეგები ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივის მიხედვით.....	83
გრაფიკი №17 ლაბორატორიული კვლევების №1 შედეგები მოცულობითი წონის მიხედვით.....	84
ცხრილი №18 Б ტიპის ა/ზ ნარევის გრანულომეტრია.....	85
ცხრილი №19 Б ტიპის ა/ზ ნარევის ნიმუშის გამოცდის შედეგები.....	87
ცხრილი №20 კომპ. ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის გრანულომეტრია.....	88
ცხრილი №21 კომპ. ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის 0,1% ნიმუშის გამოცდის შედეგები.....	89
ცხრილი №22 კომპ. ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის 0,2% ნიმუშის გამოცდის შედეგები.....	90

ცხრილი №23 კომპ. ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის 0,3% ნიმუშის გამოცდის შედეგები.....	90
ცხრილი №24 ლაბორატორიული კვლევების №2 შეჯამება.....	91
გრაფიკი №25 ლაბორატორიული კვლევების №2 შედეგები ფორიანობის მაჩვენებლის მიხედვით.....	92
გრაფიკი №26 ლაბორატორიული კვლევების №2 შედეგები მოცულობითი წონის მიხედვით.....	93
გრაფიკი №27 ლაბორატორიული კვლევების №2 შედეგები ნარევის ქეშმარიტი სიმკვრივის მიხედვით.....	94
ცხრილი №28 ლაბორატორიული ნიმუშების ჩამონათვალი.....	96
ცხრილი №29 ლაბორატორიული კვლევების №3 შედეგები.....	98
გრაფიკი №30 Hamburg Gurve with Test Parametres.....	99
გრაფიკი №31 ლაბორატორიული კვლევების №3 შედეგების შეჯამება.....	100
ცხრილი №32 კომპ. ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის ნიმუშების ნუსხა.....	103
ცხრილი №33 ლაბორატორიული კვლევების №4 შეჯამება.....	104
გრაფიკი №34 ნარევის სტაბილურობა ბაზალტის ფილერის დამატებით...105	
გრაფიკი №35 ნარევის სტაბილურობა ბაზალტის ბოჭკოს დამატებით.....	106
გრაფიკი №36 ნარევის დენადობა ბაზალტის ფილერის დამატებით.....	107
გრაფიკი №37 ნარევის დენადობა ბაზალტის ბოჭკოს დამატებით.....	108
გრაფიკი №38 ნარევის პირობითი სიხისტე ბაზალტის ფილერის დამატებით.....	109
გრაფიკი №39 ნარევის პირობითი სიხისტე ბაზალტის ბოჭკოს დამატებით.....	110

ნახაზების და სურათების ნუსხა

ნახაზი 1 დატვირთვის განაწილება.....	23
ნახაზი 2 გეოგისოსის კონსტრუქცია.....	24
ნახაზი 3 განცალკევების ფუნქციის კონცეფცია.....	27
ნახაზი 4 ასფალტბეტონის სტრუქტურა.....	42
ნახაზი 5 ფენილის დეფორმაციების განვითარების გრაფიკი.....	46
ნახაზი 6 ფენილში ძაბვის რელაქსაცია.....	47
ნახაზი 7 გაჭიმვაზე მრღვევი ძალის დატვირთვის ხანგრძლივობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.....	47
ნახაზი 8 ა/ზ გაჭიმვაზე სიმტკიცის და დატვირთვის სიჩქარეზე დამოკიდებულების გრაფიკი.....	48
ნახაზი 9 ა/ზ ფენილის ჩალუნვის და თვლების გავლათა დამოკიდებულების გრაფიკი.....	48
ნახაზი 10 ბიტუმის შემცვლელი მასალის დრეკადობის მოდულის გრაფიკი.....	49
ნახაზი 11 ა/ზ ნარევი ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.....	50
ნახაზი 12 ბიტუმის შემცვლელ მასალაში შიგა ხახუნის და შიგა ბმის ძალების მარცვლის ზომებისაგან დამოკიდებულების გრაფიკი.....	51
ნახაზი 13 ბიტუმის შემცვლელ მასალაში შიგა ხახუნის და შიგა ბმის ძალების ბიტუმის რაოდენობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.....	51
სურათი 14 ბაზალტის ბოჭკო.....	67
სურათი 15 ბაზალტის ბოჭკოს მისაღებად საჭირო დანადგარი.....	68
ნახაზი 16 საგზაო სამოსში ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვებისგან გამოწვეული ნორმალური და მხები ძაბვების განაწილების ეპიურა.....	70
ნახაზი 17 განმეორებითი დატვირთვების დროს საგზაო სამოსის დეფორმაციების კანონზომიერება.....	71
ნახაზი 18 რეოლოგიური მოდელი.....	72
სურათი 19 ლაბორატორიული ამრევი.....	76
სურათი 20 Hamburg asphalt roller compactor.....	77
სურათი 21 ასფალტის ამრევი და ბაზალტის ბოჭკო.....	79
სურათი 22 ბაზალტის ფილერი.....	86
სურათი 23 Hamburg Wheel Track მოწყობილობა.....	95
სურათი 24 გამოსაცდელი ნარევის ნიმუში.....	96
სურათი 25 Heated Asphalt Smartracker.....	98
სურათი 26 მარშალის წნეხი.....	101

შესავალი

საავტომობილო გზების მშენებლობის ტემპების და მასზე მკვეთრად დინამიური დატვირთვების ზრდამ, საჭირო გახადა ახალი მასალების და ტექნოლოგიების შექმნა, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება გზის საფარის ხარისხის და საექსპლუატაციო პერიოდის გაუმჯობესება.

საგზაო სამშენებლო სამუშაოები მოიცავს რამოდენიმე ეტაპს, მაგალითად: პროექტირება, ტექნოლოგიური მომსახურება, სარემონტო სამუშაოების წარმოება და სხვა. ხაზგასმით უნდა ითქვას, რომ საგზაო კონსტრუქციის პროექტირების და მშენებლობის დროს დიდი ყურადღება ექცევა მეთოდების და მასალების სწორად შერჩევას. ასე მაგალითად, თუ ჩვენ საუბარი გვაქვს მაღალი კატეგორიის გზების მშენებლობაზე, მაშინ უნდა გამოყენებულ იქნას მტკიცე და ნაკლებად ცვეთადი თანამედროვე სამშენებლო მასალები, რომლებიც თავის მხრივ, დამოკიდებული იქნება სხვადასხვა მახასიათებლებსა და მოთხოვნებზე.

ნაშრომში განხილულია თანამედროვე გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება და მათი როლი საავტომობილო გზების მშენებლობაში. მოგეხსენებათ, რომ აღნიშნული მასალა უკვე ორმოც წელზე მეტია, რაც გამოიყენება სახვადასხვა სამშენებლო კონსტრუქციების და გრუნტის საფუძვლის არმირების მოწყობისას. არმირებული მასალების ძირითადი მომხმარებელი გახლავთ საავტომობილო და სარკინიგზო, სამოქალაქო და ჰიდრომშენებლობის მიმართულებები. გეოსინთეტიკური მასალები ფართოდ გამოიყენება: მეწყერსაწინაღო ღონისძიებების დროს – საყრდენი კედლის ნაცვლად, ფერდის გამაგრების დროს და გრუნტის ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიების განხორციელებისას.

საავტომობილო გზების მშენებლობაში გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება განსაკუთრებით აქტუალურია რთულ კლიმატურ პირობებში, რადგან საშუალებას იძლევა გაუმჯობესდეს გრუნტის და საგზაო-სამშენებლო მასალების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, რიგ შემთხვევებში შესაძლებელია სრულიად ახალი ტიპის მასალის მიღებაც კი.

გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება, აგრეთვე, დიდ როლს თამაშობს იმ ადგილებში, სადაც გზა გადის წყლის მაღალ ნიშნულებში. როგორც ცნობილია საავტომობილო გზების მშენებლობაში გზის პროექტირების და მშენებლობის ძირითადი ღონისძიებაა წყლის არიდება. მთავარი პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ წყლის დონის მატებისას, იგი აღწევს საფუძვლის ქვედა ფენაში, ახდენს წვრილი ფრაქციის (შემავსებლის) გამორეცხვას, რის შედეგადაც კონსტრუქციაზე დინამიური დატვირთვების ზემოქმედება სხვადასხვანაირად ნაწილდება და სუსტ წერტილებში (ჩვენ შემთხვევაში გამორეცხილ ადგილებში) ფორმირდება ჯდენა, რაც თავისთავად იწვევს არახისტი საგზაო ფენილის დეფორმაციას. საფუძველი, რომელიც გაჯერებულია წყლით სულ რაღაც 10%-ით, ამცირებს მონაკვეთის საექსპლუატაციო ვადას 50%-ით. გაჯერების თავიდან აცილება საავტომობილო გზების მშენებლობის თანამედროვე ინჟინერიის მთავარი გამოწვევაა.

საჭიროა შესაბამისი ნორმატიული ბაზის შექმნა, სადაც განხილული იქნება გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების ინსტრუქცია. რადგან მშენებლობაში უკვე ფართოდ გამოიყენება აღნიშნული მასალა, გამოყენებულია უცხოური შესაბამისი სტანდარტები. საჭიროა საპროექტო და სამშენებლო ორგანიზაციებს ჰქონდეთ ზუსტი ინფორმაცია გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების ეფექტურობაზე, რათა შემდგომ მოხდეს პრაქტიკაში მისი სწორად გამოყენება. საავტომობილო გზების მშენებლობაში ერთ-ერთ ძირითად პრობლემურ საკითხად მიჩნეულია ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე ასფალტის ზედა ფენის საექსპლუატაციო თვისებების უზრუნველყოფა და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდა. ასფალტის ნარევი ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს დამატების გზით, შესაძლებელია ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება. როგორც ცნობილია საქართველოში მოიპოვება და არსებობს ბაზალტის-დიაბაზის ქვების მომპოვებელი საბადოები, აქედან გამომდინარე სრულიად

შესაძლებელია ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენება. საავტომობილო გზების მშენებლობის ინდუსტრია, მოიცავს ხაზობრივ და არახაზობრივ საგზაო ნაგებობების ფართო კომპლექსურ საკითხებს, რომლებიც დაკავშირებულია პროექტირებასთან, მშენებლობასთან, სარემონტო სამუშაოებთან, რეკონსტრუქციასთან და ექსპლუატაციასთან. პირველად გეოსინთეტიკური მასალა გამოიყენეს სამოქალაქო მშენებლობაში, მაგრამ დღეს გამოყენების სიდიდით, მას არც საავტომობილო გზების მშენებლობის სფერო ჩამოუვარდება. შესაბამისად, ამ პროდუქტის როლი გზების მშენებლობაში საკმაოდ მზარდია.

სამოქალაქო მშენებლობაში გეოსინთეტიკურმა მასალებმა ფართო გამოყენება 1970 წლიდან ჰპოვა. გაჩნდა ბევრი ახალი და იმდროინდელი მოთხოვნების შესაბამისი პროდუქტი, რომელიც დამზადებული იყო სპეციალური ტექნოლოგიით და განსაკურებული ნედლეულისგან. შემუშავდა შესაბამისი ნორმები და წესები, რომელთა გათვალისწინებითაც შესაძლებელი იყო გეოსინთეტიკური მასალების ეფექტური გამოყენება.

გეოსინთეტიკური მასალების სწორი ფუნქციონირება დაკავშირებულია მათ მახასიათებლებზე, თუ რა სახის გრუნტში ან კონსტრუქციაში იქნება გამოყენებული. ნომინალური სიმტკიცე, დეფორმირებადობა, საფილტრაციო ფუნქცია, ცოცვადობა, ხანგამძლეობა, ფრიქციული მაჩვენებლები – სწორედ ეს თვისებები სძენს გზის კონსტრუქციას ახალ თვისებებს.

გეოსინთეტიკური მასალების განვითარებამ აუცილებელი გახადა მეცნიერების სპეციალური ჯგუფის შექმნა, რომელმაც პრაქტიკული ანალიზის საფუძველზე და ცდებზე დაყრდნობით შესაბამისი მეთოდოლოგიები შეიმუშავა. ძირითადი პრინციპი გახლდათ დეფიციტური ძალვის, უახლესი დრენირების და საერთო ჯამში კონსტრუქციის საიმედოობის და ხანგამძლეობის მახასიათებლების ზრდა. სწორედ ამ კომპლექსური მოთხოვნების გათვალისწინებით მოხდა გეოსინთეტიკური

მასალების გამოყენება ყრილების, ჭრილების და ბუნებრივი საფუძვლების მოწყობისას.

გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებამ შეცვალა გრუნტის სტრუქტურა, მოხდა ბუნებრივი და ხელოვნური მასალების ერთად გამოყენება. საცდელ მონაკვეთზე დაკვირვებამ საშუალება მისცა შესაბამის დარგის სპეციალისტებს დაედგინათ, პირველ რიგში – პროდუქტის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, ხოლო მეორე რიგში – სისტემების შესაბამისობა – გრუნტს (ან სხვა სამშენებლო მასალა) დამატებული გეოსინთეტიკური ელემენტი. ყურადღებას აქცევდნენ სამ ძირითად ასპექტს: საფილტრაციო და წყალარინების შესაძლებლობა, ზღვრული სიმტკიცე და შესაბამისი დეფორმაცია.

1998 წლიდან, რეგულარულად ტარდება გეოსინთეტიკური მასალების პრაქტიკული გამოყენებისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენციები. ასეთმა შეხვედრებმა მრავალი მწარმოებელი, საპროექტო და სამეცნიერო წრის წარმომადგენელი დააკავშირა ერთმანეთთან. მათ, საავტომობილო გზების მშენებლობის და სარემონტო სამუშაოების მიმდინარეობისას, ერთობლივად შეძლეს გეოსინთეტიკური მასალების რაციონალური გამოყენება. 2018 წლის 16 სექტემბრიდან 21 სექტემბრამდე, სამხრეთ კორეის დედაქალაქ სეულში, გეოსინთეტიკური მასალებისადმი მიძღვნილი 11 საერთაშორისო კომფერენცია ჩატარდა, სადაც ორგანიზატორების ინფორმაციით წარმოდგენილი იყო უახლესი ტექნოლოგიური მიღწევები. მათი გამოყება შესაძლებელი იქნება არამარტო საავტომობილო გზების მშენებლობაში, არამედ სხვადასხვა მიმართულებითაც.

დღესდღეობით, კომპლექსური მეთოდოლოგიის შესაქმნელად, ლაბორატორიული, ექპერიმენტალური და პრაქტიკული სამუშაოებთან ერთად, დიდი ყურადღება ექცევა თეორიულ კვლევებს. ასეთი სახის მონაცემები, საპროექტო ინჟინრებს შემდგომში საგზაო კონსტრუქციის სწორ ანგარიშში დაეხმარება.

გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით შემუშავებულია სხვადასხვა ტიპის კონსტრუქციები, მაგალითად: ყრილების მოწყობა ვერტიკალური ლენტური დრენირებით; სატბორი ფერდებისთვის, ქარის და წყლის ეროზიისგან დამცავი კონსტრუქციები; კონსტრუქციები სადრენაჟე ნაგებობების მშენებლობისას; არმირებული გრუნტის მოსაწყობად და სხვა. ასეთი ტიპის კონსტრუქციები ზრდის საგზაო კონსტრუქციის საიმედოობას, ამცირებს სამშენებლო მასალების მოცულობებს და ხელს უწყობს ახალი მიდგომების ჩამოყალიბებას. კონსტრუქციებში, გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებით, შესაძლებელია შემდეგი პრობლემების გადაჭრა:

- გამყოფი შრის მოწყობა, რათა კონსტრუქციაში არ მოხდეს არაერთგვაროვანი მასალების შერევა;
- მიწის ვაკისის და საგზაო სამოსის არმირების მოწყობა, რომელიც იცავს გზის საფარს არეკვლადი ბზარების წარმოქმნისგან;
- იცავს სახიდე მისასვლელებს, ფერდოს და ფერდობს წყლის და ქარის ეროზიისგან;
- დრენირების მოსაწყობად, გამოირჩევა მაღალი საიმედოობით და ხანგამძლეობით;
- გამოიყენება ჰიდროსაიზოლაციო და თერმოსაიზოლაციო შუაშრის მოსაწყობად;
- გამოიყენება როგორც არმოელემენტი არმირებულ კონსტრუქციებში, ფერდოს მაღალი დახრილობის დროს, ისე მიწის ვაკისის და ყრილების მოწყობისას;
- დროებითი და მისასვლელი გზების მშენებლობისას გეოსინთეტიკური მასალები გამოიყენება როგორც ტექნოლოგიური შუაშრე, განსაკუთრებით სუსტ გრუნტებში.

გეოსინთეტიკური მასალების ერთ–ერთი ძირითადი ეფექტიანი მახასიათებელი მისი ხანგამძლეობაა, რომელიც მიიღწევა კომპლექსური ფაქტორების და პირობების გათვალისწინებით. მაგალითად: ნედლეული,

კლიმატურ-ტემპერატურული ზემოქმედება, საანგარიშო დატვირთვების მოქმედება და სხვა. თუ პროდუქტის მოწყობისას არ მოხდა მისი მექანიკური დაზიანება, მაშინ ხანგამძლეობა აღწევს 40-120 წელს. ასევე გასათვალისწინებელია ზოგიერთი მასალის მგრძობელობა, მაგალითად, პოლიამიდის მასალაზე ტუტე-მჟავის უარყოფითი მოქმედება.

გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებისას დიდი ყურადღება ექცევა ეკოლოგიურ საკითხებს, რომლის აქტუალურობა საავტომობილო გზების მშენებლობაში დღითიდღე იზრდება. გამოყენებული მასალა არ უნდა შეიცავდეს მავნე ნივთიერებებს, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი იქნება გეოლოგიური დაბინძურება.

არსებობს უამრავი ვარიანტი და მაგალითი რის საფუძველზეც ხდება კონსტრუქციებში გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება. ასე, რომ: – საავტომობილო გზების მშენებლობაში, გეოსინთეტიკური მასალების თანამედროვე განვითარებამ მაღალ დონეს მიაღწია. ეს პროდუქტი გახლავთ პერსპექტიული მასალა, რომელიც ხელს შეუწყობს საგზაო კონსტრუქციის სრულყოფას.

საკითხის აქტუალურობა: გეოსინთეტიკური მასალები ასრულებენ მნიშვნელოვან როლს თანამედროვე საგზაო ინფრასტრუქტურაში. განვითარებულ ქვეყნებში დღითიდღე იზრდება მათზე მოთხოვნა, რაც განპირობებულია იმით, რომ გეოსინთეტიკურ მასალას შეუძლია მნიშვნელოვანი ეკონომიის მოტანა, დროის მოკლე და ხანგრძლივ პერიოდებში. საქართველოს მრავალფეროვანი გრუნტების გათვალისწინებით, გეოსინთეტიკურ მასალებს შეუძლიათ გაცილებით ეფექტიანად და სწრაფად გაუმკლავდნენ იმ პრობლემებს, რომლებსაც საგზაო ინჟინრები ხვდებიან მშენებლობის დროს. გაზრდილი მოძრაობის ინტენსიობა და ღერძული დატვირთვის პირობებში, პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ, ასფალტბეტონის ნარევი არასაკმარისად მდგრადია, რაც ვლინდება საფარის ზედაპირზე ნაკვალევს და ტალღების სახით.

ასფალტბეტონის საფარის ხანმედეგობის მაჩვენებლის გაზრდის ერთ–ერთი ეფექტური გზა მისი გეოსინთეტიკური მასალებით არმირება წარმოადგენს. ნაშრომში განხილულია საფარის არმირება ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს შერევის გზით. ეს მეთოდი საქართველოს საავტომობილო გზების მშენებლობაში სიახლეს წარმოადგენს.

ნაშრომის ძირითადი საკვლევი საკითხი მდგომარეობს იმაში, რომ განხორციელდეს ადგილობრივი და გეოსინთეტიკური მასალების ერთობლიობის ეფექტიანობის დადგენა, მოხდეს აღნიშნულის ლაბორატორიული კვლევებით დადასტურება. ნაშრომის მიზანია გარდა იმისა, რომ დამტკიცდეს მასალების ეფექტიანობა, ამავედროულად, შემუშავდეს რეკომენდაციები, რომელიც სამომავლოდ საქართველოში მომუშავე ინჟინრებს არახისტი საგზაო ფენილების მოწყობისას გამოადგებათ. სწორი საპროექტო გადაწყვეტილებებით შესაძლებელი გახდება გაიზარდოს საექსპლუატაციო ვადა და რემონტთმორისო პერიოდი. სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია საქართველოში მოპოვებული ადგილობრივი ბაზალტის ქვისგან წარმოებული ბოჭკოს და ფილერის დადებითი თვისებები, რომელიც გამოიყენება ასფალტის ზედა ფენის შემკვრელებთან ერთად. ნაშრომში წამოჭრილია გარკვეული სახის პრობლემები, რომლებსაც აწყდებიან საავტომობილო გზების ინჟინრები და მოცემულია მათი გადაწყვეტის ერთ–ერთი ხერხი, რომელიც დასაბუთებულია შესაბამისი კვლევების საფუძველზე. **ძირითად პრობლემად მიჩნეულია ზედა ფენის მდგრადობის გაუმჯობესება, სიმტკიცის და წყალშეუღწევადობის მაჩვენებლების გაზრდა.**

ნაშრომში ლაბორატორიული კვლევებით დასაბუთებულია ასფალტში ბაზალტის ფილერის ფრაქციის 0,071 მმ შერევის მიზანშეწონილობა და მოცემულია ნარევის მომზადების ტექნოლოგიური თავისებურება. ნაშრომში მოცემული თეორიულ კვლევებზე დაყრდნობით ა(ა)იპ „თბილისის მუნიციპალური ლაბორატორია“-ს ა/ბეტონის კვლევით ლაბორატორიაში ჩატარდა შესაბამისი ექპერიმენტული კვლევები.

კვლევებისთვის დამზადდა ორი სახის ასფალტის ნარევი: 1) ნარევი ტრადიციული ფილერი შეიცვალა ბაზალტის ფილერით და დამზადდა ოთხი საცდელი ნიმუში. ბაზალტის ფილერის დამატება მოხდა მასის 6-8-10-12% ოდენობით. 2) ახალ მიღებულ ნარევს დაემატა ბაზალტის ბოჭკო მასის 0,1-0,2-0,3% ოდენობით.

სამუშაოს აპრობაცია: დისერტაციაში წარმოდგენილი მასალები მოხსენიებულია 1) სტუ-ს სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, 2017 წელი;

მოცულობა 125 გვერდია. შეიცავს შესავალს, სამ თავს, ერთ დანართს, გამოყენებული ლიტერატურის სიას 39 დასახელებით, 25 ცხრილს, 14 გრაფიკს, 10 სურათს და 16 ნახაზს.

პუბლიკაციები: დისერტაციის მასალების შესახებ გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო ნაშრომი.

1. პ. ნადირაშვილი, თ. მექანარიშვილი, ზ. მელაძე ი. ურუშაძე „არმირებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესება”, „მშენებლობა”, 2019 წ. №2(51) გვ. 67-69;
2. პ. ნადირაშვილი, თ. მექანარიშვილი, ზ. მელაძე ი. ურუშაძე „არმირებული ასფალტბეტონის ნარევის გამოყენება საავტომობილო გზების მშენებლობაში”, „მშენებლობა”, 2018 წ. №2(49) გვ. 93-95;
3. ი. ურუშაძე „გეოსინთეტიკური მასალები – ინოვაციები თანამედროვე საავტომობილო გზების მშენებლობაში” „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა”, 2017 წ. №2(39) გვ. 159-163;

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა.

1.1. გეოსინთეტიკური მასალების და ბიტუმის შემცვლელი ფენილების სტრუქტურა

1.1.1. გეოსინთეტიკური მასალების ტექნიკური მახასიათებლები

გეოსინთეტიკური მასალები – მოიცავს ყველა სახის გეოსინთეტიკურ მასალის კლასიფიკაციას, რომელიც გამოიყენება, როგორც საავტომობილო გზების, ისე მშენებლობის სხვა მიმართულებებში. ეს ტერმინი თავის მხრივ მოიცავს: გეოტექსტურ, გეოგისოსურ, გეობადურ, გეომემბრანურ და გეოკომპოზიტურ მასალებს.

გეოსინთეტიკური მასალების (შემდგომში „პროდუქტი“) მახასიათებლები დამოკიდებულია მის კომპონენტებზე, დანიშნულებაზე, გამოყენებულ ნედლეულზე და სხვა. ამჟამად მის საწარმოებლად გამოიყენება სხვადასხვა სახის ქსოვილი და ნედლეული. მაგ: პოლიამიდი (PA), პოლიეთილენი (PE), პოლიესტერი (PES) და პოლიპროპილენი (PP). პოლიეთილენი და პოლიპროპილენი ასევე ცნობილია როგორც პოლიოლენი. პროდუქტის სპეციალური მახასიათებლის მისაღებად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს (მაგ. სტაბილიზატორი) პოლივინილხლორიდის, პოლიეთილენის ან ბიტუმის გარსი. აღნიშნული მასალები და დანამატები არ განიცდიან გრუნტის წყლების ზემოქმედებას, არ ხდება მათი შემადგენელი ნივთიერებების და კონსერვატების გამორეცხვა.[3]

ქსოვილური გეოსინთეტიკური მასალები – ამ ჯგუფის პროდუქტი (მაგ. ტექსტილი) ძირითადად გამოიყენება მიწის სამუშაოების დროს. მათი დადებითი თვისებები შეიძლება დავახასიათოდ შემდეგნაირად:

- გამჭიმი ძალვის მოქმედებისას ქსოვილი განიცდის მცირე წაგრძელებას (მოძრაობას);
- გამჭიმი ძაბვების დიაგონალური მიმართულებით ათვისების უნარი;

- სხვა ქსოვილურ და არაქსოვილურ მასალებთან შედარებით, გეოსინთეტიკური ქსოვილი, უწყვეტი ძაფის ხარჯზე დაბალ ელასტიურია;
- დატვირთვის ათვისების უნარი, რომელიც ურთიერთქმედებს გრუნტზე, ან სხვა რომელიმე საშენ მასალაზე, ასევე პროდუქტს გააჩნია საფილტრაციო მახასიათებლები.

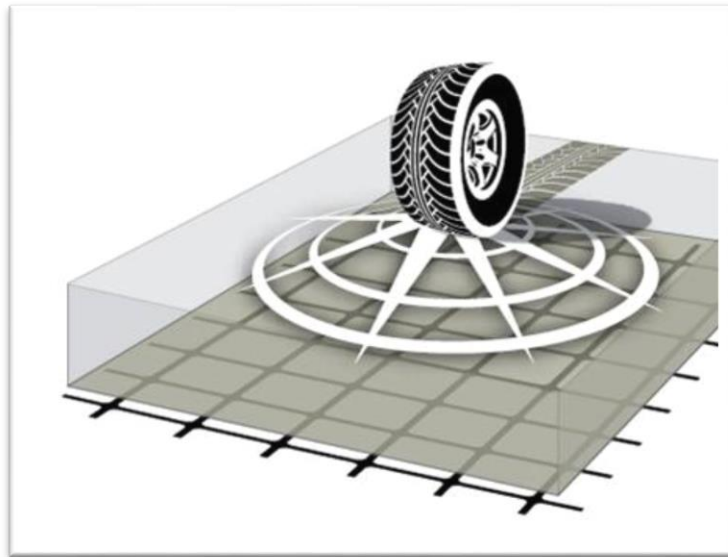
მოკლედ განვიხილოთ გეოსინთეტიკური მასალების ძირითადი პროდუქტები და მათი თვისებები.[1]

გეოგისოსი—ძირითადად გამოიყენება ნაყარი გრუნტების არმირების დროს, რაც ზრდის გზის საიმედოობას და საექსპლუატაციო ვადას. გრუნტსა და გეოგისოს შორის აღძრული დატვირთვის ძალა გადაეცემა ხახუნის მეშვეობით, რა დროსაც ხისტი კვანძები წარმოქმნიან გრუნტის დამატებით წინაღობას. მოცემული პროდუქტი გამოიყენება ასფალტბეტონის საფარის არმირების, სარემონტო სამუშაოების, რეკონსტრუქციის დროს, ასევე არეკვლადი ბზარების წინააღმდეგ.

გეოგისოსი ფართოდ გამოიყენება სამოქალაქო მშენებლობაშიც, რომელიც მზადდება მაღალი ხარისხის პოლიეთილენის და პროფილენის მასალისგან. პროდუქტის მუშაობის პრინციპი კი შემდეგში მდგომარეობს: გეოგისოსის უჯრედები ივსება ქვიანი ინერტული მასალით, რაც გამორიცხავს ნაყარის ჰორიზონტალურ ძვრას. გეოგისოსი ასრულებს არმირების ფუნქციას ფხვიერ და არაერთგვაროვან გრუნტებში. იგი შეიძლება გამოვიყენოთ საავტომობილო და სარკინიგზო გზებზე გაჩერების მოედნების, ხიდის ბურჯებთან ყრილების, ფერდების და ნაყარი ჯებირების არმირებისას.[4]

გეოგისოსი გამოიყენება ნაყარი გრუნტის არმირებისთვის, რა დროსაც ზედაპირზე წარმოიქმნება ბადის სიმაღლის შესაბამისი: 100 მმ. 150 მმ. და 200 მმ. ფილა. პრინციპი, თუ როგორ ხდება გეოგისოსის ფილაზე მოძრავი ავტოტრანსპორტის დატვირთვის გადაცემა, შეგვიძლია მოკლედ ჩემოვაყალიბოთ შემდეგნაირად:

- ძაბვა, რომელიც გადაეცემა ავტოტრანსპორტის საბურავებისგან გრუნტს, იწვევს ვერტიკალური ძაბვის ზრდას, ეს ყოველივე კი გადაეცემა გეოგისოსის უჯრედს, რომელიც ახდენს მის კომპენსირებას;
- გეოგისოსის ელასტიური ლენტი იღებს დატვირთვის გარკვეულ ნაწილს, ხოლო ნაწილი გადაეცემა მეზობელ უჯრედებს;
- ერთმანეთთან გაკავშირებული გეოგისოსის უჯრედები გადასცემენ დატვირთვას გრუნტის დიდ ზედაპირს, რაც ამცირებს ვერტიკალურ ძაბვას. ეს პრინციპი მეტად მნიშვნელოვანია სუსტი გრუნტების შემთხვევაში.
- პრაქტიკულად გამოირიცხულია ურთიერთდაკავშირებული უჯრედების მოძრაობა და არათანაბარი ჯდენა.[2]

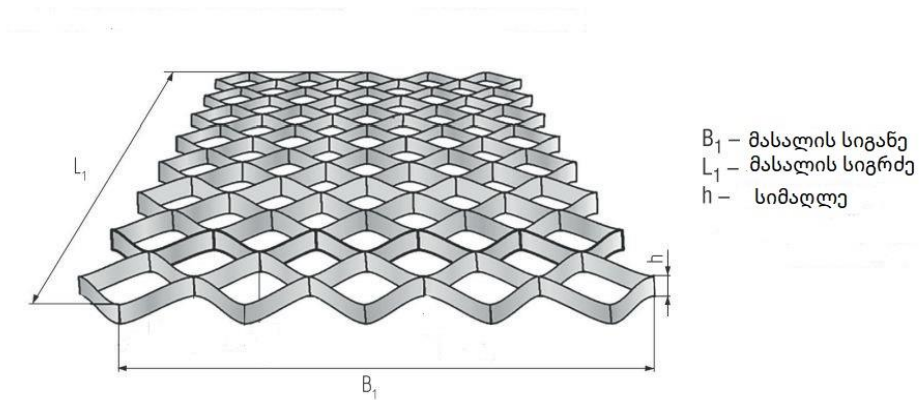


ნახ. 1. დატვირთვის განაწილება

გეოგისოსი, რომლის შემავსებელიც ღორღია, უზრუნველყოფს საგზაო სამოსის ბალიშის ჰორიზონტალურ მდგრადობას. კონსტრუქციაში გეოგისოსის შემავსებლად შესაძლებელია სხვადასხვა ტიპის ღორღის გამოყენება. საგზაო სამოსის პროექტირების დროს, გრუნტის მზიდუნარიანობა უნდა შეესაბამებოდეს ნორმატიულს. გრუნტის სიმტკიცის მოდულის ზრდა შესაძლებელია ვარცლის მოჭრით და მისი

შეცვლით უფრო მაღალი მზიდუნარიანობის მქონე გრუნტით. ეს ყოველივე კი ზრდის მშენებლობის ღირებულებას. გრუნტის გამაგრების ერთ-ერთი საშუალება არის გეოგისოსი, ხოლო მის შემავსებლად შესაძლებელია იმავე გრუნტის გამოყენება. ტრადიციულთან შედარებით ასეთი კონსტრუქციის სიმაღლე შესაძლებელია 50%-ით შემცირდეს.

აღსანიშნავია ისიც, რომ გეოგისოსის გამოყენება არამარტო ახალ მშენებარე გზაზეა შესაძლებელი, არამედ არსებული გზის რეკონსტრუქციის დროსაც. იგი გამოიყენება სუსტ გრუნტებში ქვიშა-ხრეშოვანი ფენის სიმტკიცის გასაძლიერებლად. პრაქტიკიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკნათ, რომ საავტომობილო გზები, სადაც გამოყენებულია გეოგისოსის კონსტრუქცია სარემონტო სამუშაოებს მინიმუმ ხუთ წელიწადში ერთხელ საჭიროებს.[5]



ნახ. 2. გეოგისოსის კონსტრუქცია

გეოკარკასი – შეზღუდულ პირობებში საავტომობილო გზების მშენებლობა დაკავშირებულია გარკვეულ სირთულეებთან და მოითხოვს ფერდის გამაგრებას სხვადასხვა ტიპის საყრდენი კედლების კონსტრუქციებით. ასეთი ხელოვნური ნაგებობების მშენებლობა ძალზე ძვირადღირებული ღონისძიებაა.

ასეთ ვითარებაში გეოკარკასის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს: შევინარჩუნოთ გზის კონსტრუქციის სიმტკიცე და შევამციროთ

შესასრულებელი სამუშაოების შრომატევადობა, რაც თავის მხვრივ, მშენებლობის ღირებულების და ვადების შემცირებას იწვევს.

საავტომობილო გზების მშენებლობაში პლასტიკური კარკასი გამოიყენება კონსტრუქციის საფუძველში, რომელიც ინერტიული მასალით ივსება. მისი საშუალებით შესაძლებელია, ტრადიციულ კონსტრუქციებთან შედარებით, გზის საფარის სისქის 30–50%-ით შემცირება. კარკასი ხელს უშლის ნაკვალევის წარმოქმნას სეზონური წვიმების დროს.

მოკლეთ განვიხილოთ გეოკარკასის ტექნიკური მახასიათებლები:

- გეოკარკასის კონსტრუქცია წარმოადგენს პლასტიკურ ხალიჩას, რომელიც დამაგრებულია მყარ საფუძველში Γ-ებრი ანკერებით;
- კარკასის ჩამაგრება ხდება ფერდობის ზედა ნაწილში Γ-ებრი ანკერებით, რომელთა სისქე 12-16 მმ-ია, ხოლო სიგრძე 0,6-1,2 მ-ია. ისინი მზადდებიან მაღალის ხარისხის ფოლადისგან, ან მაღალი სიმტკიცის პლასტიკური მასალისგან;
- კონსტრუქციებში გამოიყენება ბადეები სიმაღლით 7,5 სმ-დან 20,0 სმ-მდე;
- გეოკარკასსა და გრუნტს შორის შესაძლებელია გეოტექსტილის გამოყენება;
- გეოკარკასის უჯრედის შესავსებად გამოიყენება გრუნტი, ღორღი და ბეტონი (არანაკლებ M200 მარკიანობის).

გეოკარკასის კონსტრუქცია გამოიყენება:

- გრუნტის არმირებისას სატრანსპორტო, ჰიდრომშენებლობის და სხვა ნაგებობების მშენებლობის დროს;
- ციცაბო და ეროზიული ფერდობის გამაგრების კონსტრუქციებში საავტომობილო, სარკინიგზო, გზაგამტარების და გვირაბების მშენებლობისას.

აღნიშნული გეოსინთეტიკური მასალა ხარჯების (10-20 %-ით) შემცირების საშუალებას იძლევა, შემდეგი ფაქტორების გათვალისწინებით:

- თანაბარი დატვირთვის დროს შესაძლებელია მზიდი ბალიშის სისქის შემცირება;
- ადგილობრივი სამშენებლო მასალების გამოყენება;
- ტრანსპორტირება იკავებს მცირე ადგილს;
- გეოკარკასის პერფორირება ზრდის საფილტრაციო მახასიათებლებს და ამცირებს კონსტრუქციის კედლებზე ჰიდრავლიკურ წნევას.

საავტომობილო გზის საექსპლუატაციო მახასიათებლების ზრდა გარკვეულწილად დამოკიდებულია გრუნტის საფუძვლის ხარისხიან მოწყობაზე.[19]

გეტექსტილი – ASTM (American Society Testing and Materials) განსაზღვრავს გეტექსტილს როგორც გამჭოლ ტექსტილურ მასალას, რომელიც გამოიყენება ნიადაგთან ან/და ქვიშა–ხრემოვან თუ ქვიშა–ღორღოვან ნარევებთან ერთად, როგორც პროექტირების ისევე მშენებლობის დროს სამოქალაქო ინჟინერიაში.

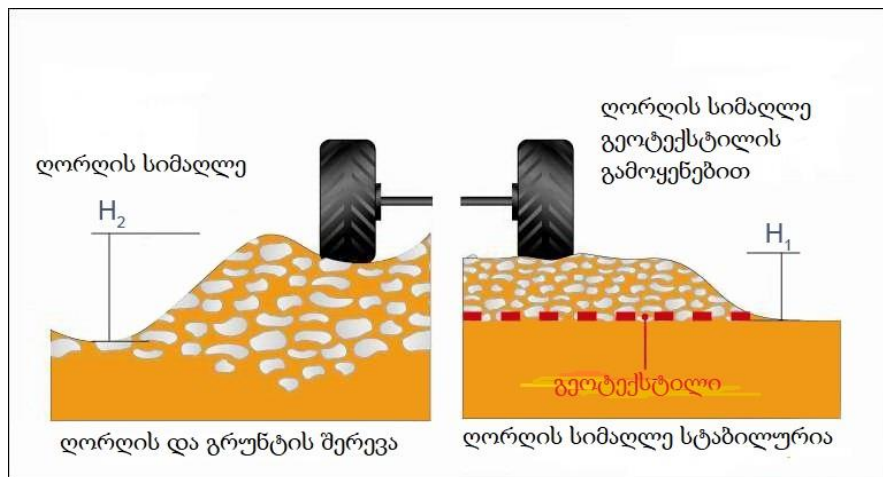
სტრუქტურაზე და წარმოების ტექნიკაზე დაყრდნობით, გეტექსტილი შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ტიპად: ნაქსოვ და არანაქსოვ. ნაქსოვი გეტექსტილი წარმოებს სინთეტიკური მასალების დაწვინით, ხოლო არანაქსოვის წარმოება ხდება ბოჭკოების მექანიკური გადაჯაჭვის ან თერმოდამაგრების მეთოდის გამოყენებით. არანაქსოვ გეტექსტილს ყველაზე ფართო გავრცელება აქვს მსოფლიოში. თუმცა, აღსანიშნავია, რომ მექანიკური გადაჯაჭვისგან განსხვავებით, თერმულად დამუშავებული გეტექსტილის გამოყენება დიდ სიფრთხილეს ითხოვს, რადგან იგი არმუშაობს ეფექტიანად დრენაჟის მოწყობისას და გზის სტაბილიზაციისთვის გამოყენების შემთხვევაში.

გეტექსტილი შედგება პოლიპროპილენის ბოჭკოებისგან, რომელიც არ ექვემდებარება ლპობას, მასზე არ ვითარდება ობი და სოკო, ვერ ზემოქმედებენ მღრღნელები და სხვა უარყოფითი მოვლენები. საავტომობილო გზების მშენებლობაში ის გამოიყენება გამყოფი შრის მოსაწყობად (მაგ: გრუნტსა და ღორღის, ღორღის და ქვიშის ფენებს შორის),

რაც საგრძნობ ეკონომიას იძლევა. ასევე გეოტექსტილი გამოიყენება დრენაჟების მოსაწყობად და ფერდების გასამაგრებლად. მასალის შემადგენლობა უზრუნველყოფს გრუნტის სიმტკიცეს და ფილტრაციის თვისებას.

გეოტექსტილი ფართოდ გამოიყენება: საავტომობილო გზების, გვირაბების, ჰიდროტექნიკური ნაგებობებისა, სარკინიგზო და სხვა მშენებლობაში.[20]

გეოტექსტილი ასრულებს გამყოფი შრის ფუნქციას. ის უზრუნველყოფს ძაბვების გადანაწილებას ყრილის საფუძველზე და ზრდის მის მდგრადობას. ასევე, გეოტექსტილი გამოიყენება მაღალი ტენიანობის ყრილების პროექტირებისას, სადაც ის არმირების ფუნქციას ასრულებს. გეოტექსტილი იშლება მიწის ვაკისის მთელ პერიმეტრზე. გადაბმის ადგილების შეერთება შესაძლებელია შეწებების ან შეკერვის მეთოდით. გრუნტის დაყრა გეოტექსტილზე ხორციელდება 0,5 მ. სიმაღლეზე, რაც გამორიცხავს გრუნტის შერევას ტორფთან. ტრადიციული ქვიშოვანი დრენაჟის კონსტრუქციების შეცვლა გეოტექსტილის გამოყენებით საშუალებას იძლევა: შემცირდეს ინერტული მასალების მოცულობა და სამუშაოების შრომატევადობა, ასევე გაიზარდოს მშენებლობის ტემპები.



ნახ. 3. განცალკევების ფუნქციის კონცეფცია

ყველასთვის ცნობილია, რომ ტენიანი გრუნტი უფრო სუსტია ვიდრე მშრალი, ხოლო წვრილმარცვლოვანი მსხვილმარცვლოვანზე. ასეთ

სიტუაციაში გეოტექსტილის გამოყენება საშუალებას იძლევა: გაიზარდოს გრუნტის მზიდუნარიანობა; არ მოხდეს ინერტული მასალების შერევა და ღორღის ჩაწნევა სუსტ, არსებულ გრუნტში, რაც უარყოფითად მოქმედებს გრუნტის გამკვირვებაზე.[22]

გეობადე – რთულ სამშენებლო პირობებში ასფალტბეტონის საფარის არმირებისას გეობადის გამოყენება, ერთ–ერთი პერსპექტიული ტექნოლოგიაა, რომელიც რემონტათმორისო ვადის 2-3–ჯერ გაზრდის საშუალებას იძლევა. დადგინდა, რომ გზებზე, სადაც გამოყენებული იყო გეობადე მოვლა–შენახვის ხარჯები 40 %-ით შემცირდა.

ამ გეოსინთეტიკური მასალის დადებით თვისებად მიიჩნევა შემდეგი:

- ასფალტბეტონის საფარის საექსპლუატაციო ვადების მნიშვნელოვანი გაზრდა;
- მისი გამოყენებისას საფარში არ წარმოიქმნება ბზარები;
- მაღალი ინტენსიობის გზებზე საფარს იცავს ნაკვალევის წარმოქმნისგან;
- ასფალტბეტონთან შედარებით აქვს მაღალი დნობის ტემპერატურა 200°C.

მისი გამოყენება ასფალტბეტონის მოწყობისას მარტივია და არ მოითხოვს დამატებით ფიქსირებას.

გეოსინთეტიკური მასალების ერთ–ერთი დადებითი თვისება არის მისი ხანგამძლეობა და მდგრადობა დაძველებისადმი. ამისათვის საჭიროა პროდუქტის მოწყობის დროს ყველა ტექნიკური პირობა იყოს დაცული, რათა არ მოხდეს მასალის მექანიკური დაზიანება, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს პირვანდელი თვისებების დაკარგვა. ძირითადად პროდუქტზე უარყოფიდად მოქმედებს მზის ულტრაიისფერი სხივები (ყველაზე მეტად პოლიპროპილენის მასალაზე).

ასევე, გასათვალისწინებელია პოლიეთილენის მგრძობიარობა მწვავე ტუტე ნივთიერებებისადმი, რაც რალათქმა უნდა ზღუდავს მათ გამოყენებას

ბეტონის ან რკინა-ბეტონის კონსტრუქციებში. ასეთ სიტუაციებში აუცილებელია დამატებითი დამცავი ღონისძიებების გატარება.[25]

პოლიამიდისგან წარმოებული გეოსინთეტიკური მასალები არ არის ყინვამედეგი ამიტომ გრუნტში მათი მოწყობა არ შეიძლება ჩაყინვის ნიშნულის მაჩვენებელზე მაღლა.

მინაბოჭკოვანი პროდუქტები გამოირჩევიან „ძლიერი“ თვისებებით, მაგრამ ხანგრძლივად წყლის ზემოქმედება და უარყოფითი ტემპერატურა იწვევს მასალის სწრაფ დაძველებას და საჭიროებს დამატებით დამცავ ღონისძიებას. შესწავლილი ლაბორატორიული კვლევების შედეგებიდან გამომდინარე შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება ზრდის არმირებული ასფალტბეტონის ტექნიკურ მაჩვენებლებს.

მინაბოჭკოსგან წარმოებული გეობადე ადვილად ზიანდება და არამედეგია ყინვა-გაღობის ციკლის მიმართ. თუ მინაბოჭკოვან გეობადეს მოვათავსებთ წყალში 28 დღის განმავლობაში ის დაკარგავს სიმტკიცის 12 %-ს (პოლიეთილენის გეობადე არაუმეტეს 1,5%-ს), ხოლო ტუტიან გარემოში (კარბონატული სითხე $\text{Ca}(\text{OH})_2$) კარგავს სიმტკიცის 30%-ს, ხოლო პოლიეთილენი დაახლოებით 2%-ს.[22]

გეობადეებს საწარმოებლად ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მასალაა პოლივინილალკოგოლი (PVA). მის დადებით თვისებად მიიჩნევა ნაკლები დეფორმაციულობა და გაზრდილი ქიმიური მდგრადობა.

გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენებისას აუცილებელია ზუსტად იქნეს შერჩეული მასალის ტიპი და სახეობა, რადგან შესაძლებელია გარკვეული პერიოდის შემდეგ პროდუქტმა დაკარგოს თავისი დადებითი თვისებები და ვეღარ უზრუნველყოს კონსტრუქციის საიმედოობა.

1.1.2. გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების არე

საავტომობილო გზების მშენებლობაში გეოსინთეტიკური მასალები ფართოდ გამოიყენება, როგორც მიწის ვაკისის, ასევე საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში. მათი ფუნქციები შეიძლება შემდეგნაირად დახასიათდეს:

გამყოფი შრის ფუნქცია – გეოსინთეტიკური მასალის ეს ფუნქცია იცავს ორი განსხვავებული თვისების მქონე გრუნტს ერთმანეთთან შერევასგან და საექსპლუატაციო პერიოდის განმავლობაში უზრუნველყოფს მიწის ვაკისის კონსტრუქციის სისქის შენარჩუნებას. პროდუქტის ეს ფუნქცია განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, როდესაც საავტომობილო გზის მშენებლობა ხორციელდება სუსტ გრუნტზე.

ფილტრაციის ფუნქცია – პროდუქტის ეს ფუნქცია მიმართულია მიწის ვაკის და საგზაოს სამოსის კონსტრუქციებიდან ზედაპირული და გრუნტის წყლების დაშრობაზე ან არინებაზე.

სადრენაჟო ფუნქცია – წყლის შემკრები და გზის კონსტრუქციიდან არინების ფუნქცია. გეოსინთეტიკური მასალა იცავს მილს გაბიდვისაგან და უზრუნველყოფს მის ეფექტურ ექსპლუატაციას.

კონსტრუქციის არმირება – უწყვეტი გეოსინთეტიკური ქსოვილების ხარჯზე გეოგისოსი და გეობადე იძენენ განსაკუთრებულ ფუნქციას, რომელიც გამოიყენება გზის მშენებლობის, რეკონსტრუქციის, სარემონტო სამუშაოების, ასფალტბეტონის საფარის, გრუნტის არმირების და საძირკვლის მოწყობის დროს. [3]

გეოსინთეტიკური მასალების განსაკუთრებული თვისებები, მრავალსახეობა და გამოყენების არე, საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ პროდუქტის კლასიფიკაცია სხვადასხვა მახასიათებლების მიხედვით. ასეთი კლასიფიკაცია მოცემულია ცხრილი №1-ში. ეს მონაცემები შედგენილია გეოსინთეტიკური მასალების ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლების და საავტომობილო გზების მშენებლობის პრაქტიკაზე დაყრდნობით.

ცხრილის №1.

გეოსინთეტიკური მასალების კლასიფიკაცია

გამოყენების არე	მიღებული ეფექტი	პროდუქტის ძირითადი ფუნქცია
1	2	3

მიწის ვაკისი		
მიწის ვაკისის ძირითადი ზონა	ამცირებს დრენირებული მასალის მოცულობას, ზრდის გზის საექსპლუატაციო და საიმედოობის ვადებს	გრუნტის მდგრადობის ზრდა, გვერდითი გამბჯენის ხარჯზე, იცავს სადრენაჟე ფენას გაბიდვისგან და უზრუნველყოფს მის ეფექტიან ფუნქციონირებას
გზისპირი	ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით ამცირებს ინერტიულ მასალების მოცულობას	აძლიერებს გზის გვერდულის და ფერდის კონსტრუქციას, ამცირებს წყლის ეროზიისგან გამოწვეულ მოვლენებს, ზრდის მიწის ვაკისის სიმტკიცეს, ზედაპირული წყლების მოდინების შემცირების ხარჯზე
გზის მიწის ვაკისის კონსტრუქცია, რომელიც ეწყობა რთულ გეოლოგიურ პირობებში	ამცირებს ვაკისის მოწყობის ვადებს, ინერტიული მასალების და დამუშავებული გრუნტის მოცულობების შემცირება, სამშენებლო სამუშაოების მწარმოებლურობის შემცირება	მიწის ვაკისის კონსტრუქციის მექანიკური მახასიათებლების შენარჩუნება

საგზაო სამოსი		
საფარი	ტრადიციულ კონსტრუქციებთან შედარებით ზრდის საექსპლუატაციო ვადებს და საფარის ხარისხს	საფარის არმირება (გეობადე) ან დაცვა ამრეკი ბზარებისგან
საგზაო სამოსის ქვედა ფენა	ქვედა ფენის სისქის შემცირება და გამოყენებული მასალების მოცულობების შემცირება	საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ეფექტიანობის ზრდა, მასალის დადებითი თვისებების შენარჩუნება
გრუნტის დრენირება–დრენაჟის მოწყობა		
გრუნტის დრენირება მიწის ვაკისის ქვედა ფენებში	სამშენებლო სამუშაოების ვადების შემცირება, ამცირებს მიწის სამუშაოების მოცულობას, შესაბამისად იზრდება სამუშაოების მწარმოებლურობა	მიწის ვაკისის მოწყობის სამუშაოების ვადის ზრდა გრუნტის წყლების სწრაფი არინების ხარჯზე
დრენაჟის მოწყობა	ამცირებს ინერტიული მასალის მოცულობას და ზრდის	საფილტრაციო და ეფექტური დრენირების ფუნქცია

	საექსპლუატაციო ვადებს	
ზედაპირული წყალსარინი	ამცირებს ინერტიული მასალის მოცულობას და ზრდის კონსტრუქციის საექსპლუატაციო ვადებს	გრუნტის ზედაპირის დაცვა და მისი ჰიდროიზოლაცია (კიუვეტის, არხის, კალაპოტის და მილის სათავისის)
დროებითი გზები	ზრდის გზის კონსტრუქციის საექსპლუატაციო ვადებს და ამცირებს სამშენებლო სამუშაოების ვადებს	საფუძვლის გაძლიერება, იცავს გრუნტს და სამშენებლო მასალას ერთმანეთთან შერევასგან

ასეთი კლასიფიკაცია, საავტომობილო გზების ინჟინრებს უადვილებს გეოსინთეტიკური მასალების სწორად შერჩევას. შემუშავებულია გარკვეული რაციონალური ტიპის საგზაო კონსტრუქციები, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია შესაბამისი საინჟინრო-გეოლოგიური და კლიმატურ პირობების გათვალისწინებით. ცხრილი №1-ში მოცემული მახასიათებლების გარდა, აუცილებელია დადგინდეს გარე ძალების მოქმედების მიმართ პროდუქტის მდგომარეობის მაჩვენებელი. საავტომობილო გზის კონსტრუქციის პროექტირებისას მნიშვნელოვანია

არამართო გამოყენებული სამშენებლო მასალის მახასიათებლები, არამედ ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიობის და დატვირთვის მონაცემები.[2]

1.1.3. გეოსინთეტიკური მასალების ნორმატიულ–ტექნიკური ბაზა

მსოფლიოს თანამედროვე საავტომობილო გზების მშენებლობის სფეროში გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების დონე მაღლია, მაგრამ ცალსახად შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოში არ არსებობს მათი გამოყენების ორგანიზებული ან სისტემატიზირებული ნორმატიულ–ტექნიკური ბაზა. დღესდღეისობით უცხოური ნორმების ფუნქციური ანალიზის საფუძველზე (მათი ნორმები, წესები, მოთხოვნები, რეკომენდაციები) შესაძლებელია შესაბამისი ბაზის შექმნა.

ევროკავშირის ქვეყნებში შემუშავებულია ერთიანი ნორმატიული ბაზა, რომელიც მოიცავს გეოსინთეტიკური მასალების გრუნტში გამოყენებას და სხვა სამშენებლო სფეროებში.[4]

„EUROCODE“ – ასე ეწოდება ერთიან ევროპულ ბაზას, რომელიც შექმნილია გერმანიის, საფრანგეთის და ინგლისის უკვე არსებული გამოცდილების საფუძველზე. ასევე არსებობს ანალოგიური აშშ–ს წესები. მოკლეთ განვიხილოთ ის ძირითადი მოთხოვნები, რომლებიც მოცემულია ამ ტექნიკურ დოკუმენტაციაში. მაგალითად, ევროკავშირის ქვეყნების პირველ საერთაშორისო კომფერენციაზე, რომელიც გეოსინთეტიკურ და გეოპლასტიკურ მასალების გამოცდის მეთოდებს შეეხებოდა, აშშ–მა წარმოადგინა 40 სტანდარტი. ეს სტანდარტიზაცია ძირითადად ეხებოდა უწყვეტ გეოტექსტილს და გეომემბრანას, რომელიც თავის მხრივ ითვალისწინებს ყველა სახის გეოსინთეტიკური მასალის თვისებებისა და ფიზიკურ–მექანიკური მახასიათებლების განსაზღვრას. მაგალითად: საფილტრაციო ფუნქციის შესრულებისას პროდუქტის ბიოლოგიური გამოგნესა, წყლის ნაკადის გამტარუნარიანობა და საფილტრაციო შესაძლებლობები, მასალის ნომინალური სისქის განსაზღვრა საანგარიშო სტატისტიკური და ასევე პოლიეთილენის გეომემბრანის დეფორმაცია

დატვირთვის დროს, პროდუქტის ცოცვადობის და ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა.

გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენების გერმანული სტანდარტები აშშ-ის წესებთან შედარებით, სხვადასხვა სარეგულაციო ასპექტების განხილვის ხარჯზე, უფრო დიფერენცირებულია. იგი მოიცავს პროდუქტის ტექნიკურ მახასიათებლებს, მათი გამოყენების არეს და გამოცდის მონაცემებს. პროდუქტზე ცდები ტარდება ჩამოთვლილი მექანიკური მახასიათებლების დასადგენად:

– მასა ერთეულ ფართობზე – (კუთრი სიმკვრივე – გრ/სმ²) გამოსაცდელი სინჯი – 100 სმ², ფორმატი – მრგვალი ან კვადრატი, რაოდენობა 10 ცალი;

– ნომინალური სიმტკიცე გაჭიმვაზე – სინჯის სიგანე – 200 მმ. დაჭიმვის სიგრძე 100 მმ. დეფორმაციის სიჩქარე 50 მმ/წთ, სინჯების რაოდენობა – გრძივად და განივად 10 ცალი;

– ნაკერის შემოწმება – (იგულისხმება ყველა სახის ნაკერი) ასეთი სახის გამოცდა საჭიროა პროდუქტის შემაერთებელი ნაკერების ნომინალური და ხანგამძლეობის სიმტკიცის დასადგენად;

– დაძველების თვისება – (ხანგამძლეობის სიმტკიცე და დეფორმაცია) გამოცდის დაწყებამდე დგინდება დატვირთვის მაჩვენებელი, მაგალითად, სიმტკიცის 80-60-40-20%. აუცილებელია თითოეული მონაცემისთვის შეიქმნას შესაბამისი მრუდის გრაფიკი 5 წლამდე ან სიმტკიცის ზღვრული ნახაზი;

– ჩაჭყლეტის ძალის განსაზღვრა – გამოცდა უნდა ჩატარდეს ორი მიმართულებით: გრძივად და განივად. საჭიროა ხუთი საგამოცდო ნიმუში თითო მიმართულებით. ნიმუშზე მოქმედებს ცილინდრისგან (დიამეტრი 150 მმ) გამოწვეული ძაბვა, დატვირთვის ინტენსიობა – 60±10 მმ/წთ-ია.

– მასალის რეაქცია გამოწვეული ვარდნილი კონუსისგან (პირამიდა)– დატვირთვა ხორციელდება სწორკუთხა პირამიდის მეშვეობით, რომლის მასა 2500 გრ-ია, ვარდნის სიმაღლე – 500 მმ. საცდელი ნიმუში მრგვალი ფორმისაა d=150 მმ. ნიმუშების რაოდენობაა 10 ცალი. ცდების შედეგად

დგინდება: მასალაში პირამიდის შეღწევადობის სიდიდე, მასალაზე მოქმედი მაქსიმალური ძალის სიდიდე, ჩაჭყლეტის შემდეგ მასალის სიმტკიცის ნაშთი.

– მასალის მოწყობით გამოწვეული დაზიანებები – გეოსინთეტიკური მასალის მოწყობამდე გრუნტის საფუძველი უნდა იყოს სათანოდო შესწავლილი და გამკვრივებული. მშენებლობისას მასალის მოწყობა ხორციელდება მომზადებულ გრუნტზე და შემავსებლად გამოიყენება ან ადგილობრივი გრუნტი (თუ პროექტი ითვალისწინებს) ან მასალის გრანულომეტი არ უნდა აღემატებოდეს 0-45 მმ. ასეთი ფენის სისქე არ უნდა იყოს 25 სმ-ზე ნაკლები. ამის შემდეგ ხდება მსხვილმარცვლოვანი ფრაქციით შევსება და მასალის შემკვრივება. ამ სამუშაოების განხორციელების შემდეგ შესაძლებელია ნიმუშის ამოღება, რომლის სიდიდე არ უნდა იყოს 1მ²-ზე ნაკლები. სანამ მოხდება ნიმუშის გამოცდა, ხდება მისი ვიზუალური შეფასება: ხვრელების და ნაჩხვლეტების რაოდენობა. შემდგომი ლაბორატორიული კვლევების შედეგად დგინდება მასალის სიმტკიცის ნაშთი, ვარდნილი ცილინდრის ან გაჭიმვის ძალის სიდიდის მეშვეობით. ცდების და კვლევების მონაცემების აღრიცხვა ხორციელდება სპეციალური ცხრილების მეშვეობით, რაც შემდგომ აისახება გეოსინთეტიკური მასალის მახასიათებლებზე.

– გეოსინთეტიკური მასალის გამოცდა გრუნტიდან ამოღებაზე – ამ გამოცდის ჩასატარებლად გამოიყენება მძვრელი ურიკა ზომით 300x300 მმ. გამოსაცდელ ნიმუშზე მოქმედებს ძალა, 10–დან 200 კპა–მდე შუალედში. გამოცდა ტარდება სპეციალურად მომზადებულ გრუნტში.[4]

კვლევის პერიოდში იგება სპეციალური დიაგრამა, მოქმედი ძალის შეფარდება გამოწვეულ დეფორმაციასთან. ასევე ფიქსირდება მასალის ამოგლეჯის ძალა.

ჩამოთვლილი გამოცდების გარდა, გერმანული ნორმები ითვალისწინებს პროდუქტის ამორჩევის მითითებებს, მათი პარამეტრების მიხედვით.

გეოსინთეტიკური მასალის შესაბამისი ტიპის (ქსოვილური, არაქსოვილური, გეობადე ან გეოგისოსო) არჩევის საფუძველი მდგომარეობს შემდეგში: პირველ რიგში უნდა დადგინდეს პროდუქტზე მოქმედი დატვირთვა. ამის შემდეგ შეირჩევა შესაბამისი პარამეტრის პროდუქტი. შერჩევისას აუცილებელია, რომ დაცული იყოს მასალის ზღვრული სიდიდეები.

გერმანიაში გეოსინთეტიკური მასალის გამოყენებისას ხელმძღვანელობენ DIN EN 15381 ნორმატიული დოკუმენტით. აქ მოცემულია პროდუქტის თვისებები და მათი გამოყენების არე. ასე მაგალითად, ასფალტბეტონის საფარის მოწყობისას რეკომენდირებულია გეოსინთეტიკური მასალის სამი ჯგუფის გამოყენება, კერძოდ, გეოტექსტილის (არაქსოვილური), გეოგისოსისა და გეოკომპოზიტების. გეოტექსტილი, რომელიც გაჟღენთილია შემკვრელით, ქმნის საიზოლაციო ეფექტს და ამასთანავე ახდენს ასფალტბეტონის შრეებს შორის ძაბვების გადანაწილებას. გეოტექსტილი იცავს კონსტრუქციის ქვედა ფენას ტენიანობისგან და შესაბამისად, ზრდის მის ყინვამედეგობას.

ასფალტბეტონის არმირებისას რეკომენდირებულია გეოგისოსის გამოყენება. ის გაჭიმვისას ითვისებს ძაბვის ნაწილს და ანაწილებს მას დიდ ფართობზე, ამით ამცირებს კონცენტრაციას. გეოგისოსოს ეფექტური გამოყენება ძირითადად დამოკიდებულია მის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, ადგილმდებარეობაზე და გზის სამოსის სისქეზე. გასათვალისწინებელია, რომ არმირება მიიღება გეოგისოსის და ასფალტბეტონის საფარის მჭიდრო შეჭიდულობით.

რუსეთის ფედერაციაში მოქმედი ნორმები: რუსეთის ფედერაციაში მოქმედებს სამი ძირითადი მეთოდური რეკომენდაცია, რომლებიც არეგულირებენ გეოსინთეტიკური მასალების თვისებებს და მათ გამოყენებას ასფალტბეტონის საფარის არმირებისას. ესენია:

– ОДМ 218.5.022-2008 „Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов”;

– ОДМ 218.5.003-2010 „Рекомендации по применения геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог”. ამ რეკომენდაციის თანახმად არმირებული ფენისთვის გამოიყენება გეობადე, უჯრედის ზომით 15 მმ–დან 35 მმ–მდე, ხოლო ასფალტბეტონის საფარში როგორც ბზარმწყვეტარი შუაშრე. ის ეწყობა ბლოკურ საფუძველზე და გამოიყენება არაქსოვილური ნემსგამღვევი მასალა.

ამ რეკომენდაციაში მოცემული თვისებები დასაბუთებულია ცდებით, თუმცა ისინი არასაკმარისია. როგორც წესი რუსეთში ყოველი მწარმოებელი თავის პროდუქციას აწარმოებს გარკვეულ ტექნიკურ პირობებზე დაყრდნობით, რომელიც დასაბუთებულია რუსეთის ან უცხოელი მეცნიერებების მიერ.

– ОДМ 218.046-2001 -ОДМ 218.1.052-2002 „Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд” რეკომენდაცია ითვალისწინებს მხოლოდ იმ გეოსინთეტიკურ მასალებს, რომლებსაც არმირების ფუნქცია გააჩნიათ. უცხოურ გამოცდილებაზე დაყრდნობით შესაძლებელია ათი ძირითადი მოთხოვნის ჩამოყალიბება, რომელიც ასფალტბეტონის საფარის არმირების ეფექტურობას გაზრდის:

– გეოსინთეტიკური მასალის არმირების დრეკადობის მოდულის მაჩვენებელი (6–8 და უფრო მეტჯერ) მეტი უნდა იყოს, ასფალტბეტონის მასალასთან შედარებით, წინააღმდეგ შემთხვევაში საარმირებო მასალა მიიღებს ჭარბ დეფორმაციებს უფრო ადრე, ვიდრე გეოსინთეტიკური მასალა, რაც გამოიწვევს გამჭიმვი ძაბვის არაეფექტურ გადანაწილებას;

– გეოსინთეტიკური მასალის სიმტკიცე გაჭიმვაზე უნდა იყოს გაცილებით მეტი, ვიდრე საარმირებო მასალისა (მასზე მოქმედი ხანმოკლე ძალური მოქმედების გათვალისწინებით);

– აუცილებელია გეოსინთეტიკური მასალის ასფალტბეტონთან მტკიცე შეჭიდულობა;

– გეოსინთეტიკური მასალა არ უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი ცოცვადობით, რადგან მოხდეს ხანგრძლივი ტემპერატურული ძაბვების ათვისება. მასალის სიმტკიცე და დეფორმაცია უნდა იყოს სტაბილური, როგორც ჰაერის უარყოფითი ისე დადებითი ტემპერატურის დროს;

– არმირებული და საარმირებო მასალების ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი უნდა იყოს მსგავსი;

– გეოსინთეტიკურმა მასალამ არ უნდა დაკარგოს სიმტკიცე, არ უნდა იხსნებოდეს ან იჟანგებოდეს წყლის მოქმედებისგან;

– საავტომობილო გზების მშენებლობის და ექსპლუატაციის პერიოდში გეოსინთეტიკური მასალა უნდა იყოს ეკოლოგიურად უსაფრთხო;

– არმირებული მასალის მოწყობა არ უნდა იწვევდეს მშენებლობის ღირებულების ზრდას.[6]

– ОДМ 218.5.001-2009 „Методические рекомендации по применению геосеток плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог“. ასფალტბეტონში არმირებული შუაშრის მოწყობის განგარიშება ხდება ОДМ 218.5.001-2009 მეთოდური დოკუმენტის საფუძველზე. ანგარიშის ფორმულაში მისათითებელია ორი კოეფიციენტი, რომელთა სიდიდე დამოკიდებულია გეობადის სიმტკიცეზე და დეფორმირებადობაზე და ასევე მოწყობისას შესაძლო დაზიანებაზე. განვიხილოთ ორივე კოეფიციენტი:

– k_a კოეფიციენტი ზრდის გამჭიმი წინაღობის ძალას ტემპერატურული ძაბვების და მღუნავი მომენტის წარმოქმნისას;

– k_{Np} კოეფიციენტი ითვალისწინებს არმირებული ასფალტბეტონის საფარის ხანდაზმულობიდან წარმოქმნილ სიმტკიცის შემცირებას.[9]

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გეოსინთეტიკური მასალები ფართოდ გამოიყენება მსოფლიო საავტომობილო გზების მშენებლობაში, თუმცა არ

არსებობს ერთიანი მეთოდოლოგიური დოკუმენტი, რომლის საფუძველზე შესაძლებელი იქნება ტექნოლოგიური მოთხოვნების და პროდუქტის გამოცდის რეკომენდაციების ჩამოყალიბება.

ექსპლუატაციის დროს საგზაო სამოსი განიცდის დინამიკურ და სტატიკურ დატვირთვას, რომელიც მასში გამჭიმავ დეფორმაციას აღძრავს და საბოლოოდ მასალა კარგავს მზიდუნარიანობას. ამიტომ გეოსინთეტიკური მასალის სიმტკიცის და წაგრძელების მაქსიმალური სიდიდის დასადგენად აუცილებელია მისი გამოცდა გაჭიმვაზე. ОДМ 218.5.006-2010 „Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожном отрасли” დოკუმენტაციის მიხედვით გამოსაცდელი ნიმუშის სიგანე (200 ± 1 მმ) უფრო მეტია ვიდრე სიგრძე (100 მმ). დანადგარში ნიმუში იცდება გახლეჩვაზე მაქსიმალური დატვირთვის 20-80% მაჩვენებელზე. ხოლო ნიმუშზე მოქმედი დატვირთვის შედეგად გამოწვეული წაგრძელება 1 %-ია.[5]

გეოსინთეტიკური მასალა გრუნტში ან ასფალტბეტონის საფარის კონსტრუქციაში აღძრავს გარკვეული სახის ძაბვას. სწორედ ამიტომაც საჭიროა მასალის გამოცდა ჩაჭყლელაზე. გამოცდისას ნიმუშზე მოქმედებს მაქსიმალური დატვირთვა, ერთეულის განზომილებაა კილონიუტონი.

მასალაზე, მოქმედი მუდმივი გამჭიმი ძალის გამო, ხდება მისი თანდათანობით წაგრძელება. ამ პროცესს ცოცვადობა ეწოდება. გამოცდის მეთოდიკა შეიცავს ორ ვარიანტს: როცა ნიმუშზე მუდმივად მოქმედებს გამჭიმი ძალვა ან ცოცვადობის დროს მასალის გამოცდა გახლეჩვაზე (დროის პერიოდის დადგენა ნიმუშის გახლეჩვამდე).

ხშირ შემთხვევაში მასალის დადებით თვისებად ითვლება მისი სტრუქტურული საიმედოობა. ამიტომ, აუცილებელია გეოსინთეტიკური მასალების შიდა სტრუქტურული ელემენტების მჭიდრო კავშირი, რათა არ მოხდეს პროდუქტის დაზიანება და ჩამოშლა.

როდესაც პროდუქტის ელემენტების დაკავშირებულია ერთმანეთთან შედეგების ნაკერით, აუცილებელია მისი შემოწმება სიმტკიცეზე. მისი

გამოცდა ტარდება შემდეგნაირად: ნაკერზე მოქმედებს მართობული გამჭიმი ძალვა და დგინდება მაქსიმალური დატვირთვა.

ნიმუშის გაგლეჯაზე გამოცდის შედეგად დგინდება გეოსინთეტიკური მასალის თვისება, მოახდინოს მცირე უბნებზე ძაბვების კონცენტრაცია. გამოცდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: დადგინდეს ის მაქსიმალური დატვირთვა, რომელიც გამოიწვევს პროდუქტის გაგლეჯას. შედეგების ანალიზის დროს გასათვალისწინებელია გარკვეული პირობები, მაგალითად, გაგლეჯის წინადაობა დამოკიდებულია, თვით ამ მასალის სტრუქტურაზე, გამოცდის სიჩქარეზე და ნიმუშის ზომაზე.[4]

გეოსინთეტიკური მასალის დარტყმითი სიმტკიცის დადგენა ხდება, მასზე ვარდნილი კონუსური დვირთის შეღწევადობის საფუძველზე. მოცემული მეთოდის ანალიზის შედეგად დგინდება მასალის საექსპლუატაციო პირობები.

საექსპლუატაციო პირობები უარყოფითად მოქმედებს პროდუქტზე და იწვევს მისი თვისებების თანდათანობით გაუარესებას. ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში საექსპლუატაციო თვისებების შენარჩუნების უნარი, ნიშნავს პროდუქტის ხანგამძლეობას. იგი დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე: მოქმედი დატვირთვა, მასალის ქიმიური სტრუქტურა, საექსპლუატაციო პირობები და სხვა. პროექტირებისას ხანგამძლეობაზე ჩატარებული ცდების ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია კონსტრუქციის სიმტკიცის და გამძლეობის დადგენა.

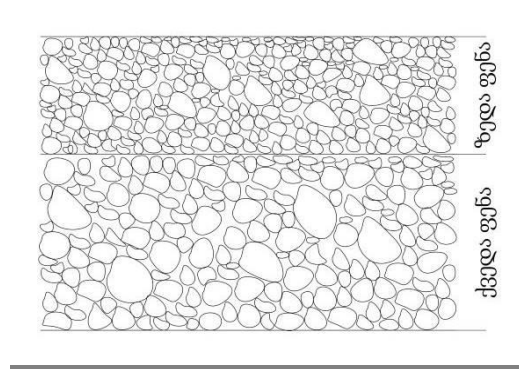
არსებული პრაქტიკის მიხედვითა და შესაბამის ანგარიშებზე დაყრდნობით შეგვიძლია დავაკვნათ, რომ გეოსინთეტიკური მასალების გამოყენება გზის საფარის კონსტრუქციაში შესაძლებელია მრავალი მიმართულებით და მათი გამოყენება საკმად ეფექტიანია. მეცნიერები და შესაბამისი დარგის ინჟინრები გზის საფარის ოპტიმიზაციის მიზნით (კონსტრუქციის სისქის შემცირების და გეობადის გამოყენების გზით) ატარებენ უამრავ ცდას და ახდენენ გაანგარიშებებს. საავტომობილო გზების მშენებლობაში ამ პროდუქტის მრავალმხრივი გამოყენებაა შესაძლებელი,

როგორც პრაქტიკული, ისევე ეკოლოგიური თვალსაზრისით. ცალსახად უნდა ითქვას, რომ გეოსინთეტიკური მასალა არის მომავლის პროდუქტი.

1.1.4. ბიტუმის შემცველი მასალების და ფენილების სტრუქტურა

ბიტუმის შემცველი მასალებისგან აწყობენ არახისტ ფენილებს. ბიტუმის შემცველი ნარევები (ბიტუმ-მინერალური ანუ ორგანულ-მინერალური ნარევები) წარმოადგენენ ნახევრადფაბრიკატებს. მათი, როგორც მასალის, საბოლოო სახე სათანადო დატკეპნის (შემკვრივების) შედეგად მიიღება, ვინაიდან ასეთი ნარევების დაგებასა და დატკეპნას აწარმოებენ უშუალოდ ობიექტზე. ამის მიუხედავად, სიმტკიცის ცნება შესაძლებელია დიფერენცირებულ იქნას როგორც მასალის სტრუქტურისათვის, ისე ფენილის კონსტრუქციისთვის დამახასიათებელი სიმტკიცე.

ნახაზზე-4 ნაჩვენებია ოპტიმალური გრანულომეტრიული შედგენილობის ტიპური ნარევის შესაბამისი ასფალტბეტონის სტრუქტურა. ოპტიმალური გრანულომეტრიული შედგენილობის ნარევისაგან მიიღება, როგორც წესი, მონოლითური მასალა, რომლისგანაც შეიძლება დამზადდეს ნებისმიერი ფორმის ნიმუში მასალის სპეციალურ ფორმებში წნეხზე დატკეპნით.



ნახ. 4. ოპტიმალური გრანულომეტრიული შედგენილობის მქონე ასფალტბეტონის სტრუქტურა

ასფალტბეტონის ფენილების სიმტკიცე ძირითადად დამოკიდებულია ინერტული მასალის გრანულომეტრიულ შედგენილობასა და სტრუქტურაზე. ძირითადად, ოპტიმალური გრანულომეტრიულ

შედგენილობის ნარევისაგან მოწყობილი ფენილების სიმტკიცე განპირობებულია, შიგა შეკავშირების (ბმის) ძალებით და ნაწილობრივ, შიგა ხახუნის ძალებით. ფენილების სიმტკიცე, რომლებიც მოწყობილია შავი ღორღისგან შებრუნებით - განპირობებულია შიგა ხახუნის (ურთიერთჩასოლვის-ჩაჭედვის) ძალებით და ნაწილობრივ შიგა შეკავშირების (ბმის) ძალებით.

ოპტიმალური გრანულომეტრიულ შედგენილობის მქონე ბიტუმის შემცველ ნარევებში, თითოეულ ფრაქციას გარკვეული როლი მიეკუთვნება. ღორღის მარცვლები, ურთიერთდაკავშირებით (კონტაქტირებით) ქმნიან სტრუქტურას, რომელიც წარმოადგენს ამტან კონსტრუქციას და კარგად ეწინააღმდეგება ავტოტრანსპორტის თვლისაგან გადმოცემულ დატვირთვას. მეტი ასეთი კონტაქტის შემთხვევაში იზრდება ასფალტბეტონის სიმტკიცე და ძვრისადმი წინაღობა. როგორც ცნობილია ნარევეში ღორღი განაპირობებს შიგა ხახუნის ძალებს. ღორღის მარცვლებს შორის დარჩენილ სიცარიელები (ფორები) ივსება ქვის მარცვლებით, ასფალტურ შემკვრელ მასალებთან ერთად ადიდებენ მასალის სიმკვრივეს, მონოლითურობას, ათანაბრებენ კონტაქტურ ძალებს. მინერალური ფხვნილის მარცვლები ბიტუმთან ერთად ქმნიან შემკვრელ მასალას, ქვიშისა და ღორღის მარცვლების ურთიერთდაკავშირების ძალებს. ასფალტბეტონის ფენილის სიმტკიცის მაჩვენებლის მატება პროპორციულად აისახება ნარევის სიმტკიცეზე და წყალგაუმტარობაზე, ანუ ნაკლები წყალჟღენთვა

ნარევეში ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობის ცვლილების შემთხვევაში, თუნდაც 0,5%-ით, ღორღისა და ქვიშის მარცვლებს შორის კონტაქტები შეიძლება დაირღვეს, პლასტიკურობა გაიზარდოს, რის შედეგადაც მკვეთრად მცირდება ძვრისადმი წინაღობა, ხოლო ბიტუმის ნაკლებობის შემთხვევაში კი მცირდება შინაგანი შეკავშირების ძალები და იზრდება წყალჟღენთვა, რის შედეგადაც მცირდება ასფალტბეტონის ფენილის სტრუქტურული სიმტკიცე და იზრდება ცვეთა.

იმ შემთხვევაში, როცა ფენილებს აწყობენ ისეთი ნარევისაგან, რომელიც არ აკმაყოფილებს ოპტიმალური გრანულომეტრიული შედგენილობის მქონე ნარევის მოთხოვნებს (აკლია მინერალური ფხვნილი, მეტია ქვიშა და სხვ.), ან შავი ღორღის გრანულომეტრიულ შედგენილობას (ურევია ქვიშა ან სხვ.), მაშინ ასეთ ნარევებს ზოგადად ბიტუმინერალურ ნარევებს უწოდებენ და მათგან მოწყობილი ფენილების სიმტკიცე, როგორც წესი დაბალია, მომსახურების ვადა კი შედარებით მცირეა.[23]

ასფალტბეტონის სამოსებში, რომლებიც მოწყობილია ცივი და ტენიანი კლიმატის პირობებში მტვრისებრ და თიხოვან გრუნტებში, ბიტუმის შემცველი ფენილების სიმტკიცის ძირითად კრიტერიუმად მიღებულია დრეკადი ჩალუნვები და ძაბვების სიდიდეები გაჭიმვაზე ღუნვის დროს, გარდა ამისა, სიმტკიცის კრიტერიუმად მიიღება აგრეთვე ფენილის ძვრის დეფორმაციები. ხოლო თუ განვიხილავთ ტენიანი და ცხელი კლიმატის პირობებს, განვიხილავთ განსაკუთრებით მთაგორიან რელიეფისათვის, სიმტკიცის ძირითად კრიტერიუმად მიღებული უნდა იყოს ძვრის დეფორმაციები. აქედან გამომდინარე, ფენილების სიმტკიცის კრიტერიუმის შერჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს ექსპლუატაციის პირობები – ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ძალების ზემოქმედების რეჟიმი, კლიმატური და ჰიდროლოგიური პირობები. თანამედროვე საავტომობილო გზების მშენებლობაში ფენილის სიმტკიცის კრიტერიუმად მიღებულ უნდა იქნას როგორც დრეკადი ჩალუნვა, ისე ფენილის ძვრის დეფორმაციები, რაც სამწუხაროდ არ არის სათანადოდ ასახული ნორმატიულ-ტექნიკურ ლიტერატურაში.

ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ სამშენებლო-საგზაო მასალების და ფენილების სიმტკიცე (წინაღობა) უშუალოდ დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, მასალის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, სიმტკიცის პარამეტრებზე, ცოცვადობისა და რელაქსაციის მოვლენებზე. შესაბამისად, დატვირთვის სიჩქარეზე, ძალის მოდების ხანგრძლივობაზე, დატვირთვის

რაოდენობაზე და ჯერადობაზე, დამაბული ველის სახეზე, დაღლილობის ეფექტზე, დეფორმირების უნარზე და სხვ.[19]

ხისტი ფენილებისაგან განსხვავებით, ბიტუმის შემცველ ფენილებს ახასიათებს საკმაოდ განსხვავებული დრეკადობის, პლასტიკურობის და სიბლანტის თვისებები.

ფენილის დრეკადობა განპირობებულია დატვირთვისადმი წინაღობის უნარით და ფასდება დატვირთვის მოხსნის შემდეგ აღდგენითი დეფორმაციის, ანუ დრეკადი დეფორმაციის, მთლიან დეფორმაციასთან შეფარდებითი სიდიდით. ფენილის დრეკადობის პარამეტრად მიღებულია დრეკადობის მოდული.

ფენილის სიმტკიცედ მიღებულია ძაბვების ზღვრული სიდიდე, რომელიც იწვევს ფენილის დაშლას, რღვევას, ბზარების გაჩენას, ანუ თუ წინასწარი პირობით იქნება განსაზღვრული, ნორმატიულ სიდიდეზე მეტ ჩაღუნვას და ძვრის დეფორმაციებს, ვინაიდან ასეთი ჩაღუნვების ნორმატიული სიდიდეები გზის კატეგორიითაა განპირობებული, ამიტომ სიმტკიცის განმარტება, გარკვეულწილად პირობით ხასიათს ატარებს და შეიძლება კლასიფიცირებულ იქნას, როგორც მაქსიმალური (ზღვრული) და მინიმალური (ხანგრძლივი ანუ საექსპლუატაციო), რომელიც შეიძლება გამოავლინოს მოცემული კატეგორიის გზის ფენილმა რეალურ პირობებში.

ფენილის პლასტიკურობა განპირობებულია ფენილის დეფორმირების უნარით მთლიანობის დაურღვევლად, როცა მიღებული დეფორმაციები დატვირთვის მოხსნის შემდეგ გადადის ნარჩენ დეფორმაციებში. პლასტიკურობა ჩვეულებრივ დაკავშირებულია ძვრის დეფორმაციებთან.

ფენილის სიბლანტე განპირობებულია ფენილის დრეკადი და პლასტიკური დეფორმაციების დროში დაყოვნებისთვის საჭირო წინაღობის უნარით. მის პარამეტრად მიღებულია სიბლანტის კოეფიციენტი. მასალის ბლანტი წინაღობა გამოიხატება ნიუტონის კანონით.[20]

ბლანტად დრეკად-პლასტიკური თვისებების გამო ბიტუმის შემცველ ფენილებს რეოლოგიური თვისებები ახასიათებს - ცოცვადობის და

რელაქსაციის თვისებები. მაგალითად, მუდმივი ძაბვების $\tau = \text{const}$ შემთხვევაში ფენილის ε დეფორმაციის განვითარება t დროში, როცა ცნობილია დეფორმაციების დაგვიანების t დრო, ხდება შემდეგნაირი კანონზომიერებით:

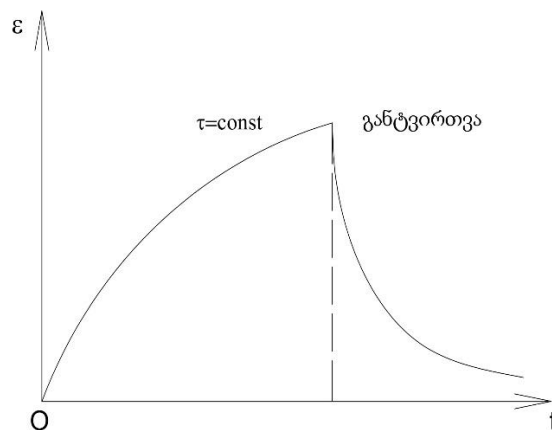
$$\varepsilon = \frac{\tau}{G} \left(1 - e^{-\frac{Gt}{\eta}} \right), \quad \varepsilon = \frac{\tau(t)}{G} \int_0^t Q(t-t_0) \tau_0 dt$$

დეფორმირებული ფენილის დეფორმაციის მუდმივი სიდიდის შენარჩუნების შემთხვევაში ადგილი აქვს $\tau(t)$ ძაბვების რელაქსაციის (გაქრობას) t დროში. ეს გამოიხატება შემდეგი კანონზომიერებით:

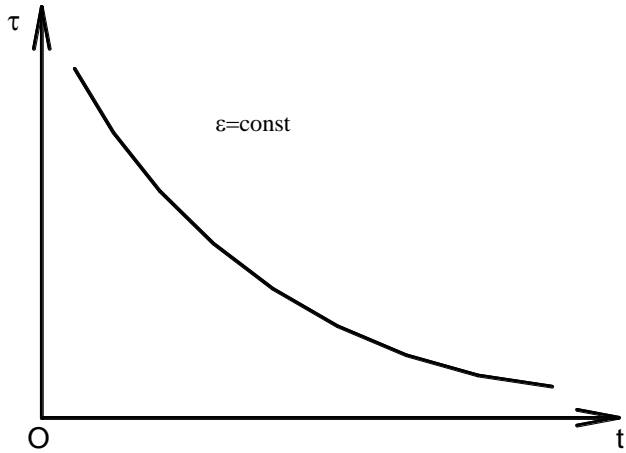
$$\tau_{(t)} = \tau_0 \cdot e^{-\frac{at}{\eta}}$$

სადაც $\tau(0)$ არის საწყისი ძაბვა; a - დრეკადობის მოდული; η - სიბლანტე; t - დრო.

გრაფიკულად ეს წარმოდგენილია 5 და 6 ნახაზებზე.



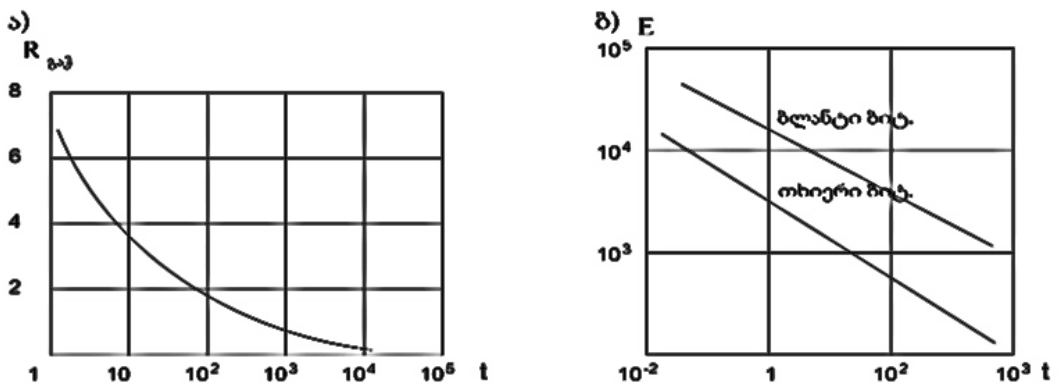
ნახ.5. ფენილის დეფორმირების განვითარება დროში



ნახ. 6. ფენილში ძაბვების რელაქსაცია

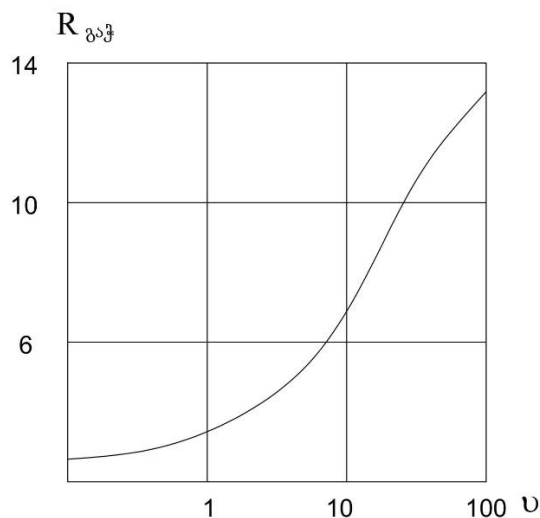
ასფალტბეტონის სიმტკიცეზე გავლენას ახდენს აგრეთვე დატვირთვის ხანგრძლივობა. მცირე, მაგრამ ხანგრძლივ დატვირთვას ისეთივე რღვევის ეფექტის გამოწვევა შეუძლია, როგორც ხანმოკლე, თუმცა დიდ დატვირთვას. მრღვევი ძალა მცირდება ძალის მოქმედების ხანგრძლივობის გაზრდის შემთხვევაში.

გაჭიმვაზე მრღვევი ძალის დატვირთვის ხანგრძლივობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი ნაჩვენებია ნახაზზე 7.



ნახ. 7. ასფალტბეტონის სიმტკიცის R გაჭ კგ/სმ² (გაჭიმვის გრაფიკი – ა) და დრეკადობის მოდულის E კგ/სმ² (გრაფიკი – ბ) დატვირთვის დროზე (t მ/წმ) დამოკიდებულების გრაფიკი.

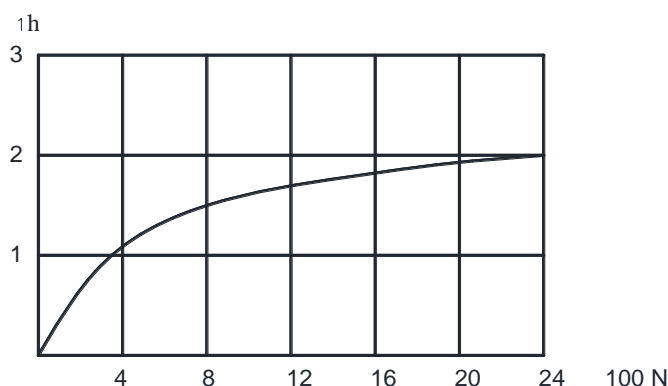
ბიტუმის შემცველი მასალების სიმტკიცე დამოკიდებულია აგრეთვე დატვირთვის S სიჩქარეზე (ნახაზი 8).



ნახ.8. ასფალტბეტონის გაჭიმვაზე (დუნვისას) R დუნ კგ/სმ² სიმტკიცის s მ/წმ დატვირთვის სიჩქარეზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

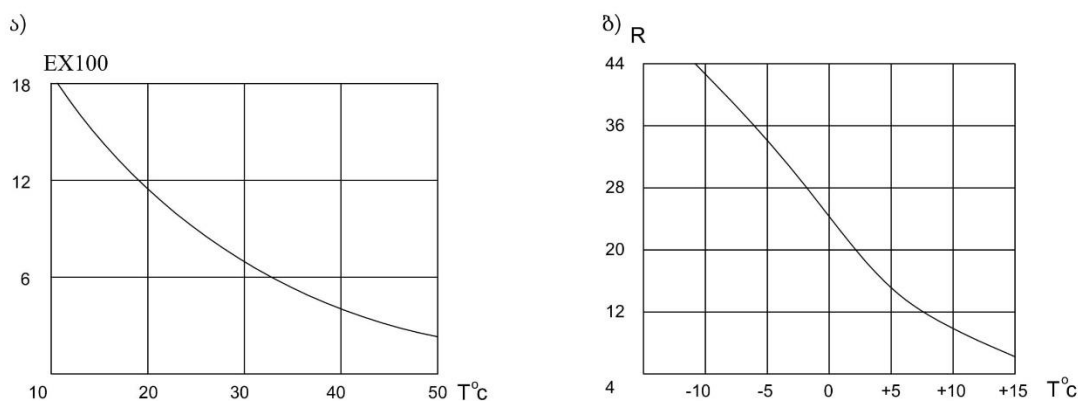
რაც უფრო მეტია დატვირთვის სიჩქარე, მით უფრო მეტ სიმტკიცეს ავლენს ასფალტბეტონი.

სიმტკიცე დამოკიდებულია, აგრეთვე, ძალის მიყენების ჯერადობაზე, რაც მათემატიკურად ლოგარითმული მრუდით გამოიხატება (ნახაზი 9).



ნახ. 9 ასფალტბეტონის ფენილის ჩაღუნვის h მმ სიღრმის ავტომობილის თვლებს გავლათა N რიცხვისაგან დამოკიდებულების გრაფიკი.

ბიტუმის შემცველი მასალების სიმტკიცეზე განსაკუთრებით მკვეთრად მოქმედებს ტემპერატურის ცვალებადობა (ნახაზი 10).[21]



ნახ. 10. ბიტუმის შემცველი მასალის დრეკადობის E კგ/სმ² მოდულის გრაფიკი - ა) გაჭიმვაზე სიმტკიცის R გაჭ კგ/სმ² გრაფიკი - ბ) ტემპერატურაზე T °C დამოკიდებულების გრაფიკები

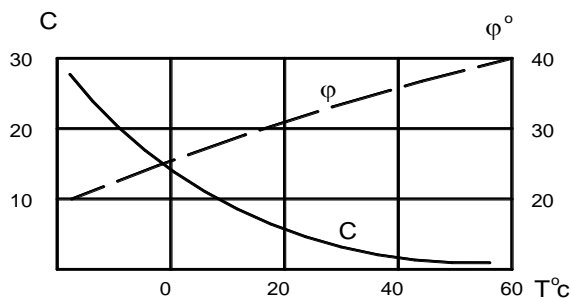
ბიტუმის შემცველი მასალების სიმტკიცე, აგრეთვე, დამოკიდებულია დაძაბულ დეფორმაციის სახეზე და მდგომარეობაზე. აღნიშნული დისკრეტული მასალები ყველაზე მეტად – მკუმშავ ნორმალურ დაზვებს და ყველაზე ნაკლებად ეწინააღმდეგება გამჭიმავ ნორმალურ დაზვებს. შედარებით მცირეა წინაღობა იმ სიბრტყეებში, სადაც ერთდროულად მოქმედებენ გამჭიმავი ძალები და მხები. თუ ამ თვალსაზრისით განვიხილავთ ფენილის ძვრის დეფორმაციებს და ჩაღუნვას, ირკვევა, რომ რღვევა ბიტუმის აფსკებზე ხდება ჩაღუნვისას გაჭიმულ ზონაში, სადაც მოქმედებს ნორმალური გამჭიმავი დაზვები, ხოლო ძვრის დროს ადგილი აქვს რთულ დაძაბულ მდგომარეობას, რომლის დროსაც ფენილის დეფორმაციებში მონაწილეობენ როგორც ნორმალური გამჭიმავი, ისე მხები დაზვები. თუ ნორმალურ გამჭიმავ დაზვებისადმი ძირითადად წინაღობა დამოკიდებულია ბიტუმის სიბლანტეზე (შიგა შეკავშირების ძალებზე), მაშინ მხები დაზვებისადმი წინაღობა დამოკიდებულია დანაწევრებული ქვის მასალისაგან შექმნილი სტრუქტურის შიგა ხახუნის კუთხეზე.

აღსანიშნავია, რომ რაც უფრო წვრილმარცვლოვანია ფენილში გამოყენებული ინერტული ქვის მასალა და ნაკლებია ბიტუმის სიბლანტე,

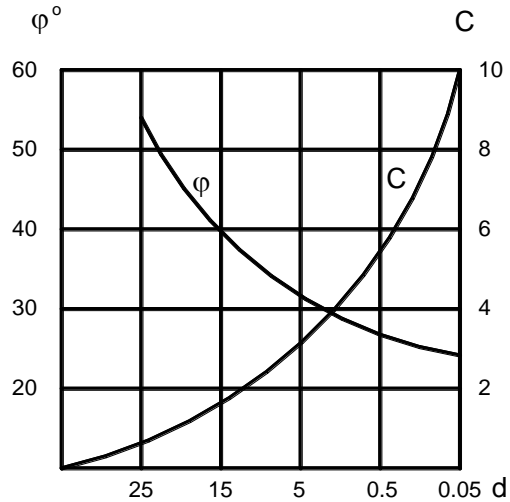
მით უფრო მეტად იზრდება ბიტუმის სიბლანტის როლი ნორმალური გამჭიმავი, ნორმალური მკუმშავი და მხები ძაბვებისადმი წინაღობაში და მით უფრო მკვეთრად გამოვლინდება მოცემული ბიტუმის შემცველი ფენილების სიმტკიცის დამოკიდებულება დატვირთვის რეჟიმზე, რეოლოგიურ თვისებებსა და ტემპერატურაზე.[22]

როგორც ცნობილია დისკრეტული მასალისათვის ნორმალური და მხები ძაბვებისადმი წინაღობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ შინაგანი შეკავშირების C ძალები და შიგა ხახუნის ϕ კუთხე. ნახაზზე 11 მოცემულია წვრილმარცვლოვანი ბიტუმის შემცველი ნარევისაგან დამზადებული ნიმუშების შინაგანი ბმის C ძალების ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

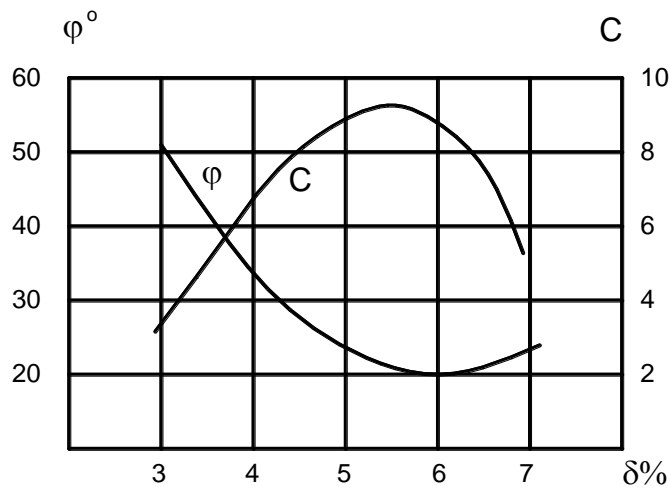
ბიტუმის შემცველ ნარევებში შიგა ბმის ძალები და შიგა ხახუნის კუთხე დამოკიდებულია აგრეთვე დანაწევრებული ქვის მასალის მარცვლების ზომებზე (ნახაზი 12). უფრო წვრილი ფრაქციებისათვის შიგა ხახუნის კუთხე მცირდება, ხოლო შიგა ბმის ძალები იზრდება. ბიტუმის შემცველი მასალისათვის შიგა ბმის ძალა დამოკიდებულია ბიტუმის რაოდენობაზე. ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობის შემთხვევაში შიგა ბმის ძალები მაქსიმალურია, ხოლო ნაკლები ან მეტი რაოდენობის დროს კი მინიმალურია (ნახაზი 13).



ნახ. 11. ასფალტბეტონის ნარევი ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკები



ნახ. 12. ბიტუმის შემცველ მასალაში შიგა ხახუნის φ° და შინაგანი ზმის C კგ/სმ² ძალების მარცვლის ზომებისაგან დამოკიდებულების გრაფიკები



ნახ. 13. ბიტუმის შემცველ მასალაში შიგა ხახუნის φ° და შინაგანი ზმის C კგ/სმ² ძალების ბიტუმის რაოდენობაზე δ% დამოკიდებულების გრაფიკები.

დრეკადობის მოდულს განსაზღვრავენ მთლიანად საგზაო სამოსისათვის სატვირთო ავტომობილის უკანა შეწყვილებული თვლების მოქმედებით. დეფორმაციის გასაზომად გამოიყენება სპეციალური დრეკადი ჩალუნვის გასაზომ ხელსაწყოს და დრეკადობის მოდულს გამოთვლიან ფორმულით:

$$E = \frac{P}{0.4\pi l D} (1 - \mu^2)$$

სადაც P-შეწყვილებულ თვლებზე მოსული დატვირთვაა; D-თვლების ანაბეჭდის ტოლფასი წრიული ფართობის დიამეტრი; l -სამოსის ჩალუნვის სიდიდე თვლების ქვეშ.

ასეთ შემთხვევაში კონსტრუქციულ ფენებში გამოყენებული მასალის დრეკადობის მოდულს გამოთვლიან სპეციალური ნომოგრამების საშუალებით, რომლებიც მოცემულია სპეციალურ ნორმატიულ-ტექნიკურ დოკუმენტში.[24]

თუ საანგარიშო პერიოდად მიღებულია ადრე გაზაფხული, როცა ფენილის ტემპერატურა $0-20^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებშია, კერძოდ, $+10^{\circ}\text{C}$ -ია და სიმტკიცის კრიტერიუმად მიღებულია ჩალუნვისას გაჭიმვისადმი წინაღობა. თუ საანგარიშო პერიოდად მიღებულია ზაფხულის ან შემოდგომის დასაწყისი, როცა გრუნტის საფუძველი დატენიანებულია, ამავე დროს ფენილის ტემპერატურაც შედარებით მაღალია ($+30^{\circ}\text{C}-+50^{\circ}\text{C}$) და ადვილი შესაძლებელია გრუნტის საფუძველში ძვრის დეფორმაციების წარმოქმნა, მაშინ დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობები განსაზღვრულია.

იმ ასფალტბეტონისათვის, რომლებიც გათვალისწინებულია გაჩერების ადგილზე დასაგებად, დატვირთვის სტატიკური მოქმედების პირობებში გრუნტის საფუძვლის ძვრისა და დრეკადი ჩალუნვის პირობიდან გამომდინარე, დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობები მკვეთრად განსხვავებულია.

საგზაო ფენილებში ძვრისადმი მდგრადობის შეფასებისათვის განსაზღვრავენ ძვრის G მოდულს ექსპერიმენტულად ან დრეკადობის მოდულის მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$G = \frac{E_{\text{დრ}}}{2(1+\mu)}$$

სადაც $E_{\text{დრ}}$ არის დრეკადობის მოდული; μ -პუასონის კოეფიციენტი.

ფორმულის მნიშვნელში 2 აიღება მაშინ, როცა $E_{\text{დრ}}$ განსაზღვრულია ძელაკების გამოცდის შედეგად. როცა $E_{\text{დრ}}$ განსაზღვრულია შტამპის საშუალებით, მაშინ ეს ციფრი ერთს უახლოვდება. ფენილის ძვრისადმი

მდგრადობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ძვრისადმი მდგრადობა იზრდება შიგა ხახუნის კუთხისა და შიგა ბმის ძალების გაზრდის შედეგად. ამისათვის საჭიროა მრავალწახნაგოვანი მყარი ქანისაგან მიღებული ღორღის რაოდენობის გაზრდა, ბიტუმის სიბლანტის მომატება, ბიტუმისა და მინერალური ფხვნილის ოპტიმალური რაოდენობის შერჩევა და გამოყენება.

შტამპის ჩაწნევის დროს მასალის დაძაბული მდგომარეობა მეტად რთულია. მასალის დარღვევაში მონაწილეობენ როგორც ნორმალური მკუმშავი და გამჭიმავი, ისე მხები ძაბვები. მათი ხვედრითი მნიშვნელობა დამოკიდებულია ძალის მოქმედების დროზე, დატვირთვის სიჩქარეზე, შტამპის დიამეტრზე, მის სიხისტესა და მასალის მახასიათებლებზე (შიგა ხახუნის კუთხე, შიგა ბმის ძალებზე, დრეკად-ბლანტ-პლასტიკურ თვისებებზე და სხვ.). ამის საილუსტრაციოდ შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ემპირიული ფორმულა დრეკადობის მოდულის განსაზღვრისათვის, რომელიც გამოყვანილია რეალური პირობების შესაბამისი დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის პარამეტრების მიხედვით

$$E = 125 \cdot C \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

სადაც C არის შიგა ბმის კუთრი ძალა; φ -შიგა ხახუნის კუთხე.

ბიტუმშემცველი მონოლითური მასალების სიმტკიცის ზღვარს გაჭიმვაზე (ძელაკების ღუნვისას) ერთჯერადი დატვირთვების შემთხვევაში განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$R_{gw} = \frac{3}{2} \frac{Pl}{bh^2}$$

სადაც P არის დატვირთვა; l – საანგარიშო ძალის სიგრძე; b – ძელაკის სიგანე; h – ძელაკის სიმაღლე.

ძელაკის დამზადება ხდება იგივე წესით, როგორც მათი დრეკადობის მოდულის განსაზღვრის მიზნით ღუნვაზე გამოცდისთვის არის მიღებული.

გამოცდას აწარმოებენ მექანიკურ წნეხზე YMM – 5. წნეხის ფილის გადაადგილების სიჩქარე უნდა იყოს 100 მმ/წთ.[4]

იგივე წნეხზე და იგივე ფორმულით გამოთვლიან ცემენტის შემცველი მასალებისაგან დამზადებული ძელაკების ღუნვაზე გამოცდის შედეგების მიხედვით სიმტკიცის ზღვარს გაჭიმვაზე.

ცემენტის შემცველი მასალებისათვის სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე მიახლოებით შესაძლებელია გამოთვლილ იქნას ცილინდრული ფორმის ნიმუშების გამოცდით კუმშვაზე ცილინდრის ღერძის მართობულად მსახველზე გაცემული ძალით, ანუ ცილინდრის ღერძის მიმართულებით გახლეჩისადმი წინაღობის R_{gb} მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$R_{gW} \approx 2R_m$$

რეალურ პირობებში მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ცვალებადობის გათვალისწინებით მასალის წინაღობა გაჭიმვისადმი ღუნვის დროს მიახლოებით გამოითვლება ფორმულით:

$$R_{gW} = R_{gW.lab} k_1 k_2 k_3$$

სადაც R_{gW} არის წინაღობა გაჭიმვაზე ლაბორატორიული გამოცდით მიღებული; k_1 – გაყინვა-გაღობის და წყლის მოქმედების შედეგად მასალის წინაღობის შემცირების ტემპერატურისა და მასალის მოცულობაში კლების (ჯდომის) შედეგად, აიღება $0.8 \div 1$ ფარგლებში.

გაჭიმვაზე წინაღობის R_{gW} სიდიდე შესაძლებელია მიახლოებით გამოთვლილ იქნას აგრეთვე შიგა ხახუნის φ კუთხისა შიგა ბმის კუთრი C ძალის მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$R_{gW} = \frac{2c}{tg(45^\circ + \varphi / 2)}$$

ასფალტბეტონისა და სხვა მონოლითური მასალისათვის, რომელთაგანაც შესაძლებელია დამზადდეს ცილინდრული ან კუბური ნიმუშები, განსაზღვრავენ სიმტკიცის ზღვარს კუმშვაზე. კუმშვაზე

გამოცდის შედეგების მიხედვით, მსჯელობენ მასალის სტრუქტურულ სიმტკიცეზე და მის სხვა შემადგენლობის მასალებთან შედარებით ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებების მეტ-ნაკლებ უპირატესობაზე. სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე ფენილის წინალობას დროებითი დატვირთვებისადმი უმუალოდ არ ახასიათებს.

კუმშვაზე გამოცდისათვის ამზადებენ ცილინდრული ფორმის ნიმუშებს დიამეტრით და სიმაღლით 5,7 ან 10 სმ. ცილინდრული ნიმუშების დასამზადებლად ბიტუმის შემცველ ნარევს ცხელ მდგომარეობაში მოათავსებენ სპეციალურ ლითონის ფორმებში და დატკეპნიან ჰიდრავლიკურ წნეხზე 30÷40 მპა ძალით.

გამოცდას აწარმოებენ ჰიდრავლიკურ წნეხებზე მშრალ (+20 და-50°C ტემპერატურაზე) და ვაკუუმში წყლით გაჟღენთილ მდგომარეობაში (+20°C ტემპერატურაზე) მასალის მთლიანად დაშლამდე, წინალობის ზღვარი 15÷20 მპა; 0°C-ზე 8÷13 მპა; 20°C-ზე 1,0÷2,5 მპა; და 50°C-ზე 8,0÷16 მპა საზღვრებში.

კუმშვაზე წინალობის $R_{კშ}$ სიდიდე შესაძლებელია მიახლოებით გამოთვლილ იქნას აგრეთვე შიგა ხახუნის φ კუთხე შიგა ბმის კუთრი C ძალის მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$R_{კშ}=2ctg(45^0+\varphi/2)$$

$$R_{კშ}=2C\cos\varphi$$

შიგა ხახუნის φ კუთხე დამახასიათებელია მხოლოდ არაერთგვაროვან დისკრეტული (ფხვიერი და შემკვრელით შეკავშირებული) მასალებისათვის, რომლებიც შედგენილია ცალკეული ნაწილაკებისგან (მარცვლებისგან) და რომელთა დაშლა-დარღვევის (დეფორმირების) პროცესში ეს ნაწილაკები განიცდიან ურთიერთშეფარდებით გადაადგილებას ან დაშორებას მათ გამყოფ ზედაპირზე – საკონტაქტო ფართობებზე. ნაწილაკების ასეთი ხაზოვანი ან შემობრუნებითი ფარდობითი გადაადგილება მოხახუნე ზედაპირებზე – საკონტაქტო

ფართობებზე განაპირობებს შიგა ხახუნის წინააღმდეგობის ძალების წარმოქმნას, რომელთა პარამეტრად მიღებულია შიგა ხახუნის კუთხე გრადუსებში. რაც უფრო მეტია ნაწილაკების ზედაპირის ხორკლიანობა, მით მეტია დ. ნაწილაკების საკონტაქტო ფართობებზე მოხახუნე ზედაპირების ურთიერთდაცილების წინააღმდეგობა განაპირობებს შიგა ბმის ძალებს, რომელთა პარამეტრად მიღებულია ერთეული განივი კვეთის ფართობზე მოსული შიგა ბმის კუთრი ძალა მპა (კგ/სმ²). თუ ნაწილაკები შეკავშირებულია ორგანული შემკვრელი მასალებით, მაშინ რაც უფრო მეტი იქნება მათი შეკვრის უნარი, მით მეტი იქნება C. ამასთანავე, ბიტუმის აფსკი გარკვეულად ამცირებს შიგა ხახუნის ძალებს, იმისდა მიხედვით თუ როგორია მასალა და კონსტრუქციის საანგარიშო სქემა. დ და C შეიძლება წარმოდგენილ იქნას, აგრეთვე, მათემატიკური მნიშვნელობის მქონე პარამეტრებად. გარკვეულად შეზღუდულია დ და C-ს, როგორც საანგარიშო პარამეტრების, გამოყენების საზღვარი: მეტად მცირე ნაწილაკების შემთხვევაში, როცა ნარევი კოლოიდურ ხსნარებს უახლოვდება, დ და C ნაკლებად გამოსაყენებელია. აგრეთვე, როცა ნაწილაკების ზომა კონსტრუქციის ზომასთან შედარებით დიდია. მაგალითად, თუ ფენილის კონსტრუქციული ფენის h სისქე და ნაწილაკების დ ზომას შორის ფარდობა $\frac{h}{d} < 5$, დ და C საანგარიშო პარამეტრებად გამოიყენება ნაკლებად მიზანშეწონილია. ბიტუმის შემცველი ფენილებისათვის დ და C პარამეტრების გამოყენება მიზანშეწონილი არაა დაბალ უარყოფით ტემპერატურაზე, როცა მასალა ხისტი ხდება და შესაძლებელია დაიმსხვრეს.[4]

საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების პრაქტიკულად მიღებული ზომებისათვის შიგა ხახუნის დ კუთხე იზრდება მარცვლის ზომების გაზრდის შედეგად და მარცვლებისადმი მკვეთრი წახნაგოვანი კუბური ფორმის მიცემის შედეგად. ასე, მაგალითად, ღორღისათვის დ გაცილებით მეტია, ვიდრე ხრეშისთვის.

მასალის დატკეპნის ხარისხის-სიმკვრივის გაზრდით ფ მატულობს; გარდა ამისა, დატკეპნის გამო წარმოიქმნება ნაწილაკების ურთიერთჩასოლვის (ჩაჭედვის) და ურთიერთწამოღების (გამოღების) ძალები, რომელთა დიფერენცირებულად მათემატიკური გამოხატვა მეტად რთულია და ამიტომ პრაქტიკული მოსაზრებით შიგა ხახუნის ძალებს მიაკუთვნებენ. ასეთი ფაქტორის მნიშვნელობა მით მეტია რაც უფრო მეტია მარცვლის ზომები და რაც უფრო მრავალწახნაგოვანია მათი ფორმა. მაგალითად, შემკვრელით დაუმუშავებელი მასალისათვის, შედარებით იზრდება შიგა ბმის C ძალაც. სიმკვრივის გაზრდასთანაა დაკავშირებული აგრეთვე დეფორმირებისადმი წინაღობის გაზრდის უნარი დილეტანსის (დეფორმირებისაგან მოცულობაში გაზრდის წინაღობის) მოვლენების გამო. შიგა ხახუნის კუთხის და შიგა ბმის ძალები დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. შიგა ხახუნის კუთხის გაზრდის მიზნით საჭიროა ნარევეში უფრო მსხვილმარცვლოვანი ღორღის რაოდენობის გაზრდა, ხოლო ბიტუმის რაოდენობის შემცირება, უფრო მსხვილწახნაგოვანი ფორმის მაგარი ქანის (გრანიტი, სიენიტი, პორფირიტი, გაბრო და სხვ.) გამოიყენება, დატკეპნის ხარისხის (სიმკვრივის) გაუმჯობესება და სხვ. შიგა ბმის ძალების გაზრდის მიზნით საჭიროა ნარევეში ბიტუმის სიბლანტის გაზრდა, მინერალური ფხვნილისა და ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობის შერჩევა, დატკეპნის ხარისხის (სიმკვრივის) გაზრდა, მინიმალური ფორიანობის მქონე ოპტიმალური გრანულომეტრიული შედგენილობის უფრო წვრილმარცვლოვანი ნარევეების შერჩევა და გამოყენება.

1.1.5 ბეტონის არმირება ბაზალტის ბოჭკოს გამოყენებით

ბეტონს გახლეჩვის მიმართ დაბალი მდგრადობა ახასიათებს. მას შრობის პროცესში ბზარები უჩნდება. არსებობს ამ დეფექტების აღმოფხვრის რამოდენიმე მეთოდი, მაგალითად, ბეტონის არმირება, რომელიც კონსტრუქციაში სრულდება ფოლადის არმატურით. გარკვეული სახის კონსტრუქციებში, როგორცაა გადახურვის ფილა შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს შეკრული ბადე. იგი შესაძლებელია დამზადდეს

პოლიპროპილენის მასალისგან, მინა ან ბაზალტის ბოჭკოებისგან. ეს უკანასკნელი მეტად პოპულარულია თანამედროვე სამშენებლო სფეროში. მისი გამოყენება დადებითად წყვიტავს კონსტრუქციულ პრობლემებს, როგორცაა არმატურის გადამბვა შედუღების ან გადადების მეთოდით.

ბეტონში პოლიპროპილენის ბოჭკოს გამოყენება, ფოლადის ბადის ნაცვლად, ზრდის მდგრადობას ჩაჯდომის ბზარების მიმართ. ფილას, რომელშიც გამოყენებულია ბოჭკო, სიმტკიცე ღუნვის მომენტის მიმართ, ტრადიციულთან შედარებით, 2%-ით მეტია. ბოჭკოს დამატება ბეტონის მასაში უზუნველყოფს მის პლატიკურობას.

ბეტონის მასაში ბაზალტის ბოჭკოს გამოყენებით იზრდება ნარევის სიმტკიცე და დეფორმაციულობა. არმირებული ბეტონი, ითვისებს მეტ დრეკად დეფორმაციებს, ბოჭკოს პლასტიური დეფორმაციის ხარჯზე. ხოლო მისი დრეკადობის მაჩვენებელი ფოლადთან შედარებით, მეტია.

ბეტონში, ბაზალტის ბოჭკო არ შედის რეაქციაში მარილებთან ან რაიმე სხვა სახის დანამატთან, ამიტომ მისი გამოყენება შესაძლებელია როგორც წყალში ისე დეკორატიული ბეტონირებისას. ხისტ საგზაო ფენილებში ბოჭკოს გამოყენება იცავს ბეტონს და არმატურას აგრესიული მარილებისგან და სხვა მავრე ნივთიერებებისგან, ზრდის მისი ზედაპირის ხორკლიანობას და ყინვამედეგობას. ბეტონის მასაში ბოჭკოს გამოყენება მატებს მდგრადობას ტემპერატურის ცვლილების მიმართ და იცავს საფარს დაზიანებისგან, დრეკადი ბზარებისგან, ზრდის ბეტონის ხანმედეგობას და სიმტკიცეს.

თანამედროვე სამშენებლო სფეროში მატულობს ინტერესი ბაზალტის ქვისგან აწარმოონ სხვადასხვა სახის სამშენებლო მასალები. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ბაზალტის ნედლეულის გამოყენება ბეტონის არმირებისას, ისევე როგორც შემავსებლის და მინერალური დანამატის სახით. ტექნიკურ-ეკონომიური თვალსაზრისით, აქტუალურია ცემენტის ნაწილობრივ შეცვლა წვრილად დამუშავებული ბაზალტის ქვის ფხვნილით. ბაზალტის ქვის დამუშავების ორი ძირითადი მეთოდი

არსებობს: სასურველ ფრაქციად უშუალოდ მოპოვების ადგილზე ან/და საწარმოო ბაზალტის ქვის ნარჩენების გადამუშავება. ცემენტში გამოიყენება ბაზალტის ფხვნილის 0,002-0,01 მმ ფრაქცია. კვლევებით დადგინდა, რომ ბაზალტის ფხვნილის დამატება ცემენტის მასის 10% ოდენობით იძლევა მნიშვნელოვან ეფექტს. ტრადიციულ ბეტონთან შედარებით ბაზალტის ფხვნის დამატებით იზრდება მისი სიმტკიცე კუმშვისას. ცემენტის მასის 10% მეტი დამატებით ბეტონის სიმტკიცე მცირდება, რადგან ნარევი დიდი ოდენობით მინერალურ ფხვნილს შეიცავს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე შესაძლებელია დავასკნათ, რომ ბაზალტის ქვისა და ბოჭკოს დადებითი თვისებებიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილია ამ მასალების არახისტ ფენილებში გამოყენება.

თავი 2. შედეგების განსჯა

2.1. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები

2.1.1. ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

საავტომობილო გზებზე საექსპლუატაციო რესურსის ზრდა თანამედროვე ინჟინერიის გამოწვევაა. გზის კონსტრუქციაში სიმტკიცის მაჩვენებლის ზრდა გახლავთ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სიდიდე, რომელიც ახანგრძლივებს ასფალტბეტონის მომსახურეობის სასიცოცხლო ციკლს. არსებული საავტომობილო გზების საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება გვიჩვენებს, რომ კონსტრუქციებში ბზარების გაჩენა, რომელიც გამოწვეულია სატრანსპორტო საშუალებების და კლიმატური პირობების ზემოქმედებით, საგზაო საფარის დაზიანების ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია. ხშირ შემთხვევაში ქვეყნის სამშენებლო და ეკონომიკური რესურსები გამოიყენება არა ახალი საავტომობილო გზების მშენებლობაზე, არამედ სარემონტო სამუშაოების ჩასატარებლად და საექსპლუატაციო მოთხოვნების შესანარჩუნებლად.

ასფალტბეტონის საფარში ბზარების წარმოქმნის ძირითადი მიზეზები გახლავთ:

- ჰორიზონტალური დეფორმაციები, რომელიც გამოწვეულია საგზაო საფარში ტემპერატურული ცვლილებით;
- დეფორმაციები, რომლებიც გამოწვეულია საექსპლუატაციო დატვირთებისგან და სხვა.

არსებობს ასფალტბეტონის საფარში ბზარმედგობის მაჩვენებლის ზრდის და ამ პრობლემის გადაჭრის ორი ძირითადი გზა. ესენია:

- ბზარგამწყვეტი შუაშრის მოწყობა;
- საგზაო სამოსის კონსტრუქციის სრულყოფა, სიმტკიცის და სადეფორმაციო მაჩვენებლების გაზრდა.

ბზარგამწყვეტი შუაშრის მოწყობა შესაძლებელია, როგორც საავტომობილო გზების რეკონსტრუქციის ან ახლის მშენებლობისას, ისე სარემონტო სამუშაოების მიმდინარეობისას. არსებობს ბზარგამწყვეტი შუაშრის მოწყობის ორი ძირითადი ტიპი. ესენია:

- არმირებული ბადე - დღესდღეობით, თანამედროვე საავტომობილო გზების მშენებლობაში მრავალმხრივ გამოიყენება სხვადასხვა ქვეყნის და მწარმოებლის მიერ წარმოებული გეოსინთეტიკური ბადეები;

- მემბრანული ტიპის შუაშრის მოწყობა - ხდება ასფალტბეტონის ნარევი სხვადასხვა დანამატის ან შემკვრელის (როგორცაა არმირებული ბოჭკო, პოლიმერბიტუმი და კაუჩუკბიტუმი) დამატება.

მოკლეთ განვიხილოთ ასფალტბეტონის საფარის არმირების მოწყობის ტექნოლოგიური სამუშაოები. საარმირებო მასალად გამოიყენებულია: ბაზალტის ნედლეულისგან წარმოებული გეობადე. ბადე გამოიყენება საფარის რეკონსტრუქციული და სამშენებლო სამუშაოების განხორციელებისას.

ასფალტბეტონის საფარის სარემონტო სამუშაოები სრულდება ტრადიციული მეთოდით. ბაზალტის გეობადე გამოიყენება ბზარების აღმოსაფხვრელად და მისი ფიქსაცია (დამაგრება) ხორციელდება კონსტრუქციის შესაბამის ფენაზე. ბიტუმის ემულსიის მოსხმა კონსტრუქციის ფენაზე ხდება ავტოდამგების სიგანეს დამატებული 0,15-0,20 მ, საშუალოდ ნორმების მიხედვით ბიტუმის ემულსიის ხარჯი შეადგენს 1,0 ლ/მ² და მეტს. თუ საფარზე არ აღინიშნება რაიმე სახის დეფექტები, მაშინ ხარჯი იქნება 0,8 ლ/მ².

ბაზალტის გეობადის გამოყენება რეკომინდირებულია შემდეგ სარემონტო სამუშაოების წარმოებისას:

- წერტილოვანი არმირების დროს: გეობადე უნდა მოეწყოს ბზარის გრძივად და სიმეტრიულად. ბზარსა და ბადის კიდეს შორის დამორება უნდა შეადგინოს არანაკლებ 40 სმ. თუ ბზარის მრუდი დიდია მაშინ

დასაშვებია გეობადის დაჭრა პატარა ნაწილებად და მოწყობა ბზარის მიმართულებით;

– უწყვეტი არმირების დროს: ბადის მოწყობა სრულდება გზის ღერძის პარალელურად გრძივი მიმართულებით. აუცილებელია დაცული იყოს ღერძის მიმართ სისწორე და დაუშვებელია რაიმე სახის ნაკეცი.

ახალი გზის საფარის არმირების დროს ბაზალტის გეობადის მოწყობის სამუშაოების წარმოებისას გასათვალისწინებელია შემდეგი ფაქტორები:

პირველი მეთოდი: როდესაც გეობადის შოლტის მოწყობა ხორციელდება გრძივად ბიტუმის ემულსიით დამუშავებულ ქვედა ფენაზე, რომელიც მაგრდება 200-300 მმ. ანკერების საშუალებით 10 მ. ინტერვალით. შოლტის გასწორების და ტალღების აღმოფხვრის მიზნით, შესაძლებელია გლუვვალციანი მსუბუქი ან საშუალო ზომის სატკეპნების გამოყენება. სამშენებლო სამუშაოების მიმდინარეობისას არ არის გამორიცხული გეობადის სამაგრების დაზიანება ავტოთვითმცლელების ან სხვა ტექნიკის მიერ, ამიტომ საფარის მოწყობამდე აუცილებელია ანკერების ფიქსაციის ხარისხის შემოწმება. საფარის ფენის მოწყობა შესაძლებელია ორი მეთოდით:

– უშუალოდ ბაზალტის ბადეზე;

– როდესაც ხორციელდება გეობადის დამუშავება ბიტუმის ემულსიის ხსნარით (საშუალო ხარჯი: 1,0 ლ/მ²) და უჯრედების შევსება სრულდება ღორღის ფრაქციით 5-10 მმ. (ხარჯი: 9-11 კგ/მ²)

სამუშაოების მიმდინარეობისას საჭიროა სატრანსპორტო და სამშენებლო ტექნიკის მოძრაობის მინიმიზაცია.

მეორე მეთოდი: ეს მეთოდი ითვალისწინებს გეობადის მოწყობას საფარზე განივად, რა დროსაც ხდება სამუშაოების მინიმიზაცია. არ არის საჭირო ბადის დამაგრება საფარში და მისი მონტაჟი ხორციელდება უშუალოდ ასფალტბეტონის ფენის მოწყობის სამუშაოების მიმდინარეობისას.

მოკლედ განვიხილოთ ბოჭკოებით (მაგ. მინაბოჭკო) დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევის მოწყობის სამუშაოების ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა. პირველ რიგში განვიხილოთ ამ ტიპის საფარის მოწყობის ჩასატარებელი სამუშაოების ძირითადი ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაცია:

- „СНиП 12-01-2004 – მშენებლობის ორგანიზაცია”;
- „СНиП 3.01.03-84 – გეოდეზიური სამუშაოები მშენებლობაში”;
- „СНиП 3.01.03-85 – საავტომობილო გზები”;
- „СТО НОСТРОЙ 2.25.36-2011 – ასფალტბეტონის საფარის მოწყობა საავტომობილო გზებზე”;
- „СТО НОСТРОЙ 2.25.37-2011 – ასფალტბეტონის საფარის მოწყობა საავტომობილო გზებზე, (თავი 2 – საფარის მოწყობა ცხელი ასფალტბეტონის ნარევით”;
- „СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 – მშენებლობის ორგანიზება. სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების წარმოება”;
- „СНиП 12-01-2001 – მშენებლობის უსაფრთხოების წესები”.

საფარის მოწყობის სამუშაოები რეკომენდირებულია განხორციელდეს მშრალ ამინდში, ზაფხულის პერიოდში არანაკლებ $+5^{\circ}\text{C}$, ხოლო შემოდგომის პერიოდში არანაკლებ $+10^{\circ}\text{C}$. სასურველია საფარის მოწყობა განხორციელდეს მთლიან სავალ ნაწილზე.

ასფალტდამგების მუშაოების პროცესი უნდა ხორციელდებოდეს უწყვეტ რეჟიმში, ხოლო მოძრაობის სიჩქარე – არანაკლებ 2,5-3 მ/წთ-ში, დასაშვებია სიჩქარის გაზრდა 5 მ/წთ-მდე. ასფალტდამგების დაგლუვების ფირფიტა უნდა იყოს გაცხელებული შესაბამის ტემპერატურაზე, ხოლო მოსაწყობი შრის სიმაღლეს უნდა დაემატოს ტკეპნის სიმაღლე დაახლოებით 10%. ასფალტბეტონის ნარევის ტემპერატურა მოწყობის პერიოდში რეკომინდირებული შეადგენდეს $125-140^{\circ}\text{C}$, ხოლო ტკეპნის დროს არანაკლებ 80°C . ასფალტბეტონის ნარევის ტკეპნის პროცესი ხორციელდება

შესაბამისი სატკეპნი მექანიზმების მეშვეობით, რომლებიც მოძრაობენ 25–ჯერ ერთი მიმართულებით.

ასფალტბეტონის ნარევი ბოჭკოვანი დანამატის გამოყენება – ზრდის შემკვრელის სტრუქტურის ეფექტურობას, მის სიბლანტეს და მასალის სიმტკიცეს. მინერალური ბოჭკოვანია: ბოჭკოვანი მინა, ბაზალტის ბოჭკო და სხვა.

მოგეხსენებათ, რომ საქართველო მდიდარია ბუნებრივი ქვების საბადოების მრავალფეროვნებით. საქართველოში ცნობილია ბაზალტის მოპოვების სხვადასხვა საბადო. ესენია: ბოლნისის, მარნეულის, თეთრიწყაროს, ახალციხის და ახალქალაქის საბადოები. ჩატარებულ კვლევებზე და ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით შესაძლებელია დავასკვნათ საფარის ზედა ფენის კონსტრუქციაში ბაზალტის ბოჭკოების ეფექტიანი გამოყენება. სანამ უშუალოდ ამ კონსტრუქციების ეფექტიანობას განვიხილავდეთ, მოკლედ მიმოვიხილოთ ბაზალტის ბოჭკოების და ის საჭირო ტექნიკური ბაზა, რომლითაც ხდება მისი გადამამუშავება.

მიმოვიხილოთ ბუნებრივი ბაზალტის ქვის, კერძოდ დიაბაზის საქართველოში მოპოვების ადგილმდებარეობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.

საქართველოში დიაბაზის ბუნებრივი საბადოები გვხვდება ორ ძირითად რაიონში. ესენია ყაზბეგის რაიონში სოფლები ჯითის და როშკის მიდამოებში (სავარაუდო მარაგები 10 მლნ. მეტრ კუბი) მათ სამრეწველო გამოყენების დიდი პერსპექტივები გააჩნიათ. ხოლო მეორე სოლიდური მარაგი გვხვდება ქ. ახმეტიდან 30 კმ. პანკისის ხეობაში, ბინკიანის და ომალოს ჩრდილოეთით, ქვაჩალადას ტერიტორიაზე, ზღვის დონიდან 2250 მ. სიმაღლეზე.

რეგიონისათვის ერთ–ერთ ყველაზე დიდი პოტენციალის მქონე ქვად შეირჩა პანკისის დიაბაზი, მისი სხვადასხვა მახასიათებლების გამო. განსაკუთრებით, აღსანიშნავია მისი შეფერილობა (მომწვანო), რის გამოც პანკისის დიაბაზი ხვდება ყველაზე ძვირფასი ქვების კატეგორიაში, ახლო

აღმოსავლეთის მდიდარი მოსახლეობის გემოვნებიდან გამომდინარე და აგრეთვე, ევროპაშიც საკმაოდ დიდი მოთხოვნაა ასეთი ტიპის ქვაზე.

პანკისის დიაბაზის საბადოს მარაგი დიდია 4-5 მლნ კუბ. მეტრი. საშუალო მომპოვებელი საწარმოს სავარაუდო წლიური ოპტიმალური დატვირთვაა 20 000 მ³. ამ ტემპით ათვისების პირობებში პანკისის დიაბაზის საბადო ექსპლუატაციაში 200 წელი იქნება. არსებულ საბადოში დიაბაზის ქანი ხასიათდება ლამაზი გარეგნული ფაქტურით და წარმოადგენს მოსაპირკეთებელი ქვის ფილების დასამზადებელ შესანიშნავ ნედლეულს.

საბადოს მარაგები ვიზუალური შეფასებით რამოდენიმე მლნ მ³ შეადგენს, ამასთან საბადო ხასიათდება ხელსაყრელი სამთო-ტექნოლოგიური და ჰიდროლოგიური პირობებით. მიდამოები დაფარულია დიდი ზომის კაჭრებით (ლოდებით), რაც აადვილებს წინასწარი სამუშაოების ჩატარებას, ქვის ზოგადი ხარისხის შესწავლისათვის.

პანკისის დიაბაზის ქვის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები:

- სიმკვრივე – 3,07 გრ/მ³;
- სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას 311 მპა;
- წყლისშთანთქვა – 0,1 %;
- ყინვამედეგობა – 100 მდე ციკლი;
- ცვეთადობა – 0,07 გრ/მ³;
- ცეცხლგამძლეობა 1500-1700°C.

ბაზალტის უწყვეტი ბოჭკოს მისაღებად საჭირო ნედლეული გახლავთ უშუალოდ სამთო ტიპის ბაზალტი. ბოჭკოს მიღება ხდება ისეთი ნედლეულისგან, რომელსაც გააჩნია მაღალი პლასტიკური დნობა. სანამ მოხდება ბაზალტის გადნობა აუცილებელია მისი დანაწილება საჭირო ფაქციის მიღებამდე, რომელიც შეადგენს 5-12 მმ. ამის შემდეგ ხდება ბაზალტის ღორღის გარეცხვა, რის შედეგადაც ხდება ფრაქციის მცირე ნაწილაკების და მტვრისგან გასუფთავება. შემდეგი პროცესი გახლავთ ღორღის საჭირო მდგომარეობამდე გამშრალება, ეს ხდება ან ბუნებრივი გზით, ან/და საჭიროების შემთხვევაში სპეციალური სავენტილაციო

დანადგარების მეშვეობით. ამის შემდეგ, ხდება ბაზალტის ღორღის ჩატვირთვა შესაბამის ბუნკერში, რომელიც დამონტაჟებულია ლუმელზე.

ცხრილი №2

კავკასიონის დიაბაზის ქიმიური შემადგენლობა (წონა %):

№	კომპონენტი	1	2	3	4	5	6	7	8
1	SiO ₂	53.9	53.3	52.01	51.84	52.31	52.94	51.75	47.25
2	TiO ₂	1.04	0.90	0.98	0.98	0.89	0.93	1.03	3.50
3	Al ₂ O ₃	2.77	2.35	3.22	2.99	3.30	3.08	3.02	5.69
4	FeO	5.30	5.18	6.34	7.20	5.40	5.71	6.73	6.75
5	MnO	0.13	0.12	0.20	0.18	0.15	0.16	0.16	0.1
6	MgO	16.89	17.00	14.43	14.12	15.01	14.87	14.54	19.00
7	CaO	21.51	21.41	22.48	22.10	22.66	22.26	22.54	10.80
8	Na ₂ O	0.58	0.40	0.81	0.67	0.57	0.86	0.72	3.50
9	K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.01	0.01	0.39
10	ჯამი	102.13	100.67	100.48	100.29	100.29	100.81	100.49	96.98

ბაზალტის ღორღის დნობისას ლუმელი მუშაობს უწყვეტ რეჟიმში. ბაზალტის გადნობის შემდეგ, ცხელი ლავა ჩაედინება შესაბამის ფიდერში, ფორმირდება მასში და შესაბამისი დამუშავების შემდეგ მიიღება ბაზალტის უწყვეტი ბოჭკო. ბაზალტის ბოჭკოს დნობა ხორციელდება 1500±50°C ტემპერატურაზე. შემდეგი ეტაპი გახლავთ მიღებული ბოჭკოს დამუშავება შესაბამისი შემკვრელით და მისი ფორმირება როგორც უწყვეტი ძაფი. სურათზე 14 მოცემულია ბაზალტის ბოჭკოს გრაფიკული გამოსახულება.



სურ. 14 ბაზალტის ბოჭკო

ბაზალტის ბოჭკოების მიღებამდე აუცილებელია შემოწმდეს და ლაბორატორიულად დასაბუთდეს ნედლეულის დადებითი თვისებები და მისი გამოყენებისადმი ვარგისიანობა. გამოსაყენებლად ვარგისი ნედლეულებია: უშუალოდ ბაზალტი, ანდეზიტები, დიაბაზები და სხვა. ნედლეული არ უნდა შეიცავდეს უცხო დანამატებს, მაგ: მეტალებს, კვარცს და ქვიშა-თიხოვან ქანებს. ნედლეულის 5 მმ-ზე ნაკლები და 12 მმ-ზე მეტი ზომის ფრაქციის ოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს მთლიანის მასის 10 %.

სურათზე 15 ნაჩვენებია ბაზალტის უწყვეტი ბოჭკოს მისაღებად საჭირო დანადგარი.



სურ. 15 ბაზალტის ბოჭკოს მისაღებად საჭირო დანადგარი

ორგანული შემკვრელი მასალებით შექმნილი საგზაო ფენილების სისწორე დროთა განმავლობაში უარესდება, რის მიზეზიც ნაკვალევის და ტალღების სახით გაჩენილი პლასტიკური და ძვრის დეფორმაციებია. როგორც წესი საგზაო ფენილზე ტალღოვანება და ნაკვალევი არ ჩნდება მეყსეულად, არამედ მშენებლობის დასრულებიდან რამოდენიმე წლის შემდეგ. ამიტომ აუცილებელია, რომ ბიტუმინერალური ნარევების შემადგენლობა შერჩეულ იქნას იმდაგვარად, რომ ძვრის და პლასტიკური დეფორმაციები არ წარმოიქმნას ფენილის მომსახურების მთელ პერიოდში.

საგზაო სამოსების არსებული გაანგარიშების მეთოდებით ბიტუმინერალური ნარევების შერჩევას, ძირითადი ყურადღება ექცევა სიმტკიცის მაჩვენებლებს, ხოლო ცხელი კლიმატისა და მოძრავი

შემადგენლობებისაგან გადაცემული ჰორიზონტალური ძალის ინტენსიური ზემოქმედების გათვალისწინება არ ხდება. აღნიშნული ძალების გავლენა განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია დიდი ქანობების, მრუდე უბნების, გზაჯვარედინებთან და შუქნიშნებთან მისასვლელ ადგილებზე, ღერძზე დიდი დატვირთვის მქონე სატრანსპორტო საშუალებების დგომის ადგილებზე და სხვ. ძვრისა და პლასტიკური დეფორმაციები კი წარმოადგენენ საგზაო სამოსზე ტალღების გაჩენის ძირითად მიზეზს.

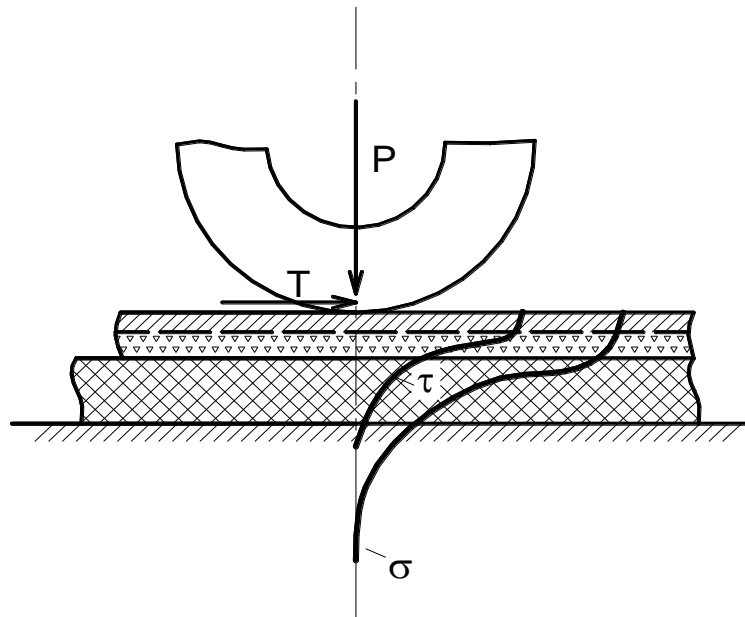
ავტომობილის თვალსა და საგზაო სამოსის ზედაპირს შორის ჰორიზონტალური დატვირთვა წარმოიქმნება ავტომობილის წვევისა და დამუხრუჭების ძალებისაგან სწორ უბნებზე და ცენტრიდანული ძალებისაგან მრუდე უბნებზე.

წვევის ძალის დიდ მნიშვნელობას ავტომობილი ავითარებს ადგილიდან დაძვრისას, რომელიც მოძრაობის სიჩქარის ზრდასთან ერთად სწრაფად კლებულობს. წვევის ძალისაგან გამოწვეული ჰორიზონტალურ დატვირთვას სისტემატური ხასიათი აქვს გზაჯვარედინის უბნებზე, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის დგომის ადგილებსა და დიდი ქანობის მქონე აღმართებზე. ნაკლები ქანობის მქონე უბნებზე წვევის ძალისაგან გამოწვეული ჰორიზონტალური დატვირთვა უმნიშვნელოა ვერტიკალურ დატვირთვასთან შედარებით და სამოსის დაპროექტებისას შეიძლება მისი უგულვებელყოფა.

დამუხრუჭების ძალისაგან გამოწვეული ჰორიზონტალური დატვირთვა მნიშვნელოვან სიდიდეებს აღწევს ფენილის მშრალ ზედაპირზე მკვეთრად დამუხრუჭებისას, განსაკუთრებული სისტემატურობით ადგილი აქვს მკვეთრი დაღმართებისა და გზაჯვარედინებთან მისასვლელ უბნებზე.

ჰორიზონტალური ძალებისაგან გამოწვეული მხები ძაბვები მაქსიმალურ მნიშვნელობებს აღწევენ საგზაო სამოსის ზედა ფენაში და სიღრმის მიხედვით მკვეთრად მცირდებიან (ნახ. 16), ამიტომ მათი გათვალისწინება საჭიროა საგზაო საფარის ძვრისადმი მდგრადობის

განგარიშებისას საფარის ზედა, ორგანული შემკვრელი მასალების გამოყენებით შექმნილ ფენებში.



ნახ. 16 საგზაო სამოსში ჰორიზონტალური და ვერტიკალური P დატვირთვებისაგან გამოწვეული ნორმალური (σ) და მხები (τ) ძაბვების განაწილების ეპიურები

საგზაო სამოსის მუშაობის თავისებურებანი წლიური ციკლის მიხედვით შეიძლება პირობითად დავყოთ სამ ძირითად პერიოდად:

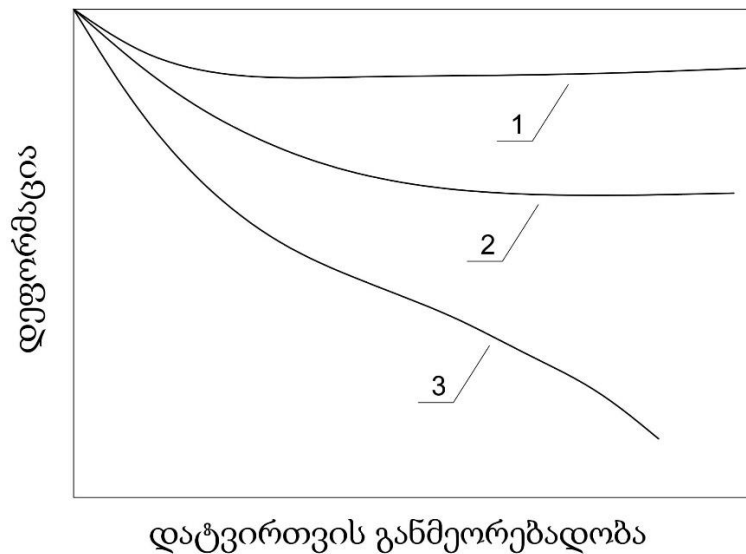
პირველი, „ტენიანი“ პერიოდი (გაზაფხული, შემოდგომა) ხასიათდება საგზაო სამოსის უდიდესი დატენიანებითა და უმცირესი საერთო სიმტკიცით.

მეორე, „ცხელ“ პერიოდში (ზაფხული) გრუნტის საფუძვლის ტენიანობა უმცირესია. აქედან გამომდინარე საგზაო სამოსის საერთო სიმტკიცე მაღალია, თუმცა ორგანული შემკვრელი მასალებისაგან შექმნილი საგზაო სამოსის ზედა ფენების ძვრისადმი მდგრადობა $+55-65^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე საგრძნობლად მცირდება.

მესამე, „ცივი“ პერიოდი (ზამთარი) ხასიათდება გაყინულ მდგომარეობაში მყოფი გრუნტის საფუძვლის მაღალი სიმტკიცით. ამავე დროს ტემპერატურის მკვეთრი დაცემისა და არათანაბარი გაჯირჯვების

პირობებში ადგილი აქვს მონოლითურ ფენებში ტემპერატურული ბზარების გაჩენას.

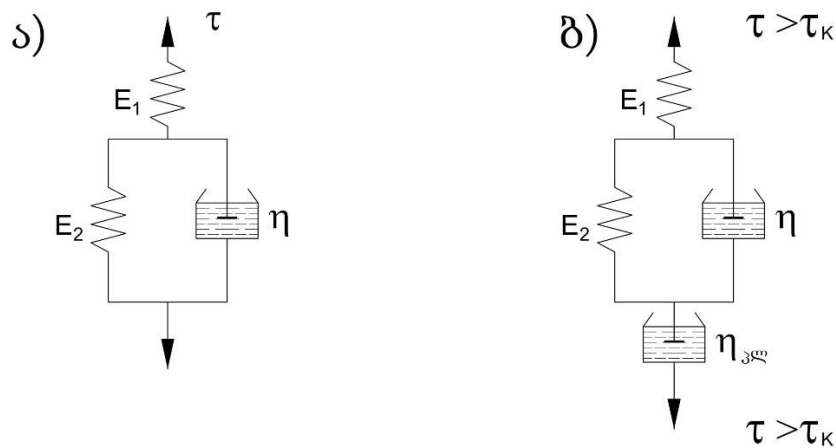
საგზაო სამოსის ექსპლუატაციის პერიოდში დაკვირვებისა და ლაბორატორიული გამოკვლევებისა და გამოცდების შედეგები გვიჩვენებს, რომ არახისტი საგზაო ფენილები საავტომობილო დატვირთვის განმეორებადობის შემთხვევაში მუშაობენ სამი ძირითადი დეფორმაციის სტადიაში: 1) დრეკად-ბლანტი, ელასტიური (უკუქცევადი) დეფორმაციების სტადიაში; 2) მცირე პლასტიკურ დეფორმაციების სტადიაში; 3) დრეკად-ბლანტ-პლასტიკურ სტადიაში. ასეთი ფენილებისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე რეოლოგიური თვისებები, რაც განპირობებულია განმეორებითი და ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვების გავლენით (ნახ. 17)



ნახ. 17 განმეორებითი დატვირთვების დროს საგზაო სამოსის დეფორმირების კანონზომიერება. 1- დრეკადბლანტი, ელასტიური სტადია, 2-მცირე პლასტიკურ დეფორმაციების სტადიაში, 3- დრეკადბლანტპლასტიკურ სტადია

პირველ შემთხვევაში (ნახ 17 – 1 მრუდი) ნარჩენი დეფორმაციები ძალიან მცირეა და ძირითადად განპირობებულია არასაკმარისი დატკეპნით. განმეორებითი დატვირთვების პირობებში დეფორმაციას ადგილი აქვს მხოლოდ საწყის საექსპლუატაციო პერიოდში. შემდგომში კი იკვეთება მხოლოდ უკუქცევის დრეკად-ბლანტ (ელასტიურ) დეფორმაციები. ამგვარი კონსტრუქციების მუშაობის პრინციპული

რეოლოგიური სქემა მოცემულია (ნახ 18 – ა) ნახაზზე. მცირე პლასტიკური დეფორმაციების (ნახ 17 – 2 მრუდი) სტადიაში არასაკმარისი დატვირთვით გამოდინარე დეფორმაციების გარდა ადგილი აქვს მცირე ნარჩენ დეფორმაციებს, რომელიც გამოწვეულია ადგილობრივი ძვრებით. მათი განვითარება გარკვეულ დონემდე ხდება, რის შედეგადაც მყარდება წონასწორობა ძვრის ძაბვებსა და მასალის ძვრისადმი წინააღმდეგობის ძაბვებს შორის. ამ დროს პლასტიკურობის ზონის შემდგომი განვითარება წყდება და დატვირთვების შემდგომი ზემოქმედების პირობებში, საფარი დრეკად მდგომარეობაში მუშაობს. ეს საბოლოო მდგომარეობა ა.მ. კრივისკის მიერ შეფასებულია როგორც ფენილის მეორადი განმტკიცება.



ნახ. 18 რეოლოგიური მოდელები. ა-დრეკად-ბლანტი ბ-დრეკად-ბლანტი-პლასტიკური

დრეკად-ბლანტი-პლასტიკურ სტადიაში უკუქცევადი დეფორმაციებთან ერთად ჩნდება ნარჩენი დეფორმაციები, რომლებიც განპირობებულია გრუნტის საფუძველსა და სამოსის კონსტრუქციულ ფენებში ძვრის დეფორმაციებით, განსაკუთრებით ცხელი კლიმატისა და მთავორიანი რელიეფის პირობებში. ამ ფაქტორს ინტესიური ხასიათი აქვს საგზაო სამოსის ორგანული შემკვრელი მასალებით შექმნილ ზედა კონსტრუქციულ ფენებში. ასეთი კონსტრუქციების მუშაობის სქემა

მოცემულია (ნახ.18 – ბ) ნახაზზე. დატვირთების მრავალჯერადი მოქმედებისას, რომლებიც იწვევენ ძვრის ძაბვებს $\tau > \tau_K$ სადაც τ_K არის პლასტიკურობის ზღვრის ძაბვა, ხდება პლასტიკური დეფორმაციების პროგრესირება (ნახ. 17 – 3 მრუდი), რაც საგზაო სამოსის სისწორის დარღვევასა და საბოლოო ჯამში საფარის დაშლას იწვევს.

2.1.2. კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის

ნარევის ლაბორატორიული კვლევის მეთოდოლოგია

თანამედროვე კვლევითი და მეცნიერული სამუშაოების მიზანია, რომ საავტომობილო გზების მშენებლობაში ბაზალტის ნედლეულისგან წარმოებული ბოჭკოების უფრო ფართო გამოყენება მოხდეს. დიდი ხნის მანძილზე ბაზალტის მასალა ქვიშა-ხრემოვანის შემავსებლად გამოიყენებოდა, მაგარამ მას შემდეგ რაც დამტკიცდა მისი დადებითი თვისებები, შესაძლებელი გახდა ამ მასალის სხვადასხვა მიმართულებით გამოყენება. ბაზალტის ნედლეულისგან წარმოებული მასალა ხასიათდება შემდეგი დადებითი თვისებებით:

- ტემპერატურის მიმართ მდგრადობა, ხანგამძლეობა და ვიბრაციის მიმართ მდგრადობა;
- ეკოლოგიურად უსაფრთხო და არააალებადი;
- ინერტიულობა ქიმიური რეაქციების მიმართ;
- ბუნებაში არსებული დიდი რაოდენობით გამოუყენებელი მარაგი.

ბაზალტის ბოჭკოები მინაბოჭკოვან მასალასთან შედარებით, გამოირჩევა მაღალი სიმტკიცით და დრეკადობის მოდულის მაჩვენებლი 15-20 % მეტია.

ბაზალტის ნედლეულისგან შესაძლებელია ვაწარმოოთ უწყვეტი ძაფის, სხვადასხვა სისქის კომპლექსური ძაფის, ქსოვილური და არაქსოვილური მასალები.

ცხრილში №3 მოცემულია ბაზალტის ქსოვილის და ბოჭკოების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები:

ბაზალტის ქსოვილის და ბოჭკოების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები

თვისება	ბაზალტის ბოჭკო
გამოყენების ტემპერატურა	260 °C–დან 600 °C–მდე
ბოჭკოვანი ელემენტის დიამეტრი	7-17 მკმ
სიმკვრივე	2600-2800 კგ/მ ³
დრეკადობის მოდული	9100-11000 კგ/მმ ²

ბაზალტის ბოჭკოების გამოყენებით ასფალტბეტონის საფარის მოწყობის და სარემონტო სამუშაოების შესრულების ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა ტრადიციულის მსგავსია და არ მოითხოვს რაიმე განსხვავებული სამუშაოების ჩატარებას.

აეროდრომების და საავტომობილო გზების მშენებლობაში დღითიდღე პოპულარობას იძენს სხვადასხვა ტიპის კომპოზიტური მასალები, რომელიც ხშირ შემთხვევებში გამოიყენება რთულ კლიმატურ და საექსპლუატაციო პირობებში (ტემპერატურული ცვლილებები, დინამიური თუ სტატიკური დატვირთვები, სხვადასხვა სახის დეფორმაციები და სხვა). ასფალტბეტონის საფარში შესაძლებელია წარმოიქმნას სხვადასხვა სახის ბზარები, ფენილის ხორკლიანობის ზრდა, ამოფშვნა და სხვა. ნარევში სირთულეს წარმოადგენს გრძელი ელემენტების გამოყენება, რადგან შეუძლებელია მათი სრულყოფილი არევა. იმისათვის, რომ მივიღოთ კომპოზიტური მასალა საჭიროა, მცირე ზომის ბოჭკოვანი ელემენტების შერევა ასფალტბეტონის ნარევში, რათა მოხდეს მათი თანაბარი გადანაწილება. იმისათვის, რომ დამტკიცდეს ბაზალტის ბოჭკოების დადებითი თვისებები და შეირჩეს ის ოპტიმალური ოდენობა, რომელიც გაზრდის ასფალტბეტონის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, საჭიროა მოხდეს საცდელი ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევა. ა(ა)იპ „თბილისის მუნიციპალური ლაბორატორია“-ს კუთვნილ საცდელ-საკვლევ ლაბორატორიაში მომზადდა სხვადასხვა ტიპის ასფალტის ნარევის

ლაბორატორიული ნიმუში. მათი სტრუქტური შემადგენლობა და დანამატების პროცენტული მაჩვენებლები განსხვავდება ერთმანეთისგან.

ლაბორატორიული კვლევა №1: ლაბორატორიული კვლევებისთვის მომზადდა B ტიპის წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნარევი. ნარევის მოსამზადებლად გამოყენებულია ბიტუმის მარკა – БНД 60/90. ცხრილში №4 მოცემული ასფალტბეტონის ნარევის გრანულომეტრია, რომელიც აკმაყოფილებს ГОСТ 9128-84-ის მოთხოვნებს და გაანგარიშებულია 1000 კგ. მასაზე.

ცხრილი №4

B ტიპის ა/ზ ნარევის გრანულომეტრია

მასალის ფრაქცია	გამოყენებული რაოდენობა, კგ
ქვიშა 0-5 მმ	390
ღორღი 5-10	390
ღორღი 10-16	83
ბიტუმი БНД 60/90	57
ფილერი 0,071	80

ასფალტბეტონის ნარევის მოსამზადებლად მასალა გაცხელდა 160–170°C-მდე, ხოლო ბიტუმი მოთავსდა სპეციალურ ლუმელში და გაცხელდა 130-140°C-მდე. ლაბორატორიულ ამრევს მასალა მიეწოდებოდა ეტაპობრივად და მას შემდეგ, რაც მომზადდა ერთგაროვანი მასა – მოთავსდა სპეციალურ შემკვრივებელ დანადგარში და მოხდა მისი დატკეპნა. ცხრილში №5 მოცემულია მარშალის ნიმუშის გამოცდის შედეგები:

ცხრილი №5

B ტიპის ა/ზ ნარევის ნიმუშის გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი წონა	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი	
	კ/სმ ³	%	%	კ/სმ ³

1	2,183	6,5	2.0-7.0	ცდა №1	2,336
2	2,180	6,7		ცდა №2	2,340
საშუალო	2,181	6,6		საშუალო	
ბიტუმის რაოდენობა % მინერალური ნაწილის მასიდან					
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
5,7			5.5-6.5		

ბაზალტის მასალის დადებითი თვისებებიდან გამომდინარე შემუშავდა ასფალტის ნარევის ახალი ტიპი, რომელშიც 0,071 ფრაქციის სახით გამოყენებულია ბაზალტის ფილერი. აღნიშნული მასალა დამზადებულია მარნეულის მუნიციპალიტეტში მოპოვებული ბაზალტის ნედლეულისგან. ქარხანაში არსებული დანადგარები ვარგისია შესაბამისი ბაზალტის ფრაქციის მისაღებად. შესაბამისად, არ არსებობს ახალი ტექნიკის შექმნის ან არსებულის გადაწყობის საჭიროება. ГОСТ 9128-84-ის მიხედვით დამზადდა B ტიპის წვრილმარცვლოვანი ახალი ტიპის კომპოზიტური ასფალტის ნარევი. ნარევის მოსამზადებლად გამოყენებულია ბიტუმის მარკა – БНД 60/90. ნარევი ფრაქციის დასაშვები ზღვარი შეადგენს მასის 6-12%-ს. აქედან გამომდინარე ნარევი ფრაქციის ოპტიმალური ოდენობის დასადგენად ნიმუში №1 მასალის რაოდენობა განისაზღვრა მასის 6%-ით, ნიმუში №2 – 8%-ით, ნიმუში №3-ში – 10%-ით და შესაბამისად, ნიმუში №4 – 12%-ით. ცხრილში №6 წარმოდგენილია ნიმუში №1-ს მინერალური მასალის გრანულომეტრია.

ცხრილი №6

ნიმუში №1 გრანულომეტრია

მასალის ფრაქცია	გამოყენებული რაოდენობა, კგ
ქვიშა 0-5 მმ	410
ღორღი 5-10 მმ	390
ღორღი 10-16 მმ	83
ბიტუმი	57

ბაზალტის ფილერი 0,071 მმ	60
--------------------------	----



სურ. 19 ბაზალტის ფილერი

ლაბორატორიული კვლევის ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა მსაგავსია პირველი ეტაპისა. ცხრილიში №7 ნიმუში №1 ლაბორატორიული კვლევის შედეგები.

ცხრილი №7

ნიმუში №1 გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი წონა	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე	
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი	გ/სმ ³	
	გ/სმ ³	%	%		
1	2,290	5.0	2.0-7.0	ცდა №1	2,424
2	2,292	5.3		ცდა №2	2,420
საშ.	2,291	5.2		საშუალო	2,422
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
5,9			5.5-6.5		

განვიხილოთ ნიმუში №2-ის მინერალური მასალის გრანულომეტრია.

ცხრილი №8

ნიმუში №2-ს მასალის გრანულომეტრია.

მასალის ფრაქცია	გამოყენებული რაოდენობა, კგ
ქვიშა 0-5 მმ	390
ღორღი 5-10	390
ღორღი 10-16	83
ბიტუმი	57
ბაზალტის ფილერი 0,071	80

მარშალის მეთოდის გამოყენებით დადგინდა ახალი ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის საშუალო მოცულობითი წონა, რომელიც 2,366 გ/სმ³ შეადგინა, ხოლო ფორიანობა 2,8%. (დასაშვები ზღვარი 2,0-7,0%). ნიმუშში ბიტუმის რაოდენობა 6,1%—ია (დასაშვები ზღვარი 5.5-6.5%). ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე ცდა №1 2.433 გ/სმ³ და ცდა №2 2.436 გ/სმ³, საშუალო ჭეშმარიტი სიმკვრივე 2.434 გ/სმ³. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში №9.

ცხრილი №9

ნიმუში №2-ის გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი წონა გ/სმ ³	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე გ/სმ ³	
		ფაქტიური %	დასაშვები ზღვარი %		
1	2,369	2.7	2.0-7.0	ცდა №1	2,433
2	2,363	2.9		ცდა №2	2,436
საშ.	2,366	2.8		საშუალო	2,434
ბიტუმის რაოდენობა % მინერალური ნაწილის მასიდან					
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
5,9			5.5-6.5		

მინერალური მასალის გრანულომეტრია

საცერი	დარჩენილი	დარჩენილი	გასული	დასაშ. ზღვარი	
				მინ.%	მაქს.%
მმ	გ	%	%		
20,0	0,0	0,0	100,0	95,0	100,0
15,0	0,0	0,0	100,0	85,0	100,0
10,0	140,5	8,3	91,7	70,0	100,0
5,0	600,2	35,3	56,4	50,0	65,0
2,5	240,1	14,1	42,3	38,0	52,0
1,25	227,7	13,4	28,9	28,0	39,0
0,63	131,8	7,7	21,2	20,0	29,0
0,315	86,5	5,1	16,1	14,0	22,0
0,14	89,0	5,2	10,9	9,0	16,0
0,071	58,9	3,5	7,4	6,0	12,0
0	126,0	7,4			
ჯამი	1700,7				

განვიხილოთ ნიმუში №3–ის მინერალური მასალის გრანულომეტრია.

ცხრილი №10

ნიმუში №3–ის მასალის გრანულომეტრია.

მასალის ფრაქცია	გამოყენებული რაოდენობა, კგ
ქვიშა 0-5 მმ	390
ღორღი 5-10	370
ღორღი 10-16	83
ბიტუმი	57
ბაზალტის ფილერი 0,071	100

მარშალის მეთოდის გამოყენებით ნარევის საშუალო მოცულობითი წონამ 2,376 გ/სმ³ შეადგინა, ხოლო ფორიანობამ 2,5%. (დასაშვები ზღვარი 2,0-7,0%). ნიმუშში ბიტუმის რაოდენობა 6,11%–ია (დასაშვები ზღვარი 5.5-6.5%). ნარევის ჭეშმარიტმა სიმკვრივე (ცდა №1) 2.438 გ/სმ³ და (ცდა №2)

2.436 გ/სმ³, საშუალო სიმკვრივე - 2.437 გ/სმ³. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში №11.

ცხრილი №11

ნიმუში №3-ის გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი სიმკვრივე	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე	
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი		
	გ/სმ ³	%	%	გ/სმ ³	
1	2,383	2.7	2.0-7.0	ცდა №1	2,438
2	2,369	2.9		ცდა №2	2,436
საშუალო	2,376	2.5		საშუალო	2,437
ბიტუმის რაოდენობა					
% მინერალური ნაწილის მასიდან					
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
6,11			5.5-6.5		

განვიხილოთ ნიმუში №4-ის მასალის გრანულომეტრია

ცხრილი №12

ნიმუში №4-ს მასალის გრანულომეტრია

მასალის ფრაქცია	გამოყენებული რაოდენობა, კგ
ქვიშა 0-5 მმ	390
ღორღი 5-10	350
ღორღი 10-16	83
ბიტუმი	57
ბაზალტის ფილერი 0,071	120

მარშალის მეთოდის გამოყენებით ნარევის საშუალო მოცულობითი წონამ შეადგინა 2,385 გ/სმ³, ხოლო ფორიანობა 2,3%. (დასაშვები ზღვარი 2,0-7,0%). ნიმუშში ბიტუმის რაოდენობა 6,0%-ია (დასაშვები ზღვარი 5.5-6.5%). ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე (ცდა №1) 2.440 გ/სმ³ და (ცდა №2) 2.444 გ/სმ³, საშუალო სიმკვრივე 2.442 გ/სმ³. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში №13.

ნიმუში №4-ის გამოცდის შედეგები

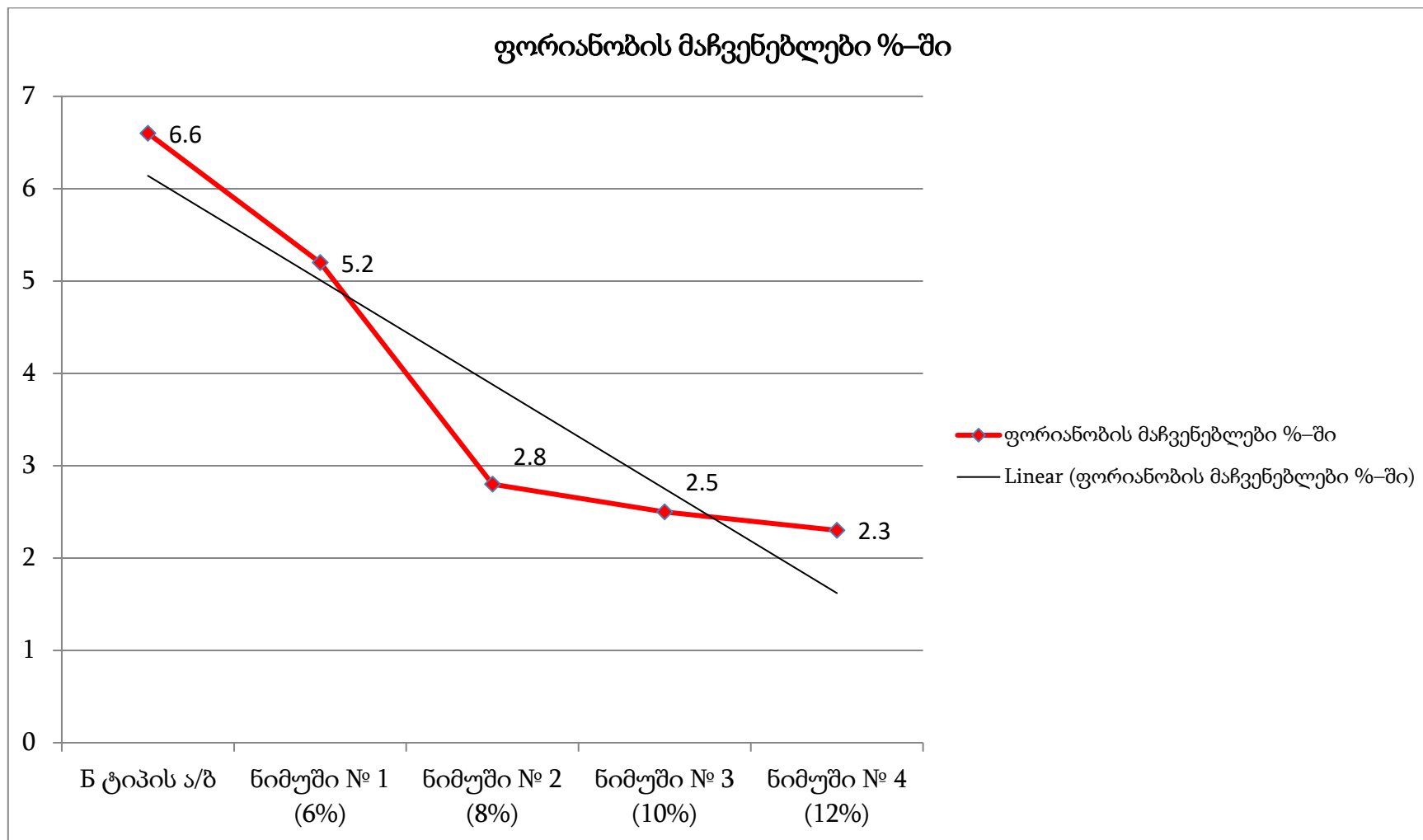
№	მოცულობითი წონა	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე	
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი		
	გ/სმ ³	%	%	გ/სმ ³	
1	2,371	2.7	2.0-7.0	ცდა №1	2,440
2	2,399	2.9		ცდა №2	2,444
საშუალო	2,385	2.3		საშუალო	2,442
ბიტუმის რაოდენობა % მინერალური ნაწილის მასიდან					
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
6,0			5.5-6.5		

ცხრილის სახით შევაჯამოთ ლაბორატორიული ცდების მონაცემები:

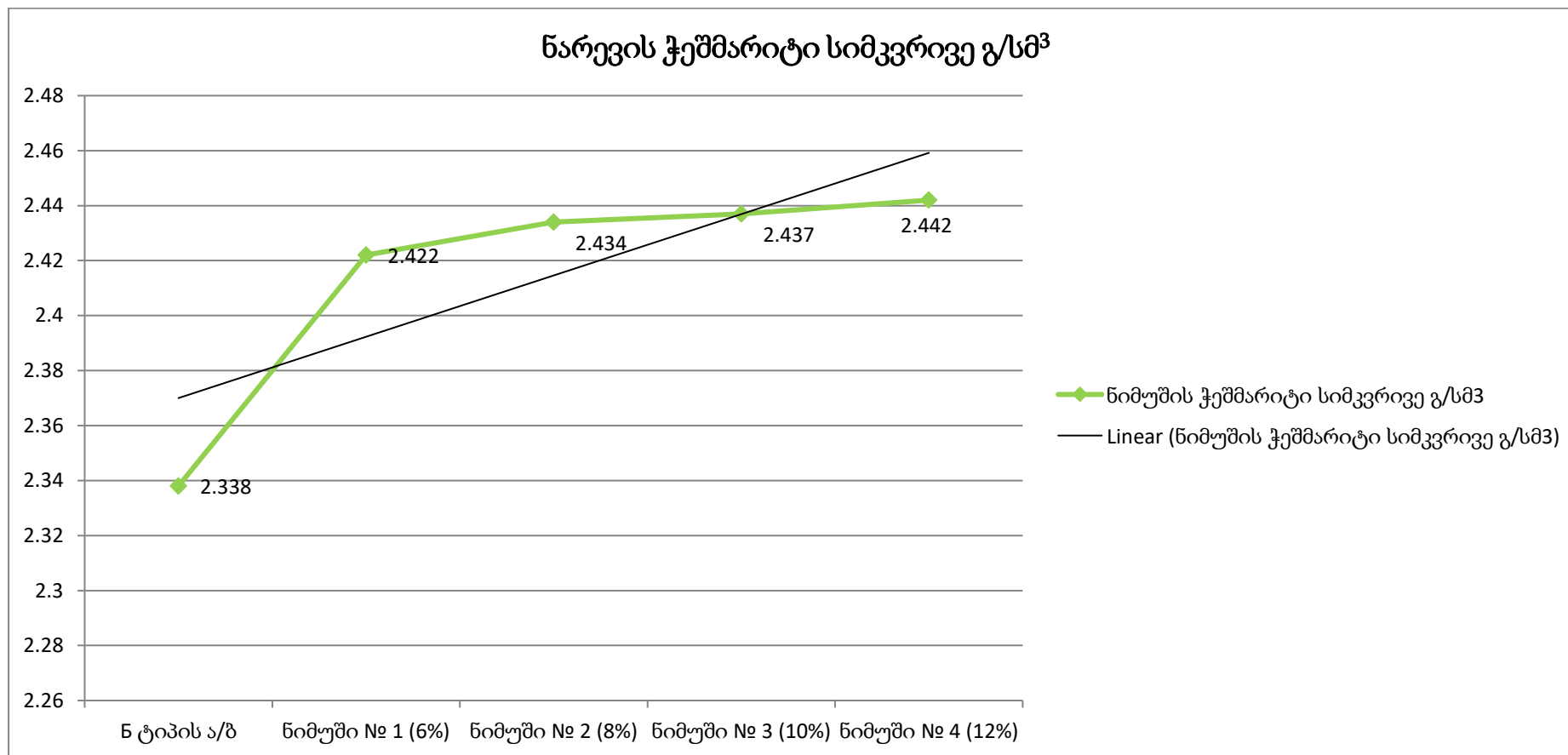
ლაბორატორიული კვლევების №1-ის შეჯამება

№	ნიმუში	მოცულობითი წონა გ/სმ ³	ფორიანობა % (დასაშვები 2.0-7.0 %)	ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე გ/სმ ³
1	Б ტიპის ა/ზ	2,181	6,6	2,338
2	ნიმუში №1 (6% ფილერი)	2,291	5,2	2,422
3	ნიმუში №2 (8% ბაზალტის ფილერი)	2,366	2,8	2,434
4	ნიმუში №3 (10% ბაზალტის ფილერი)	2,376	2,5	2,437
5	ნიმუში №4 (12% ბაზალტის ფილერი)	2,385	2,3	2,442

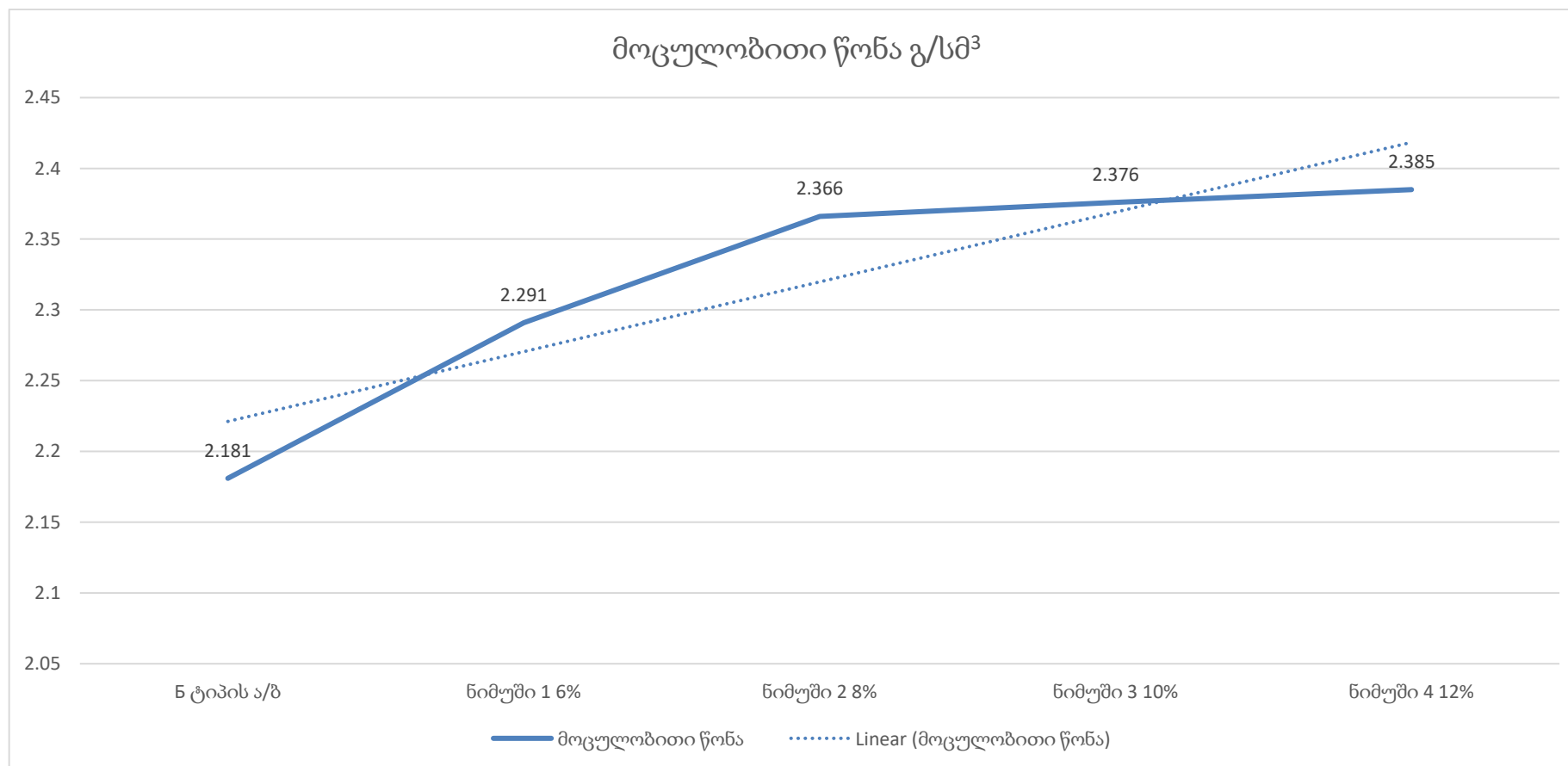
ლაბორატორიული კვლევების №1 შედეგები ფორიანობის მაჩვენებლის მიხედვით



ლაბორატორიული კვლევების №1 შედეგები ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივის მიხედვით



ლაბორატორიული კვლევების №1 შედეგები მოცულობითი წონის მიხედვით



ლაბორატორიული კვლევა №2. მოცემული ლაბორატორიული კვლევა ითვალისწინებს ბაზალტის ბოჭკოს დადებითი თვისებებისა და ნარევში მისი პროცენტული რაოდენობის დადგენას. ასფალტის ნარევში ბაზალტის ბოჭკოს შერევა ხორციელდება სხვადასხვა ხერხით, მაგალითად: პირველი მეთოდი – ბოჭკოს შერევა შესაძლებელია ღორღის და ქვიშის ნარევში და ბოლოს – ბიტუმის დამატება. მეორე მეთოდი – ღორღის და ქვიშის ერთმანეთთან შერევის შემდეგ, ცხელ ნარევში ხდება ბიტუმის და ბოლოს ბაზალტის ბოჭკოს დამატება.

ლაბორატორიული კვლევების ჩატარების მიზნით, დამზადდა წვრილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნარევი I მარკა ტიპი Б ГОСТ 9128-97 –ის მიხედვით. ნარევის მოსამზადებლად გამოყენებულია ბიტუმის მარკა – БНД 60/90. ცხრილში №18 მოცემული ასფალტბეტონის ნარევის გრანულომეტრია, რომელიც აკმაყოფილებს საქართველოში მოქმედი ვადაგაგრძელებულ მოთხოვნებს და გაანგარიშებულია 1000 კგ. მასაზე.

ცხრილი №18

Б ტიპის ა/ზ ნარევის გრანულომეტრია

მასალის ფრაქცია	გამოყენებული რაოდენობა, კგ
ქვიშა 0-5 მმ	390
ღორღი 5-10	390
ღორღი 10-16	83
ბიტუმი БНД 60/90	57
ფილერი 0,071	80

ასფალტობეტონს ნარევის მოსამზადებლად ასფალტის ამრევში მასალა გაცხელდა 160–170°C-მდე, ხოლო ბიტუმი მოთავსდა სპეციალურ ღუმელში და გაცხელდა 130-140°C-მდე.



სურ. 20 ლაბორატორიული აპრევი

ლაბორატორიულ აპრევს მასალა ეტაპობრივად მიეწოდებოდა. ერთგვაროვანი მასის მიღების შემდეგ, მასალა სპეციალურ შემკვრივებელ დანადგარში მოთავსდა და მისი დატკეპნა Heated asphalt roller compactor დანადგარში „EN 12697-33 Bituminous mixtures. Test method. Specimen prepared by roller compactor” სტანდარტის მიხედვით განხორციელდა.

ნიმუშების მომზადებიდან 48 საათის გასვლის შემდეგ ასფალტის ნარევი გამოიცადა ფიქიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებზე. ცხრილში №19 მოცემულია მარშალის ნიმუშის გამოცდის შედეგები:



სურ. 21 Heated asphalt roller compactor

ცხრილი №19

ბ ტიპის ა/ზ ნერევის ნიმუშის გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი წონა	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე	
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი		
	გ/სმ ³	%	%	გ/სმ ³	
1	2,183	6,5	2.0-7.0	ცდა №1	2,336
2	2,180	6,7		ცდა №2	2,340
საშუალო	2,181	6,6		საშუალო	

ბიტუმის რაოდენობა % მინერალური ნაწილის მასიდან	
ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი
5,7	5.5-6.5

ლაბორატორიაში დამზადდა სამი განსხვავებული ტიპის საცდელი ნიმუში, სადაც წინა კვლევებში მიღებულ ბაზალტის 8% ფილერის ასფალტის ნარევის დაემატა ბაზალტის ბოჭკო. ნიმუშში №1 ბოჭკოს რაოდენობა ნარევის მასის 0,1%-ია, ნიმუშში №2 - 0,2%-ია, ხოლო №3-ში - 0,3%-ია. კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის მისაღებად გამოყენებულია შემდეგი სახის ინერტული მასალა (ნარევის რეცეპტი გათვლილია 1000 კგ-ზე):

ცხრილი №20

კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის გრანულომეტრია

№	ინერტული მასალა	რაოდენობა (კგ)	ГОСТ 9128-97 – ის მიხედვით %
1.	ქვიშა 0-5	390	85-100
2.	ღორღი 5-10	390-387	
3.	ღორღი 10-16	83	
4.	ბიტუმი БНД 60/90	57	5,5-7,0
5.	ბაზალტის ფილერი 0,0071	80	6-12
6.	ბაზალტის ბოჭკო 24 მმ	1-3	---

ლაბორატორიაში დამზადდა ახალი ტიპის ბაზალტ-ბოჭკოვანი ნარევი. ნიმუშში №1 დანამატის სახით გამოყენებულია ბაზალტის ბოჭკო მასის 0,1%. ინერტული მასალა მოთავსდა ლაბორატორიულ ამრევში და მასალა გაცხელდა 160–170°C-მდე. გაცხელებულ მასას დაემატა 130-140°C-მდე გაცხელებული ბიტუმი. მას შემდეგ რაც ნარევი მიაღწია ერთგაროვან მასას, ასფალტის ამრევში მოხდა ბაზალტის ბოჭკოს დამატება. მომზადდა ორი საცდელი ნიმუში. მომზადებიდან 48 საათის გასვლის შემდეგ ნიმუშები გამოიცადა მარშალის მოწყობილობაზე. შედეგები მოცემულია ცხრილის სახით:

კომპოზიტიური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის 0,1% ნიმუშის გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი წონა	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე	
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი		
	გ/სმ ³	%	%	გ/სმ ³	
1	2,371	2.7	2.0-7.0	ცდა №1	2,437
2	2,365	2.1		ცდა №2	2,415
საშ.	2,368	2.4		საშუალო	2,426
ბიტუმის რაოდენობა					
% მინერალური ნაწილის მასიდან					
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
5,8			5.5-6.5		

ნიმუში №2 მომზადების და ინერტული მასალების შერევის თანმიმდევრობა №1 მსგავსია, განსხვავება მხოლოდ ბაზალტის ბოჭკოს რაოდენობაშია და შეადგენს 0,2%. შედეგები მოცემულია ცხრილის სახით:



სურ. 22 ასფალტის ამრევი და ბაზალტის ბოჭკო

კომპოზიტიური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის 0,2% ნიმუშის გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი წონა	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე	
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი		
	გ/სმ ³	%	%	გ/სმ ³	
1	2,392	2.3	2.0-7.0	ცდა №1	2,433
2	2,398	2.1		ცდა №2	2,465
საშ.	2,395	2.2		საშუალო	2,449
ბიტუმის რაოდენობა % მინერალური ნაწილის მასიდან					
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
5,9			5.5-6.5		

ნიმუში №3-ის ნარევის მომზადების წესი იდენტურია წინა ნიმუშებისა. ხოლო ბაზალტის ბოჭკოს რაოდენობა მასის 0,3 %-ია. ცხრილი №23 მოცემულია მარშალის ნიმუშის გამოცდის შედეგები.

კომპოზიტიური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის 0,3% ნიმუშის გამოცდის შედეგები

№	მოცულობითი წონა	ფორიანობა		ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე	
		ფაქტიური	დასაშვები ზღვარი		
	გ/სმ ³	%	%	გ/სმ ³	
1	2,410	2,0	2,0-7,0	ცდა №1	2,433
2	2,411	1,6		ცდა №2	2,475

საშუალო	2,410	1,8		საშუალო	2,454
ბიტუმის რაოდენობა % მინერალური ნაწილის მასიდან					
ფაქტიური			დასაშვები ზღვარი		
6,0			5,5-6,5		

ცხრილის სახით შევაჯამოთ ცდების შედეგები:

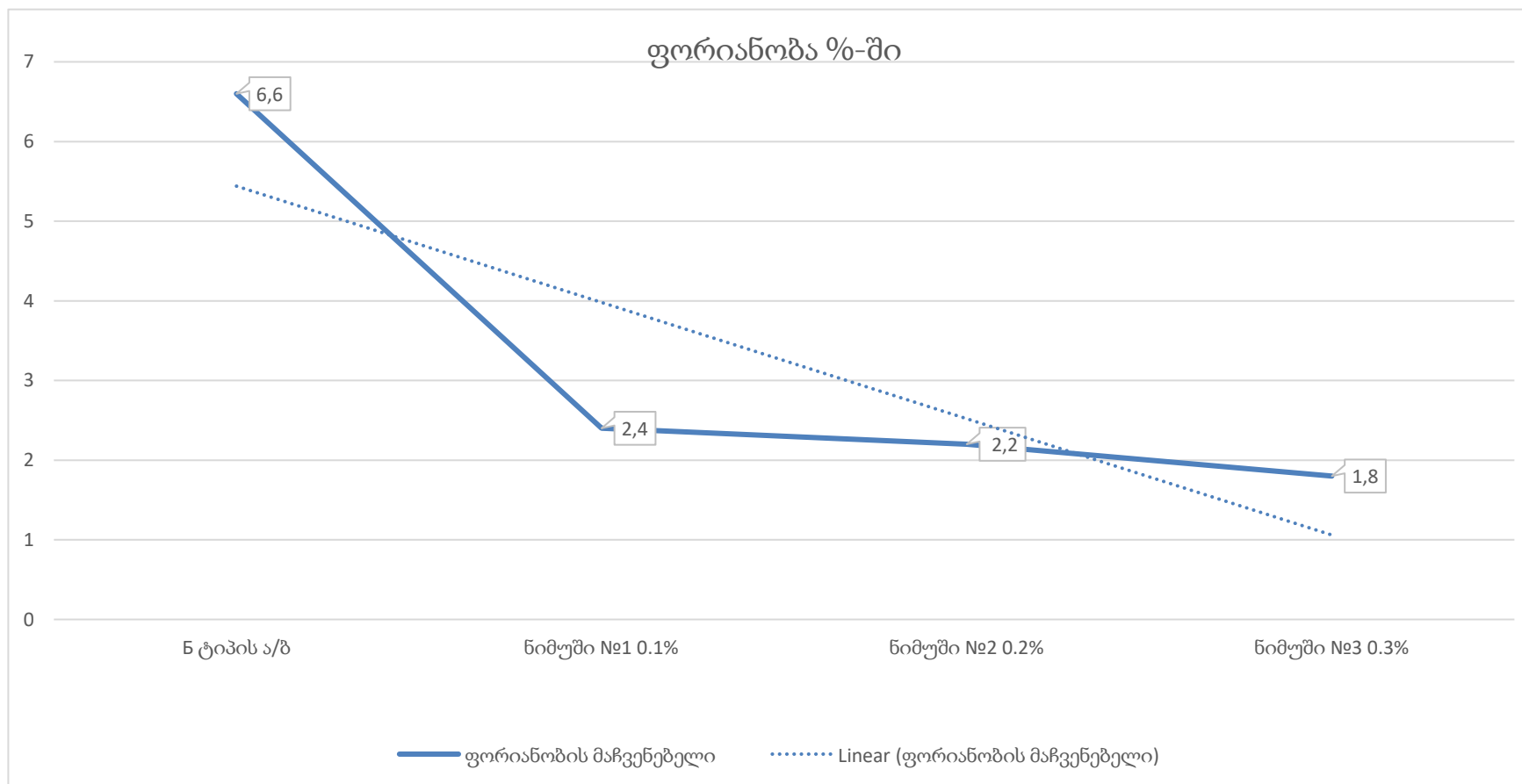
ცხრილი №24

კვლევების შეჯამება

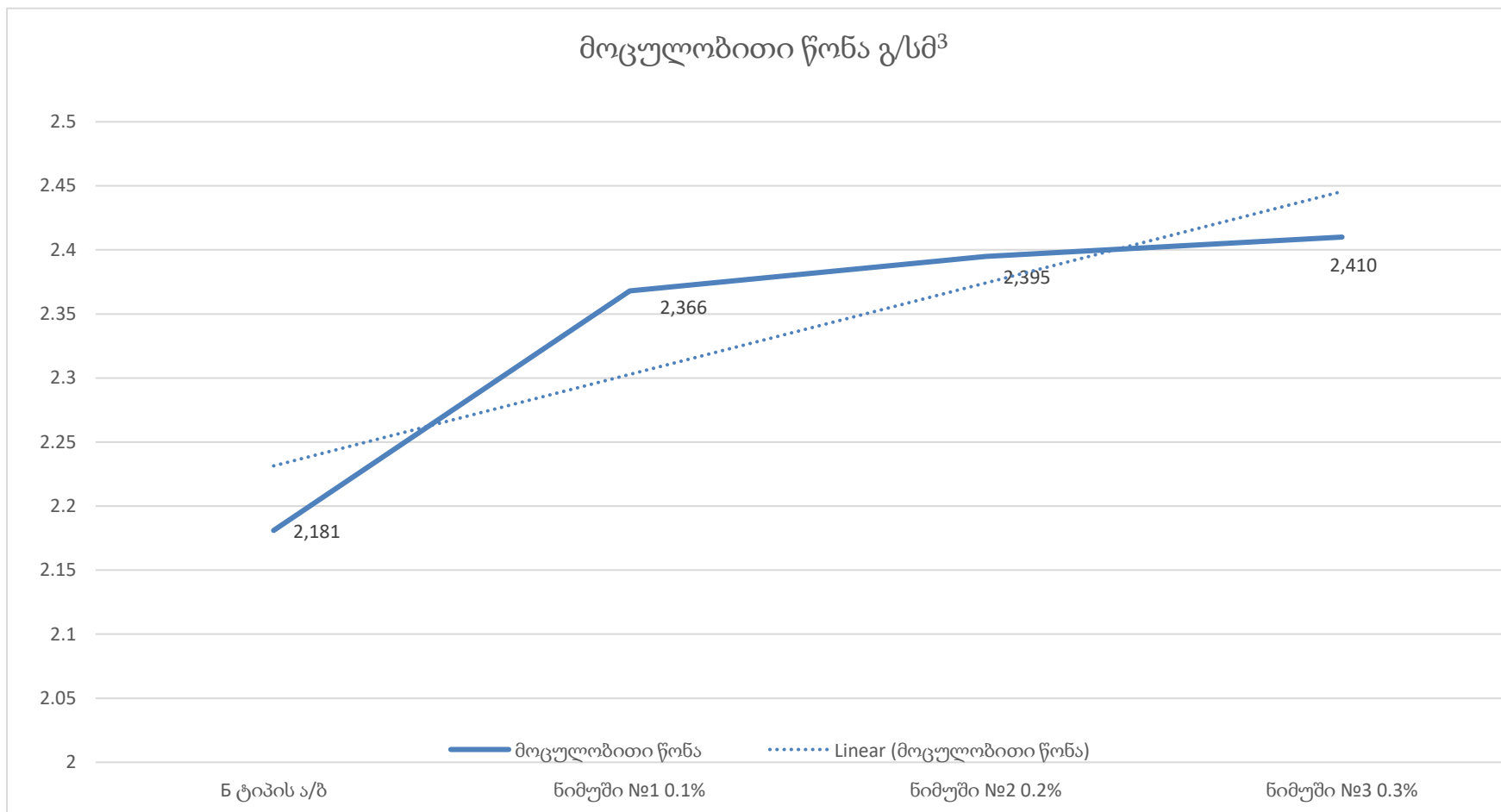
№	ნიმუში	მოცულობითი წონა გ/სმ ³	ფორიანობა (დასაშვები 2.0-7.0 %)	ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივე გ/სმ ³
1	Б ტიპის ა/ზ	2,181	6,6	2,338
2	ნიმუში №1 (0,1 %)	2,368	2,4	2,426
3	ნიმუში №2 (0,2 %)	2,395	2,2	2,449
4	ნიმუში №3 (0,3%)	2,410	1,8	2,454

შევადაროთ მონაცემები გრაფიკის სახით, სადაც ნათლად ჩანს, რომ ნარევი ბაზალტის ბოჭკოს რაოდენობის მატებასთან ერთად, იზრდება მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებიც.

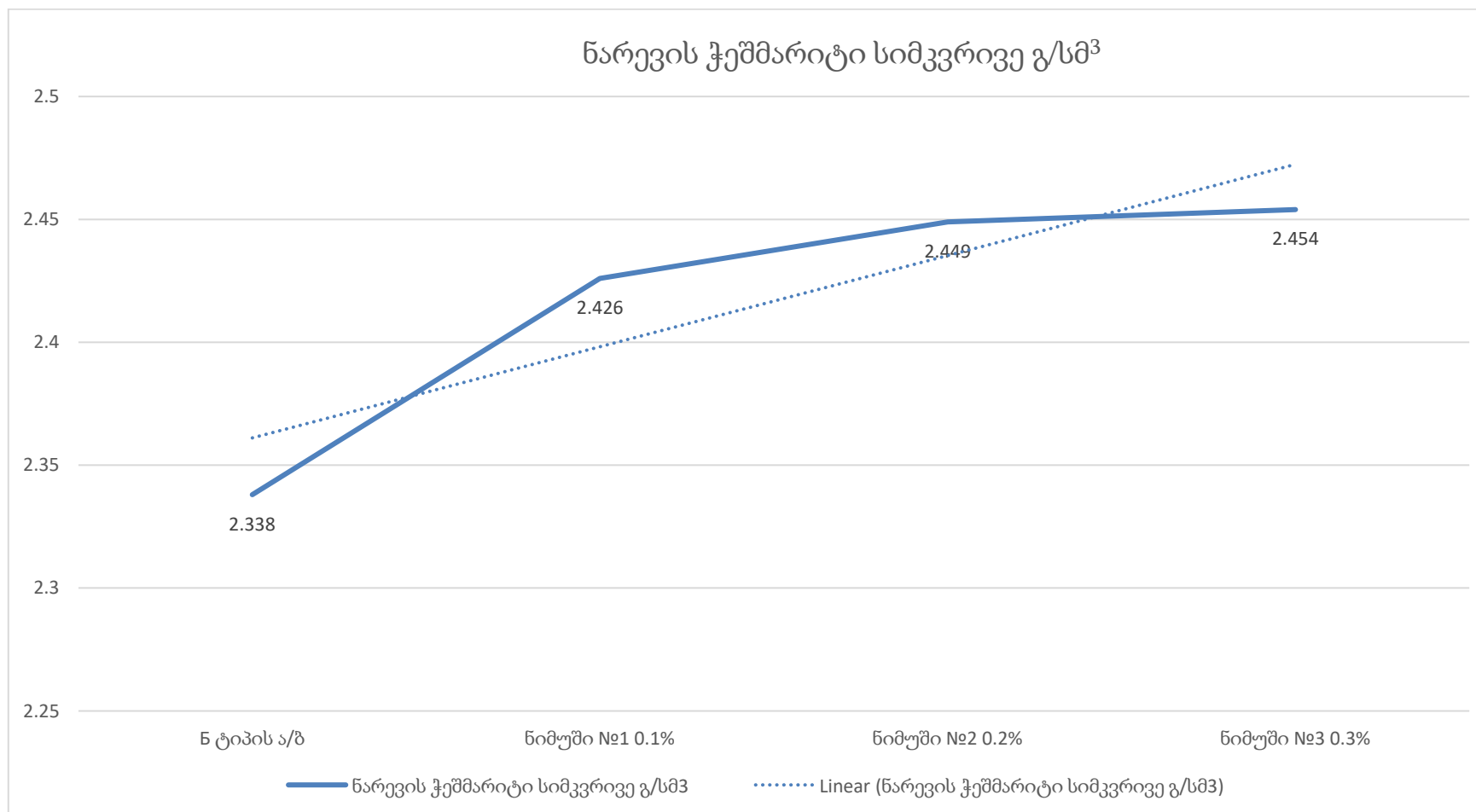
ლაბორატორიული კვლევების №2 შედეგები ფორიანობის მაჩვენებლის მიხედვით



ლაბორატორიული კვლევების №2 შედეგები მოცულობითი წონის მიხედვით



ლაბორატორიული კვლევების №2 შედეგები ნარევის ჭეშმარიტი სიმკვრივის მიხედვით

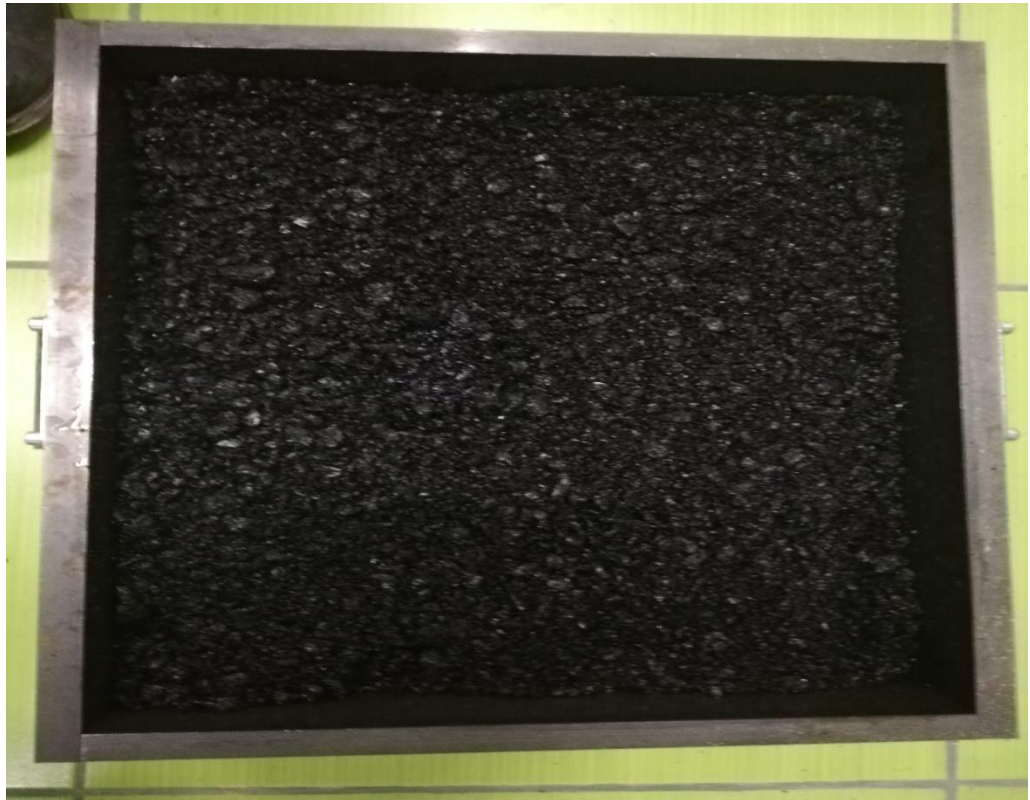


ლაბორატორიული კვლევა №3 კვალის გაჩენაზე. საავტომობილო გზის საფარის მთლიანობა და სწორხაზოვნება - უსაფრთხო მოძრაობის ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია. როგორც მოგეხსენებათ, გზის საექსპლიატაციო პერიოდის განმავლობაში გარდაუვალია საფარის დეფორმაცია და მისი ისეთი დაზიანება, როგორცაა კვალი, ბზარები და ხვრელები, რაც ვერ უზრუნველყოფს ტრანსპორტის უსაფრთხო მოძრაობას. სწორედ Hamburg wheel track მოწყობილობის საშუალებით შესაძლებელია ასფალტის ნარევის ლაბორატორიული გამოცდა კვალის გაჩენაზე. სურათზე 23 ნაჩვენებია Hamburg wheel track მოწყობილობა.



სურ. 23 Hamburg wheel track მოწყობილობა.

ა(ა)იპ თბილისის მუნიციპალური „ლაბორატორია“-ის კვლევით ლაბორატორიაში დამზადდა რვა სხვადასხვა ტიპის ასფალტის ნარევი. AASHTO T324-ის სპეციფიკაციის მიხედვით, შესაძლებელია გამოიცადოს ნიმუში, როგორც ცილინდრის, ასევე ფილის ფორმის. ლაბორატორიაში დამზადდა ფილის ფორმის ნიმუშები ზომებით: 700x500x70 (მმ). სურათზე 24 ნაჩვენებია ნიმუში.



სურ. 24 გამოსაცდელი ნარევის ნიმუში

ცხრილი №28

ლაბორატორიული ნიმუშების ჩამონათვალი:

№	ლაბორატორიული ნიმუში	ნარევის ტიპი/ გამოყენებული მასალა
1	ნიმუში №1	ტრადიციული B ტიპის ა/ბეტონის ნარევი
ახალი კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევი		

2	ნიმუში №2	ბაზალტის ფილერი 6%
3	ნიმუში №3	ბაზალტის ფილერი 8%
4	ნიმუში №4	ბაზალტის ფილერი 10 %
5	ნიმუში №5	ბაზალტის ფილერი 12 %
6	ნიმუში №6	ბაზალტის ბოჭკო 0,1 %
7	ნიმუში №7	ბაზალტის ბოჭკო 0,2 %
8	ნიმუში №8	ბაზალტის ბოჭკო 0,3 %

ნარევის მომზადების წესი და მეთოდის მსგავსია წინა ცდებისა და აღწერილია წინა პარაგრაფებში. დამზადების შემდეგ მოხდა ნიმუშების დატკეპნა სპეციალური Heated asphalt roller compactor დანადგარში „EN 12697-33 Bituminous mixtures. Test method. Specimen prepared by roller compactor” სტანდარტის მიხედვით. აღნიშნული კვლევა ტარდება „EN 12697-22 Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking” სტანდარტის მიხედვით.

მოცემული სტანდარტის მიხედვით ასფალტის ნიმუში თავსდება მოწყობილობაში, სადაც მასზე უნდა გაიაროს პნევმატური საბურავი პროტექტორის გარეშე, რომლის სიგანე 80 ± 5 მმ-ია, ხოლო საბურავის წნევა სრული ცდის განმავლობაში შეადგენს 600 ± 30 კპა. ბორბლის სვლა მიმდინარეობს ნიმუშის ცენტრში 410 ± 5 მმ სიგრძეზე. აღნიშნული სტანდარტის მიხედვით შედეგების შეჯამება შესაძლებელია სულ მცირე 5000 გავლის შემდეგ.

ნიმუშების მოზადებიდან 48 საათის შემდეგ შესაძლებელია მათი გამოცდა. მოცემული ლაბორატორიული კვლევა ყველა ნიმუშისთვის მსგავსია და არ განხვავდება ერთმანეთისგან. ბორბლის სვლამ ყველა ნიმუშისთვის შეადგინა 10000 გავლა (წუთში საშუალოდ 30 სვლა). ნიმუშები გამოიცადა მშრალ მდგომარეობაში და შენარჩუნებული იყო ჰაერის ტემპერატურა $25-30^{\circ}\text{C}$.



სურ. 25 Heated asphalt smartracker

ცხრილი №29

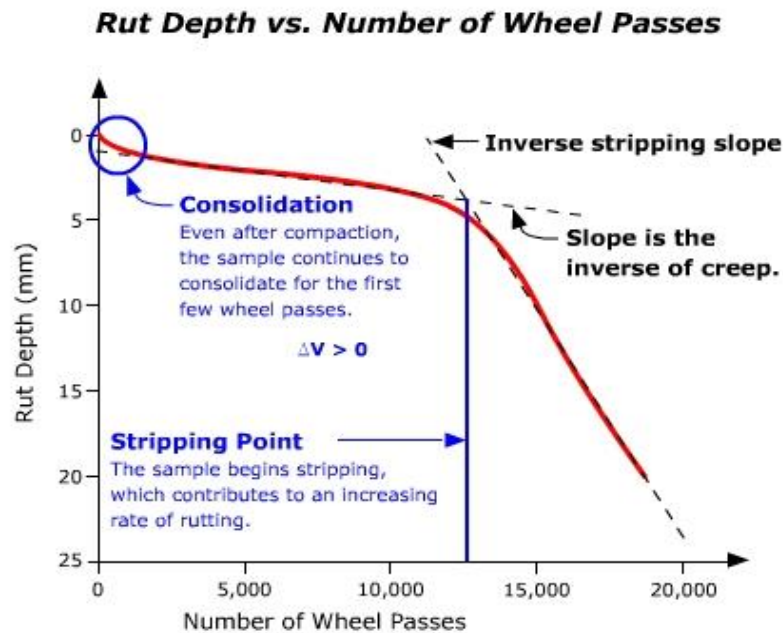
ლაბორატორიული კვლევების №3-ის შედეგები

№	ნიმუში	კვალის სიღრმე მმ 5000 გავლის შემდეგ	კვალის სიღრმე მმ 10000 გავლის შემდეგ
1	ნიმუში №1 B ტიპის ა/ზ	1.76	2.2
2	ნიმუში №2 - 6% ბაზალტის ფილერი	1.63	2.05
3	ნიმუში №3 - 8% ბაზალტის ფილერი	1.14	1.60

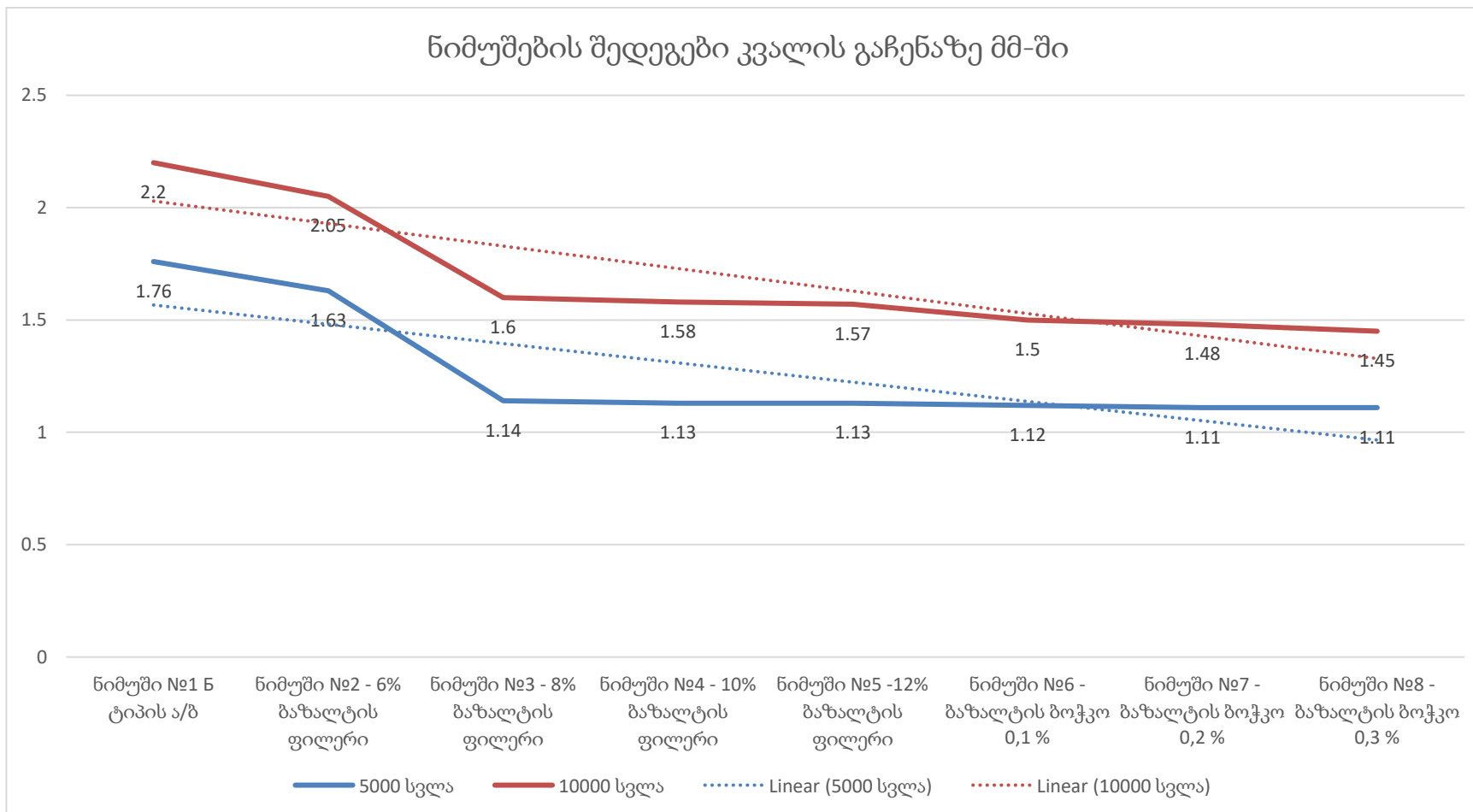
4	ნიმუში №4 - 10% ბაზალტის ფილერი	1.13	1.58
5	ნიმუში №5 - 12% ბაზალტის ფილერი	1.13	1.57
6	ნიმუში №6 - ბაზალტის ბოჭკო 0,1 %	1.12	1.50
7	ნიმუში №7 - ბაზალტის ბოჭკო 0,2 %	1.11	1.48
8	ნიმუში №8 - ბაზალტის ბოჭკო 0,3 %	1.11	1.45

EN 12697-22 - სტანდარტის მიხედვით მოცემულია გრაფიკი, რომლის მრუდი გადმოგვცემს დამოკიდებულებას კვალის სიღრმესა და სვლის რაოდენობას შორის. გრაფიკზე №30 მოცემულია გრაფიკი: Hamburg Curve with Test Parameters.

გრაფიკი №30 Hamburg Curve with Test Parameters



ლაბორატორიული კვლევების №3 შედეგების შეჯამება



2.1.3 არმირებული ასფალტბეტონის ფიზიკურ-მექანიკური

თვისებების კვლევა GOCT 12801-98-ის მიხედვით

ლაბორატორიული კვლევა №4: ლაბორატორიული კვლევის ძირითადი მიზანია დადგინდეს ახალი ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის სიმტკიცისა და დეფორმაციული მახასიათებლების მაჩვენებლები.

GOCT 12801-98 გამოცდის მეთოდის მიხედვით, ასფალტის ნიმუშს აჩერებენ წყლის აბაზანაში ერთი საათის განმავლობაში. ნიმუშის წყლიდან ამოღების და გაშრობის შემდეგ ათავსებენ პრესზე და განსაზღვრავენ მაქსიმალურ მრღვევ ძალას. ხდება სიმტკიცის ზღვრის გამოთვლა, რომელიც არ უნდა იყოს ასფალტბეტონის მარკის ნორმატიულ მნიშვნელობაზე ნაკლები.

ნიმუშის გამოცდა თავისუფალ კუმშვაზე რღვევამდე, სრულებით არ ასახავს ასფალტბეტონის რეალურ მუშაობას საგზაო საფარში (როგორც დაძაბულ-დეფორმაციული მდგომარეობის, ასევე დატვირტვების მოდების ხასიათის თვალსაზრისით).

მსოფლიო საავტომობილო გზების მშენებლობაში ასფალტბეტონის ნიმუშის გამოცდის ერთ-ერთი მეთოდი გულისხმობს გამოცდას მსახველების გასწვრივ კუმშვაზე. ნიმუშის რღვევას იწვევს გამჭიმავი დაძაბულობები, რომლებიც მოქმედებს დიამეტრალურ ვერტიკალურ სიბრტყეში. სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვის დროს პირობითად განისაზღვრება, როგორც მრღვევი დატვირთვისა P და ნიმუშის გვერდითი ზედაპირის ფართობის ნახევრის შეფარდება:

$$R_0 = 2P / \pi dh$$

ცნობილია სხმული ასფალტბეტონის დეფორმაციული მდგრადობის შეფასების მეთოდიკა შტამპის ჩაძირვის (შედწევის) სიღრმის მიხედვით განსაზღვრული დატვირთვის დროს. ამ მეთოდის მიხედვით 100 მმ. დიამეტრის და 50 მმ. სიმაღლის მქონე ცილინდრულ ნიმუშზე 40°C-ზე ხდება შტამპის (დიამეტრი შეადგენს 25.2 მმ-ს) მუდმივი 52.5 N დატვირთვით ზემოქმედება.

მარშალის მეთოდის ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ქვეყნებში. ცდისთვის საჭირო ნიმუშების დამზადება (შემკვრივება) ხდება მარშალის ჩაქურზე. ნიმუში თავსდება ლითონის ცილინდრულ ფორმაში. შემდეგ ფორმა თავსდება მოწყობილობაზე, რომელიც სიმაღლიდან ვარდნილი ტვირთის (ჩაქურის) დარტყმით ნიმუშის შემკვრივებას ახდენს. დარტყმები ხორციელდება დაახლოებით 1 წმ. სიხშირით. 50 დარტყმის შემდეგ ვაბრუნებთ ლითონის ცილინდრს ნიმუშით და კვლავ ვახდენთ მის შემკვრივებას მეორე მხრიდან 50 დარტყმით.

ასფალტბეტონის ნიმუშის გამოცდას ვატარებთ „INFRA TEST“-ის ფირმის უნივერსალურ წნეხზე მარშალის მოწყობილობით.



სურ. 26 მარშალის წნეხი

ლაბორატორიული კვლევისთვის საჭიროა 2 ნიმუში. საორიენტაციოდ ერთ ნიმუშს სჭირდება 1100-1200 გრ. ნარევი. ნიმუშის გეომეტრიული ზომებია: დიამეტრი – 101,6 მმ, სიმაღლე $63,5 \pm 1,0$ მმ. მისი გამოცდა შესაძლებელია ნარევის მომზადებიდან 12-48 სთ-ის გავლის შემდეგ.

კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის ნიმუშების ნუსხა

№	ნიმუში	ნარევის შემადგენლობა
1	ნიმუში №1	Б ტიპის ა/ბ
2	ნიმუში №2	6% ბაზალტის ფილერი
3	ნიმუში №3	8% ბაზალტის ფილერი
4	ნიმუში №4	10% ბაზალტის ფილერი
5	ნიმუში №5	12% ბაზალტის ფილერი
6	ნიმუში №6	ბაზალტის ბოჭკო 0,1 %
7	ნიმუში №7	ბაზალტის ბოჭკო 0,2 %
8	ნიმუში №8	ბაზალტის ბოჭკო 0,3 %

უშუალოდ გამოცდის წინ საცდელ ნიმუშებს ერთი საათის განმავლობაში ათავსებენ წყლის აბაზანაში, $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე. აღნიშნული დროის გასვლის შემდეგ, ნიმუში ამოგვაქვს წყლიდან, ვათავსებთ მას წნეხზე დამაგრებულ მარშალის მოწყობილობაში და ვრთავთ წნეხს. მოწყობილობა აწვება ასფალტბეტონის ნიმუშს და იწვევს მის რღვევას. ნიმუშის დარღვევის მომენტში ხდება დენადობისა და სტაბილურობის მნიშველობების დაფიქსირება. უნივერსალური წნეხი იმართება კომპიუტერში ჩაწერილი სპეციალური პროგრამის საშუალებით, მასში წინასწარ შეგვყავს თითოეული ნიმუშის სიმაღლე. ცდით ხდება დენადობის და სტაბილურობის განსაზღვრა სამ ნიმუშზე. პროგრამის საშუალებით ხდება მონაცემების გრაფიკულად გამოხაზვა და შემდეგ ამობეჭდება.

სტაბილობის მაჩვენებლად P მიიღება მაქსიმალური მრღვევი ძალა, ხოლო პლასტიკურობის პირობით მაჩვენებლად I მიიღება დეფორმაციის მაჩვენებელი, რომელიც ფიქსირდება ნიმუშის რღვევის მომენტში. მარშალის ცდის მიხედვით, გამოითვლება მესამე პარამეტრი – პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A, რომელიც გამოიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$A=10P/I$$

ძვრისადმი მედეგობა ნაწილობრივ ხასიათდება პირობითი პლასტიკურობის 1, ანუ ეგრეთწოდებული დენადობით მარშალის მიხედვით, მაგარამ დენადობა არის ძვისადმი მედეგობის მიახლოებითი მაჩვენებელი, რადგან არ ითვალისწინებს საფარზე მოქმედი დატვირთვების ციკლურობას. მარშალის მიხედვით, ასფალტის ნარევის ნიმუშების დამზადება და შემდგომ გამოცდა ხდება ზემოთ აღწერილი მეთოდიკისა და თანმიმდევრობის მიხედვით.

მარშალის წნეხზე გამოცადა ნიმუშები და თითოეულისათვის განისაზღვრა მაქსიმალური მრღვევი ძალა (სტაბილურობა) P (ნ) და პლასტიკურობის პირობითი მაჩვენებელი (დენადობა) $1 \frac{1}{10}$ მმ. პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A ნ/მმ გამოითვლება ფორმულით: $A=10P/L$.

ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში №33. დანართში მოცემულია მარშალის მეთოდით გამოცდის გრაფიკული თითოეული ცდისათვის (იხ. დანართი №1).

მიღებული შედეგების მიხედვით იზრდება ახალი ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის სტაბილურობა და პირობითი სიხისტე, ხოლო მცირდება დენადობის მაჩვენებელი.

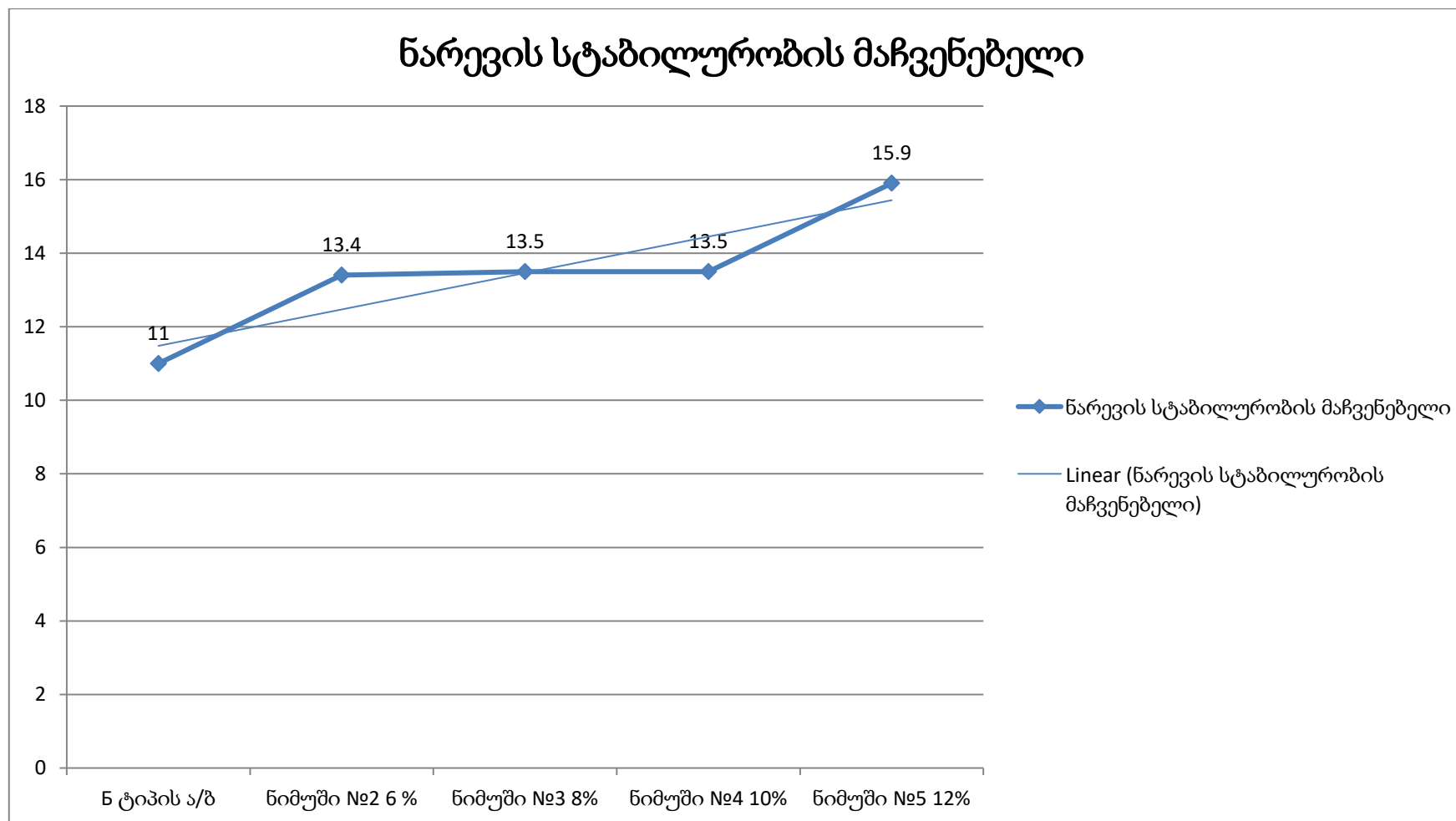
ცხრილში №33

ლაბორატორიული კვლევების №4-ის შედეგები

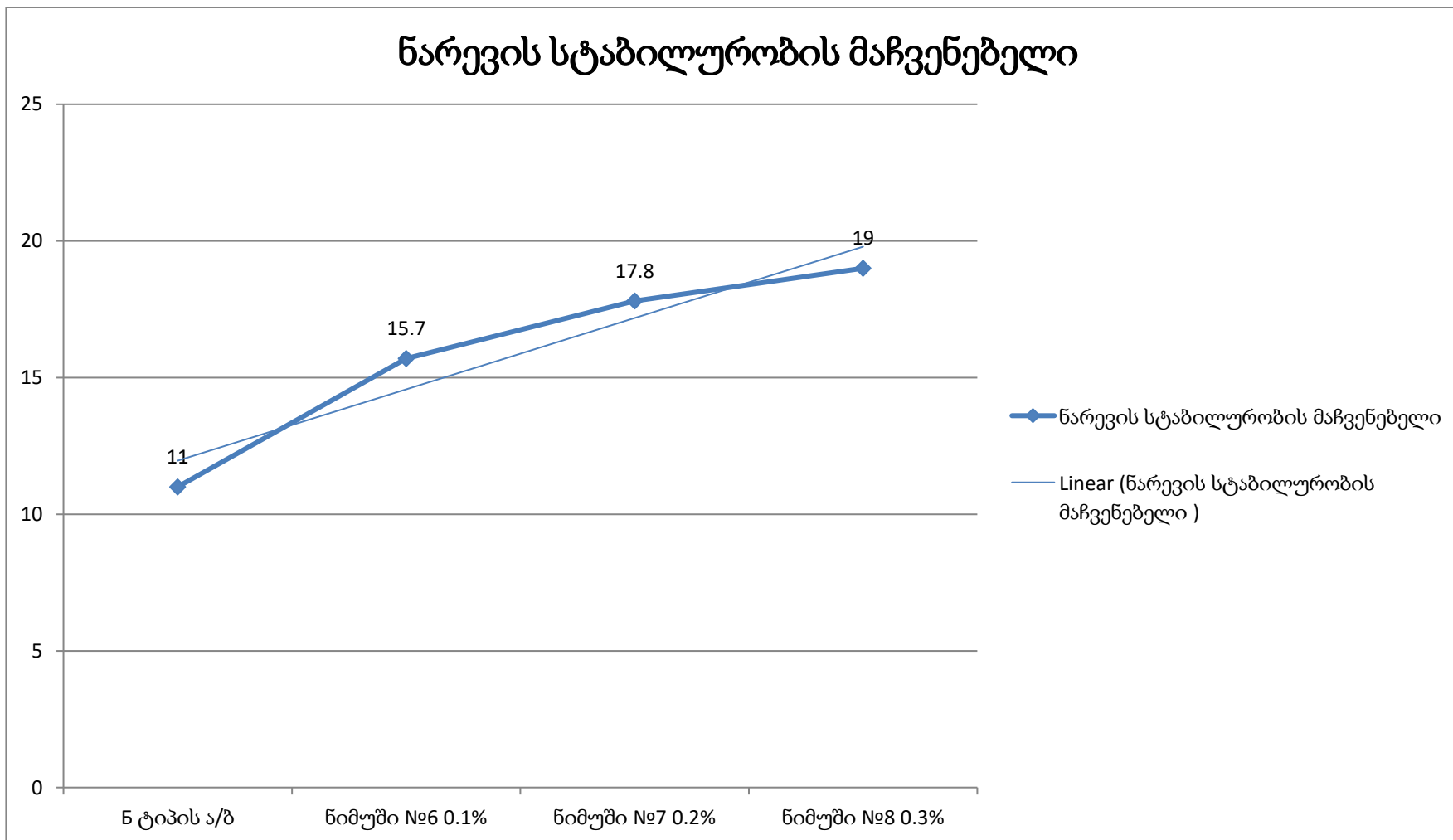
ბაზალტ-ბიჭკოვანი ასფალტის ნარევის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლები მარშალის ცდის მიხედვით								
მაჩვენებლის დასახელება	ბაზალტ-ბიჭკოვანი ასფალტის ნარევის შემცველობა							
ცდის №	ბ ტიპის ა/ზ	6%	8%	10%	12%	0,1%	0,2%	0,3%
მაქსიმალური მრღვევი ძალა (სტაბილურობა) P კნ	11,0	13,4	13,5	13,5	15,9	15,7	17,8	19
პლასტიკურობის პირობითი მაჩვენებელი (დენადობა) $1 \frac{1}{10}$	37	30	30	26	22	28	24	21

(მმ)								
პირობითი სიხისტის მაჩვენებელი A ნ/მმ	2972	4467	4500	5192	7227	5607	7416	9047

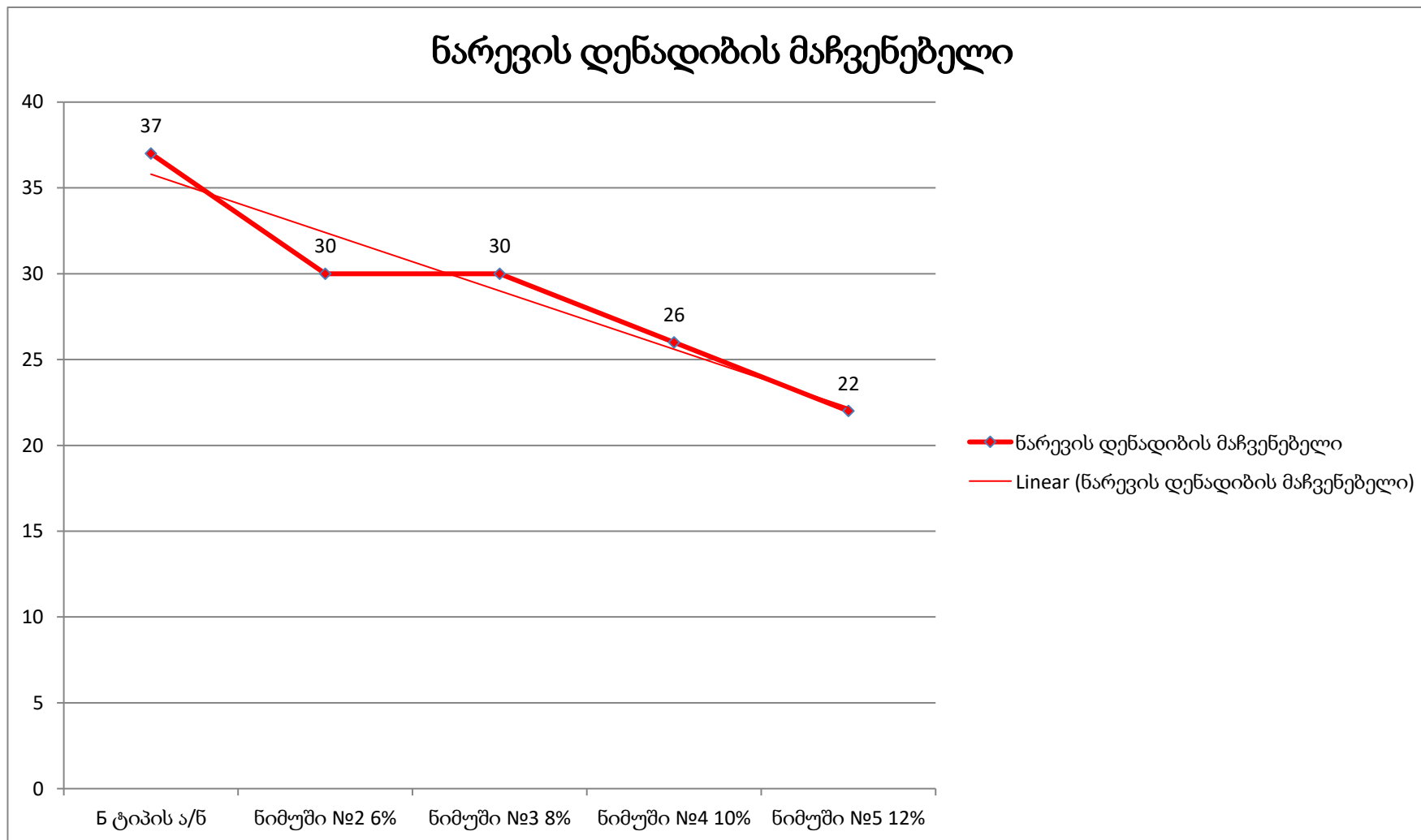
ნარევის სტაბილურობა ბაზალტის ფილერის დამატებით



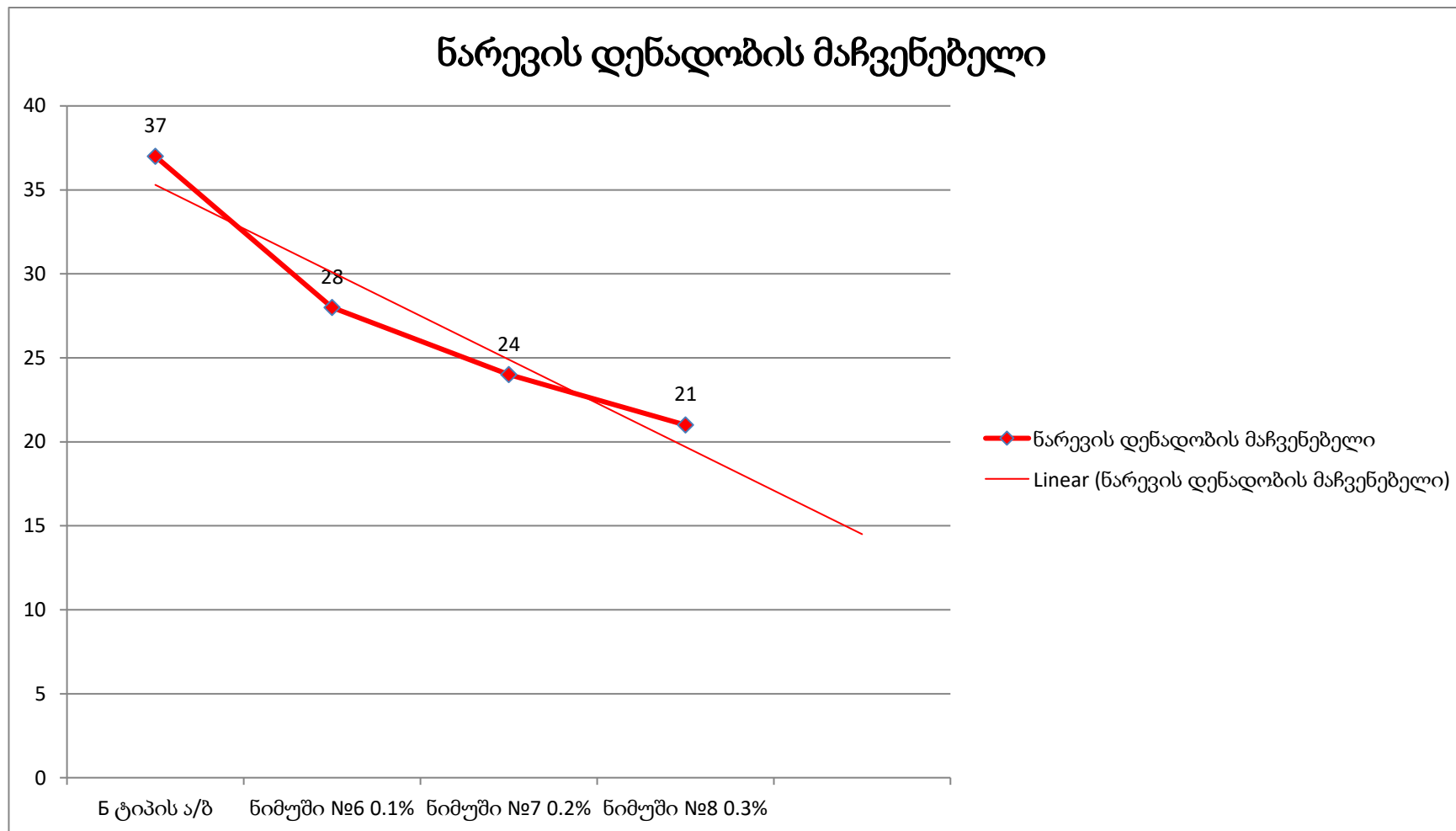
ნარევის სტაბილურობა ბაზალტის ბოჭკოს დამატებით



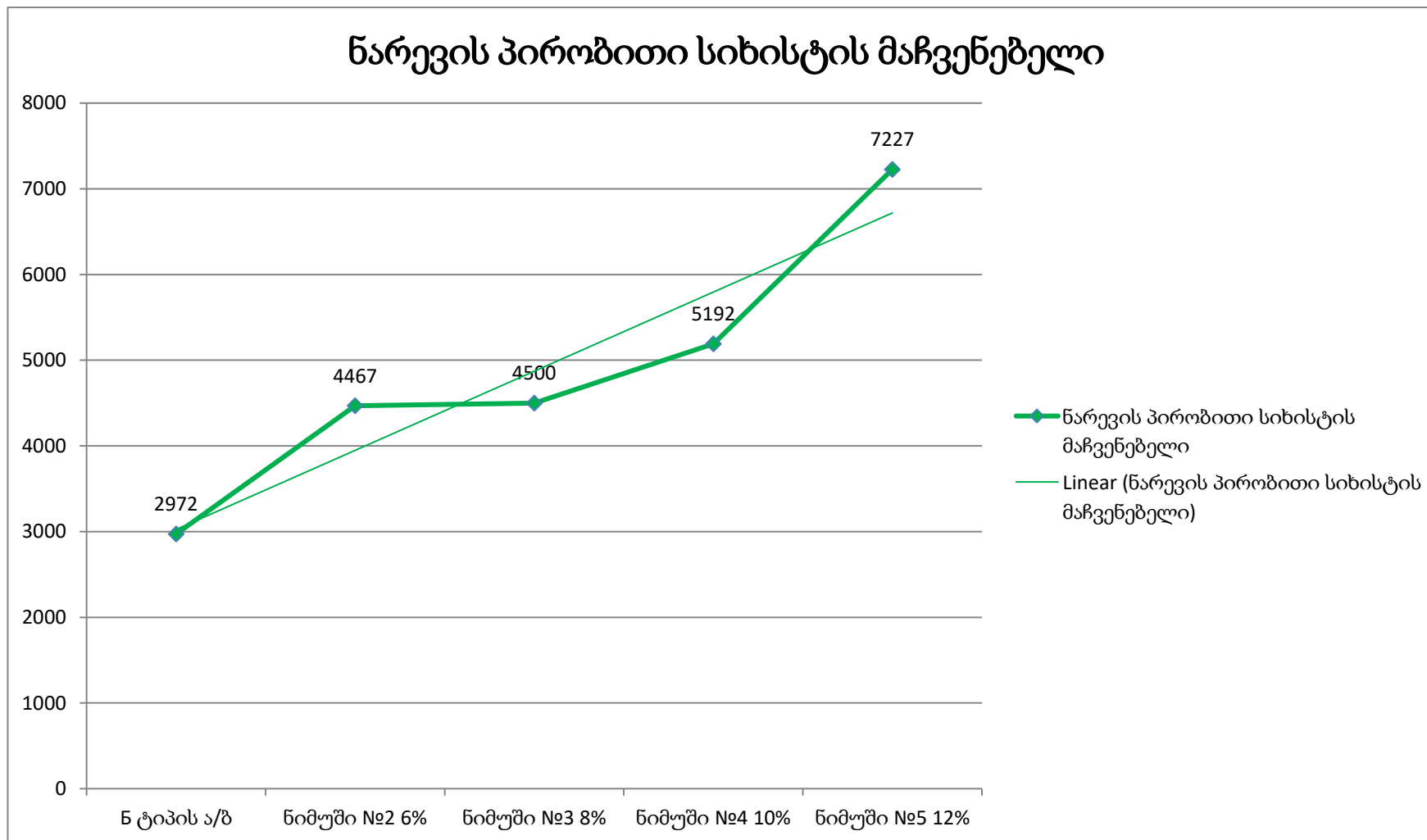
ნარევის დენადობა ბაზალტის ფილერის დამტებით



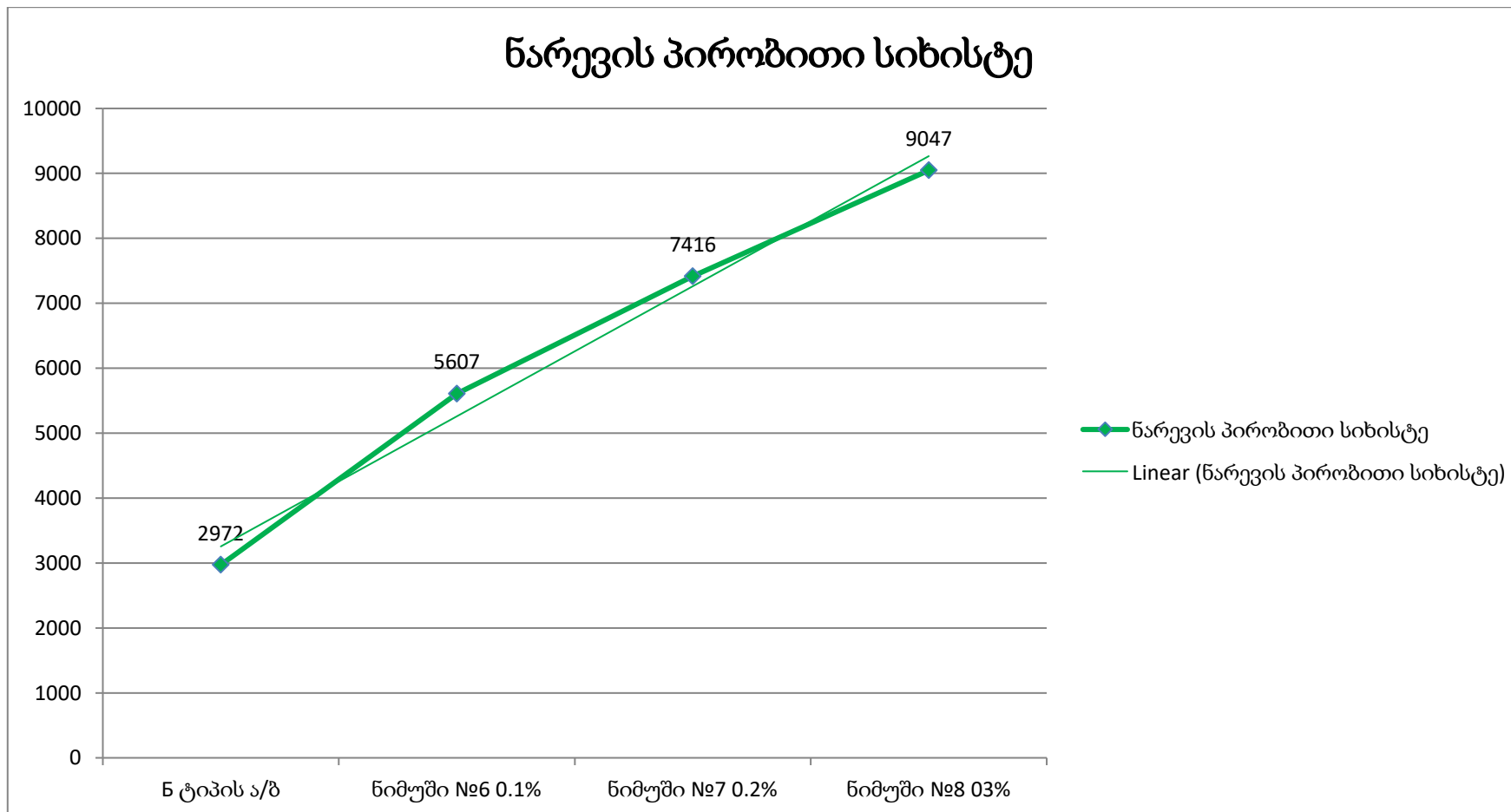
ნარევის დენადობა ბაზალტის ბოჭკოს დამატებით



ნარევის პირობითი სიხისტე ბაზალტის ფილერის დამატებით



წარვევის პირობითი სიხისტე ბაზალტის ბოჭკოს გამოყენებით



თავი III. დასკვნა

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების ჩამოყალიბება:

1. ჩვენს მიერ ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე შემუშავდა ახალი ტიპის კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევი. აღნიშნული ნარევი შინაგანი ბმის ძალებისა და ადგეზიური თვისებების გაზრდის ხარჯზე უზრუნველყოფს გაუმჯობესებულ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს და პლასტიკური (ძვრის) დეფორმაციებისადმი მდგრადობას.
2. ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ასფალტის ნარევი ბაზალტის ფილერის და ბოჭკოს შერევის შედეგად წარმოიქმნება ერთგავოვანი მკვრივი ნარევი, რომელიც საფარის დიდ ფართობზე ითვისებს და ანაწილებს სატრანსპორტო საშუალებების მიერ გადაცემული დინამიკური დატვირთვისგან აღძრულ ძაბვებს. ნარევი ბაზალტის ფილერის შერევისას მცირდება ფორიანობა, რაც უზრუნველყოფს ავტომობილის საბურავის მიერ ნაკვალევის წარმოქმნისადმი მდგრადობას და ზედაპირული წყლების აცილებას.
3. ჩვენს მიერ ჩატარებული ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის შედეგად, დადგინდა ასფალტის ნარევი ბაზალტის ფილერის ოპტიმალური რაოდენობა. ნარევი ბაზალტის ფილერის 8,0%-ის და ბოჭკოს 0,1%-ის დამატება აუმჯობესებს ერთი მხრივ, ნარევის ტექნიკურ და ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებს და მეორე მხრივ, უზრუნველყოფს მინიმალურ ფინანსურ დანახარჯებს.
4. ტრადიციულ ასფალტბეტონთან შედარებით ჩვენს მიერ წარმოდგენილ ახალი ტიპის ბაზალტ-ბოჭკოვან ნარევი ფორიანობის მაჩვენებლის 40%-ით გაუმჯობესების შედეგად მდგრადი ზედაპირული ფენა წარმოიქმნება, რომელიც საექსპლუატაციო პერიოდის განმავლობაში უზრუნველყოფს საგზაო სამოსის

კონსტრუქციის ავტომობილის საბურავის ნაკვალევსადმი 1,5-ჯერ მეტ მდგრადობას და წყლის შეღწევისგან დაცვას.

5. ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე დასტურდება, რომ ნარევის სტაბილურობის მაჩვენებელი იზრდება 23%-ით, ხოლო დენადობის მაჩვენებელი მცირდება 30%-ით.
6. ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ჩვენს მიერ შემუშავებული ახალი კომპოზიტური ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის ნარევის გამოყენებისას იზრდება საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო მომსახურების ვადები. ნარევის კვალის გაჩენაზე ლაბორატორიულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ აღნიშნული მაჩვენებელი 20-25 %-ით გაუმჯობესებულია.

გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა

1. Бурмистрова О.Н. Воронина М.А. „Применение Геосинтетических и геопластиковых материалов в дорожном строительстве”. г. Ухта, изд. УГТУ, 2012 г. стр.7-39;
2. Бикчантаев Р.Ф. Реферат „Новые технологии в дорожном строительстве” г. Тюмен, изд. ТТС, 2011г. стр. 9-18;
3. Матвеев С.А. Сиротюк В.В. „Использование Геосинтетических материалов для армирования дорожных конструкций”. г. Ханты-мансийск, изд. Департамент образования и науки Ханты-мансийского автономного округа-Югры, 2010 г. стр. 8-47, стр. 345-353;
4. Кашина Н.И., Баранов А.Ю. „Методика испытаний геосинтетических материалов”. г. Санкт-Петербург, изд. Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна, 2011 г. стр. 45-48;
5. ОДМ 218.5.006-2010 „Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожном отрасли”. г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-65;
6. ОДМ 218.046-01,„Проектирование нежестких дорожных одежд”. г. Москва, изд. Государственная служба дорожного хозяйства Министерства Транспорта РФ, 2001 г. стр. 1-148;
7. ОДМ 218.1.052-2002,„Оценка прочности нежестких дорожных одежд”. г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2002 г. стр. 1-40;
8. ОДМ 218.5.003-2010 „Рекомендации по применения геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-141;
9. ОДМ 218.5.001-2009 „Методические рекомендации по применению геосеток плоских георешеток для армирования асфальтобетонных

- слоев усовершенствованных видов покрытий капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-82;
10. ОДМ 218.5.006-2010, „Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожном отрасли”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2010 г. стр. 1-71;
 11. „Методические рекомендации по применению технологии армирования асфальтобетонных покрытий рулонными базальтоволнистыми материалами при строительстве и ремонте автомобильных дорог”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2001 г. стр. 1-18;
 12. „Рекомендации по выявлению и устранению колея на нежестких дорожных одеждах”.г. Москва, изд. Министерства Транспорта РФ (Росавтодор), 2002 г. стр. 1-181;
 13. ГОСТ 9128-97 - „Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия” г. Москва, Межгосударственный стандарт, 2001 г. стр. 1-34;
 14. ГОСТ 12801-84, „Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, Асфальтобетон и Дегтебетон методы испытаний” г. Москва, Государственный стандарт союза ССР, 1985 г. стр. 1-38;
 15. ГОСТ 32825-2014 - „Дороги автомобильные общего пользования, ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ, Методы измерения геометрических размеров повреждений” г. Москва, Межгосударственный стандарт, 2015 г. стр. 1-14;
 16. EN 12697-22, „Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking”

17. EN 12697-33 „Bituminous mixtures. Test method. Specimen prepared by roller compactor”
18. საქართველოს ინდუსტრიული გაბვითარების ჯგუფი, „პანკისის დიაბაზის მოპოვება” საქართველოს ეკონომიკის და მდგრადი განვითარების სამინისტრო, 2015 წელი, გვ. 30–33;
19. Сиротюк В.В., Крашенинин Е.Ю. „Армирование асфальтобетонного покрытия геосинтетическими материалами”, „Инновации в строительстве Дороги” 2010 г. №7, стр. 36-40;
20. Сумчук Е.Н. „Нормативная база герсинтетических материалов: перспективы развития”, „Инновации в строительстве Дороги” 2014 г. №34, стр. 18-19;
21. Марков В.О. Егоров А.В. „Современные подходы к конструированию и расчету дорожных одежд”, „Инновации в строительстве Дороги” 2014 г. №34, стр. 21-24;
22. Краюшкина Е.В. Химерик Т.Ю. „Армирующие и композитные материалы на основе БНВ в дорожном строительстве”, „Композитный мир” 2017 г. №5(74);
23. Андронов С.Ю., Трофименко Ю.А. „Влияние температурного режима приготовления композитных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей на показатели качества”, „Фундаментальные исследования” 2016 г. №3;
24. <https://www.geosynthetica.net> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 12.11.2019 წელი;
25. Армирование асфальтобетонных покрытий - <http://miakom.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019;
26. პ. ნადირაშვილი, თ. მენაქარიშვილი, ზ. მელაძე ი. ურუშაძე „ არმირებული ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუმჯობესება” „მშენებლობა”, 2019 წ. №2(51);

27. პ. ნადირაშვილი, თ. მენაქარიშვილი, ზ. მელაძე ი. ურუშაძე „არმირებული ასფალტბეტონის ნარევის გამოყენება საავტომობილო გზების მშენებლობაში”, „მშენებლობა”, 2018 წ. №2(49);
28. ი. ურუშაძე „გეოსინთეტიკური მასალები – ინოვაციები თანამედროვე საავტომობილო გზების მშენებლობაში” „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა”, 2017 წ. №2(39);
29. <https://www.azproektstroy.ru> - უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 13.11.2019 წ.
30. <http://www.polyline.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 13.11.2019 წ.
31. <https://studbooks.net> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 13.11.2019 წ.
32. <https://geo-sm.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 14.11.2019 წ.
33. <http://www.gosthelp.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.11.2019 წ.
34. <http://www.road-stroy.com> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.11.2019 წ.
35. <http://www.areangeo.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.11.2019 წ;
36. <https://www.geosynthetica.com> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;
37. <http://www.trans-mix.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;
38. <https://www.geonovation.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;
39. <https://www.geoplenka.ru> – უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.11.2019 წ;

დანართი №1

მარშალის მეთოდით ბაზალტ-ბოჭკოვანი ასფალტის

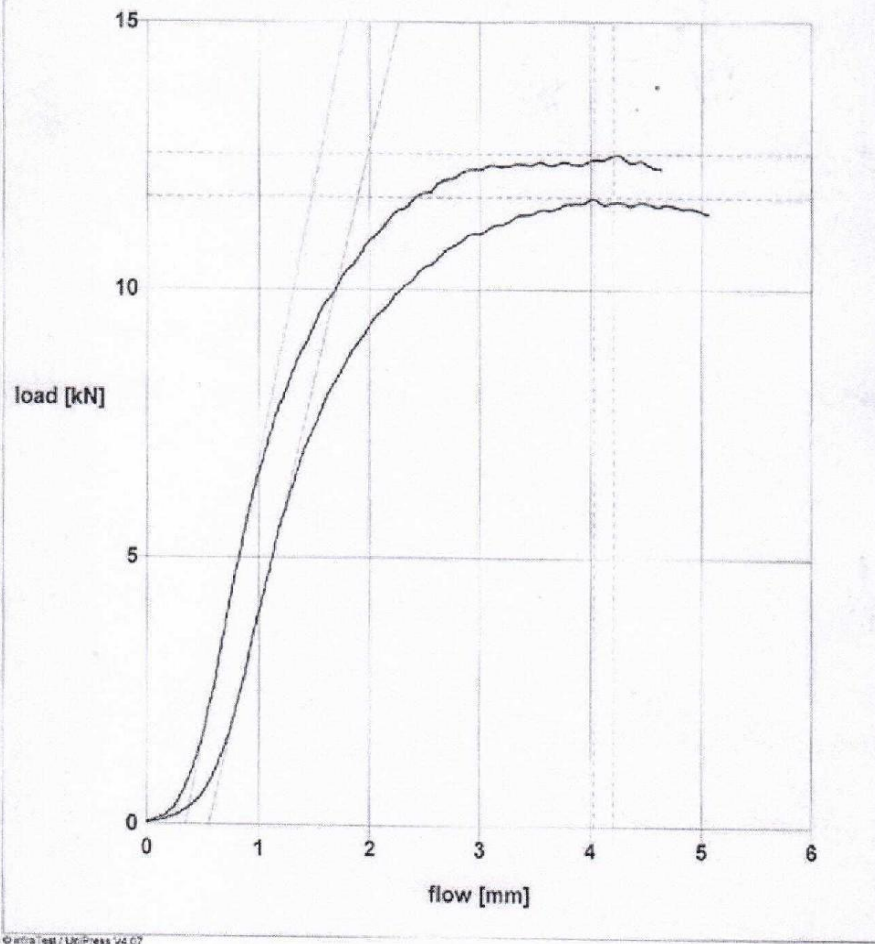
ნარევის გამოცდის გრაფიკები

Datum: 19.09.2019
 Zeit: 16:29:32
 ProbenNr:

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S _s	F _t	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
11,7	3,0	61,0	12,7	1,3	3,7
12,6	3,1	69,6	14,2	1,2	3,7

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007
 marshall-stability 13,5 kN
 flow 3,0 mm
 tangential flow 1,3 mm
 marshall-quotient 3,7 kN/mm

load-displacement diagram

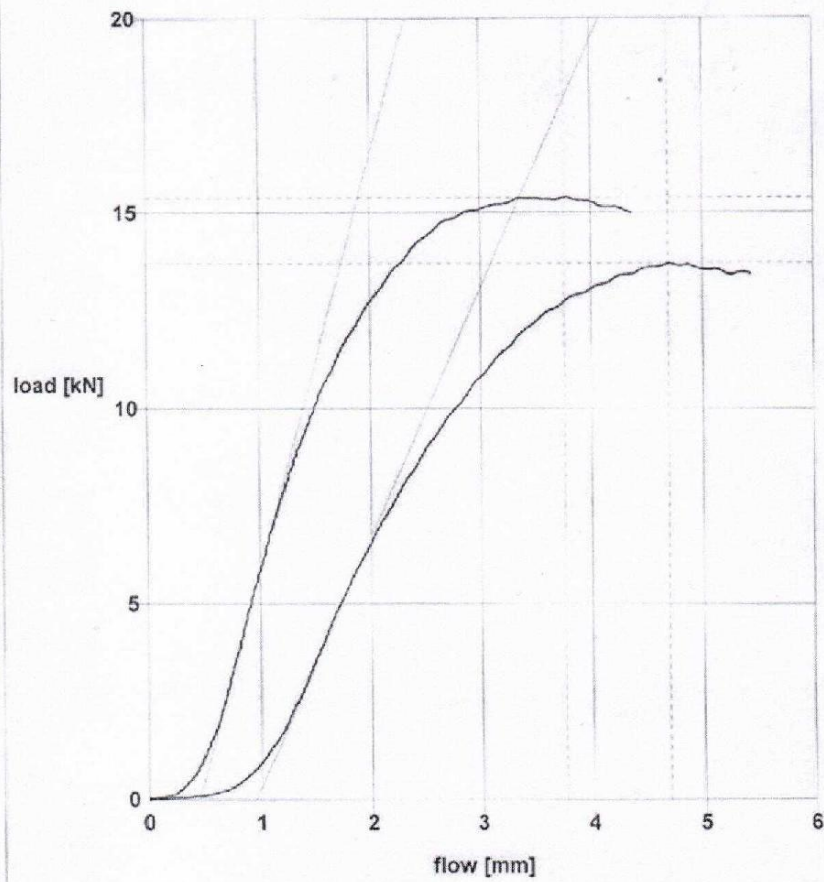


Datum: 09.10.2019
 Zeit: 17:45:35
 ProbenNr:

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007
 marshall-stability 15,7 kN
 flow 2,8 mm
 tangential flow 1,9 mm
 marshall-quotient 4,5 kN/mm

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S _t	F _t	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
13,7	2,6	60,5	15,1	2,2	4,0
15,4	3,0	61,0	16,7	1,5	5,0

load-displacement diagram



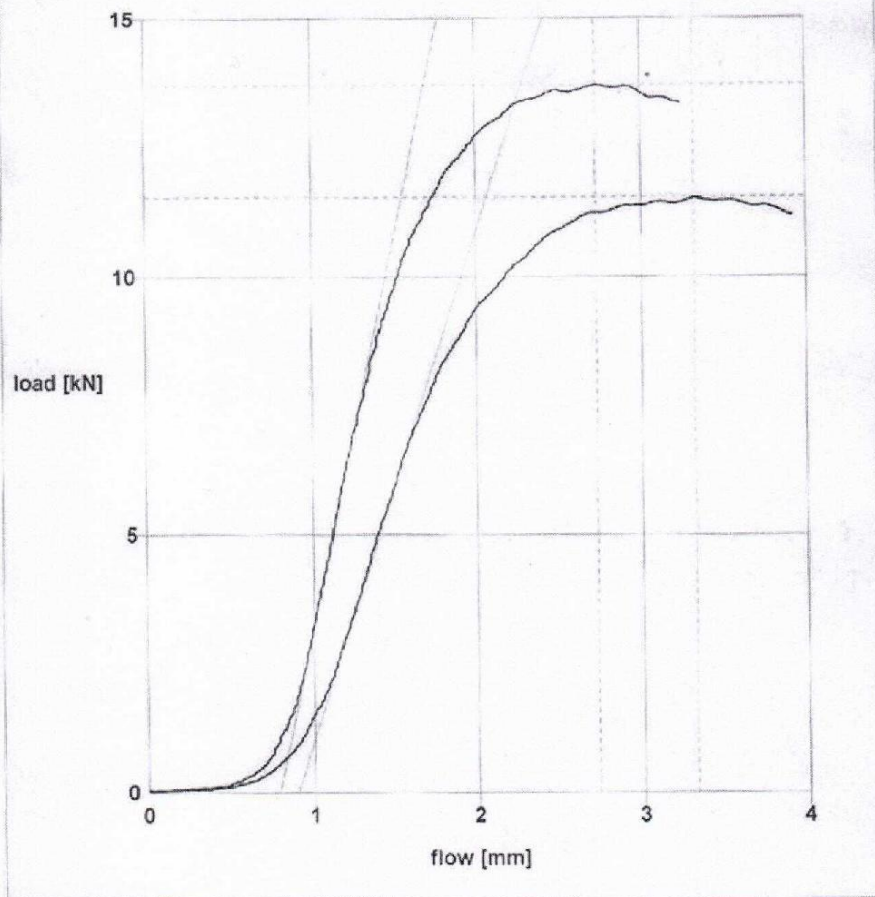
© IntraTest / UniPress V4.07

Datum: 15.08.2019
 Zeit: 10:30:59
 ProbenNr:

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S ₁	F ₁	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
13,7	2,3	61,5	14,7	0,9	7,6
11,5	2,9	62,0	12,2	1,2	6,0

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007
 marshall-stability 13,5 kN
 flow 2,6 mm
 tangential flow 1,1 mm
 marshall-quotient 6,3 kN/mm

load-displacement diagram



© InfraTect / UniPress V4.07

Datum: 09.10.2019
Zeit: 17:09:49

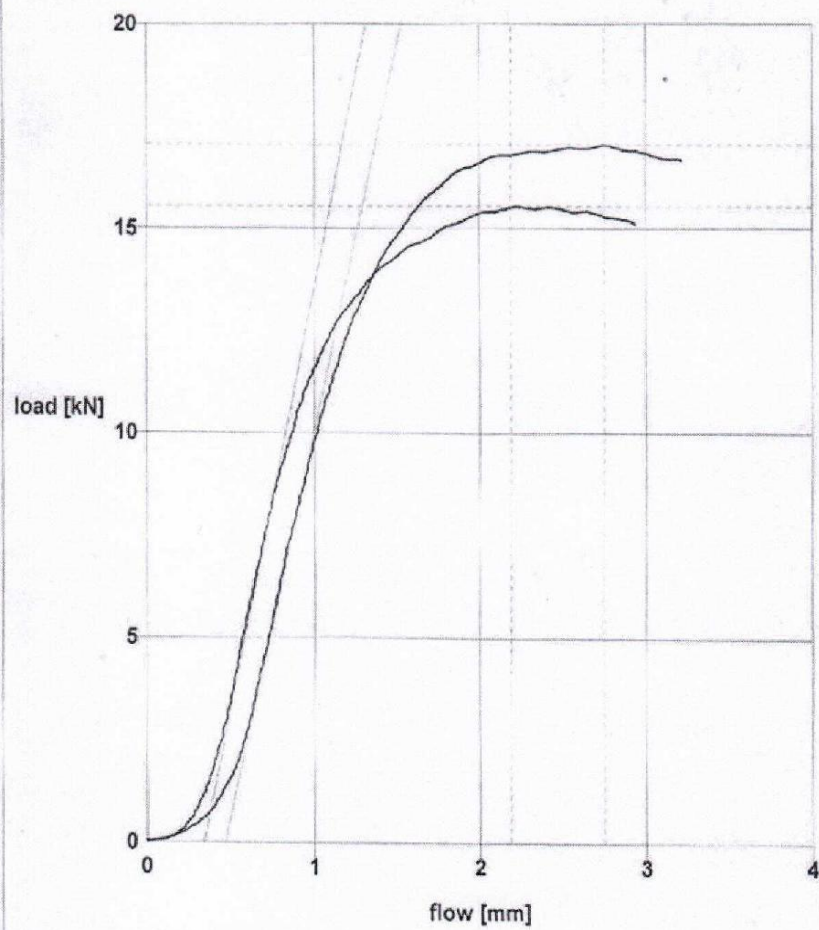
ProbenNr:

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007

marshall-stability 17,8 kN
flow 2,4 mm
tangential flow 0,9 mm
marshall-quotient 8,7 kN/mm

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S _t	F _t	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
15,5	1,9	59,0	17,8	0,8	9,8
17,1	2,9	62,5	17,8	0,9	7,8

load-displacement diagram



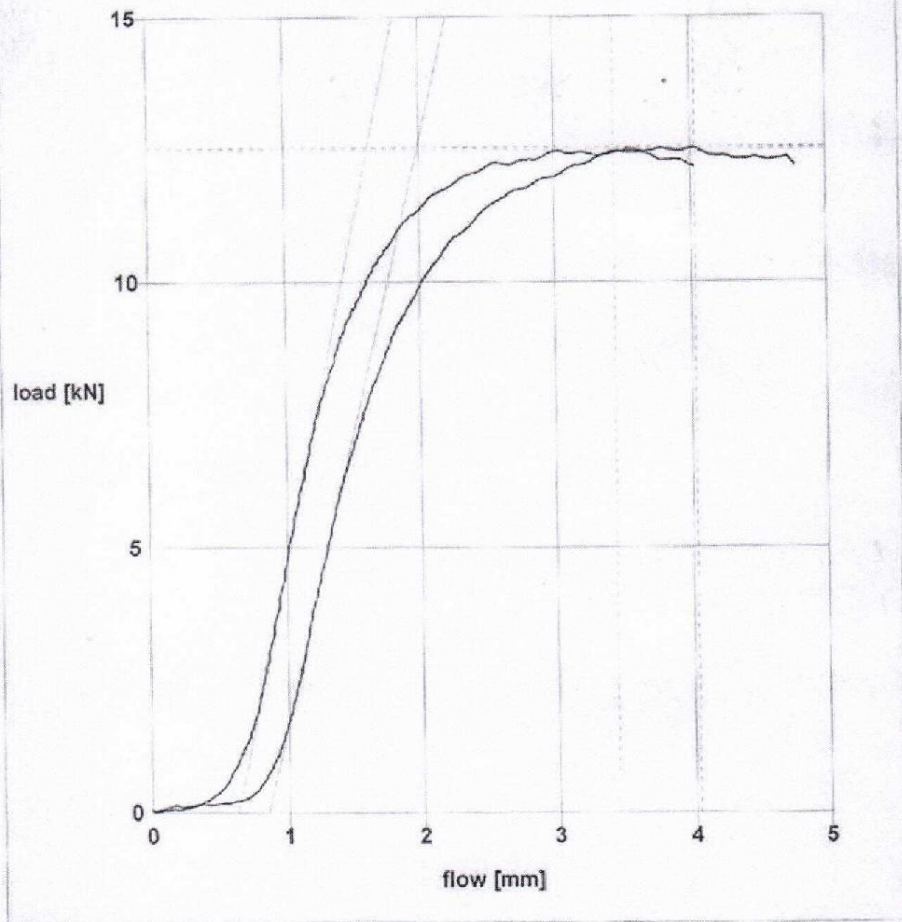
© InfaTest / UniPress V4.07

Datum: 26.08.2019
 Zeit: 15:50:09
 ProbenNr:

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007
 marshall-stability 13,4 kN
 flow 3,0 mm
 tangential flow 1,1 mm
 marshall-quotient 4,5 kN/mm

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S	Ft	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
12,5	3,2	61,0	13,6	1,1	4,3
12,5	2,8	62,0	13,2	1,0	4,7

load-displacement diagram



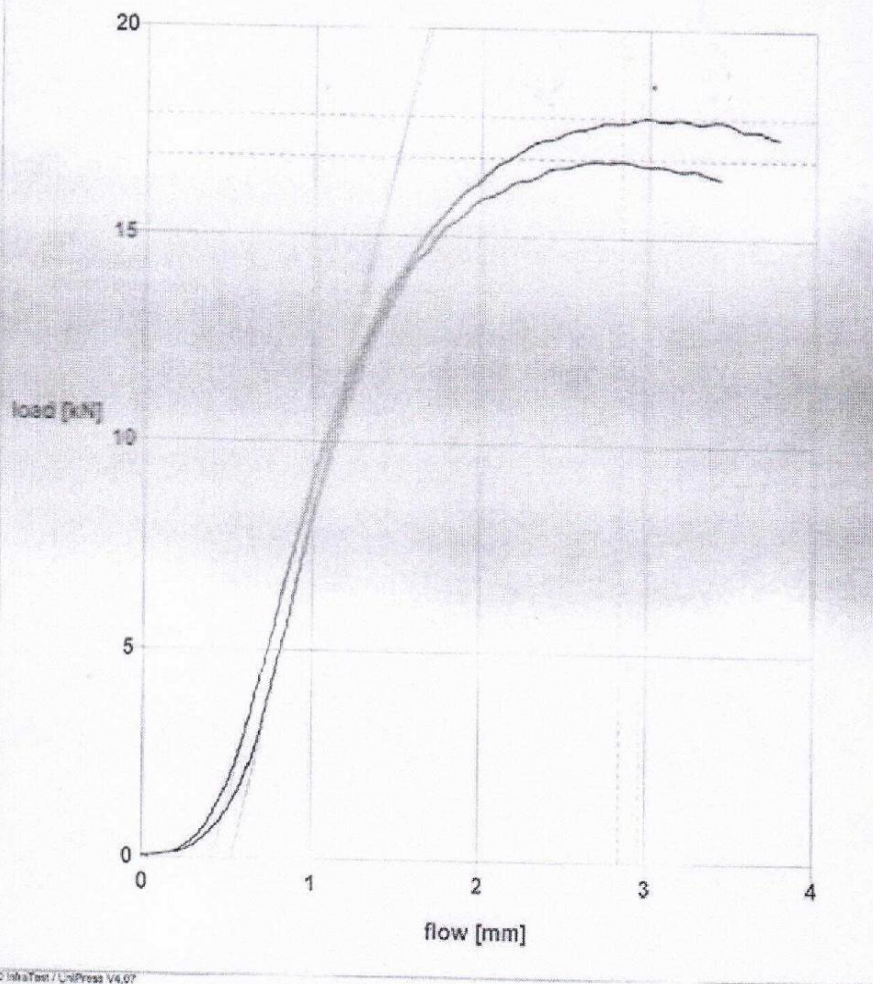
© IntraTest / UniPress V4.07

Datum: 27.09.2019
 Zeit: 11:24:15
 ProbenNr:

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007
 marshall-stability 19,0 kN
 flow 2,1 mm
 tangential flow 1,1 mm
 marshall-quotient 7,8 kN/mm

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S _t	Pt	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
16,9	2,3	61,6	18,1	1,0	7,6
17,9	1,9	60,0	19,9	1,2	7,8

load-displacement diagram



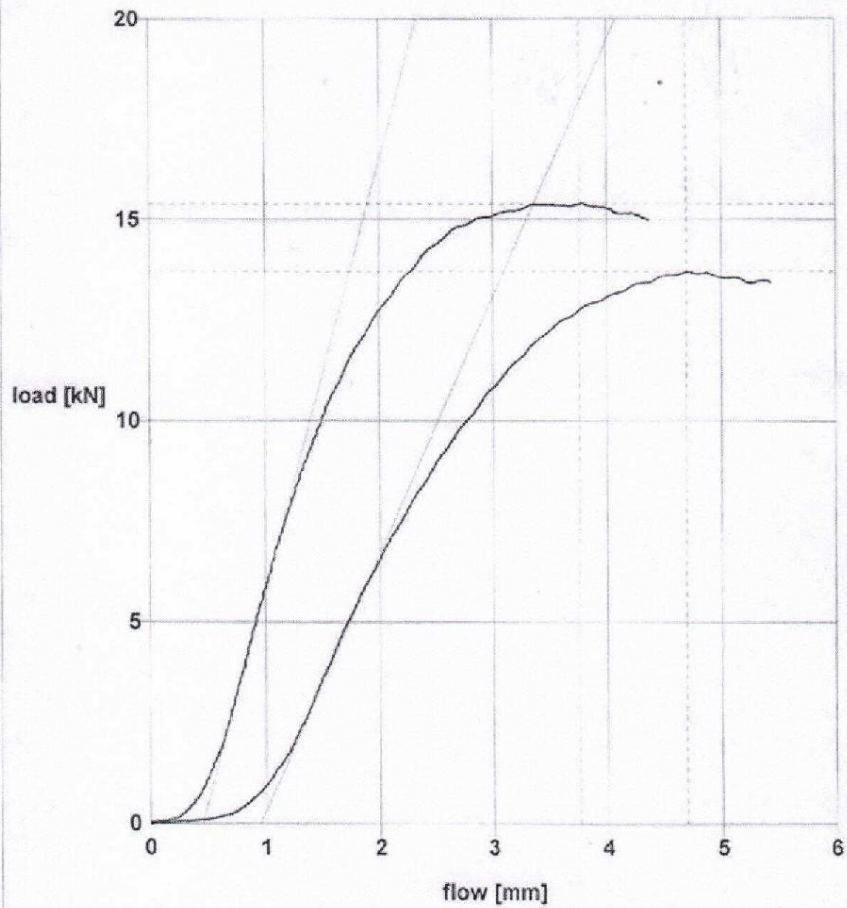
© InhaTest / UniPress v4.07

Datum: 09.10.2019
 Zeit: 17:15:35
 ProbenNr:

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007
 marshall-stability 15,9 kN
 flow 2,2 mm
 tangential flow 1,9 mm
 marshall-quotient 4,5 kN/mm

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S _t	F _t	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
13,7	2,0	60,5	15,1	2,2	4,0
16,4	2,4	61,0	16,7	1,5	5,0

load-displacement diagram



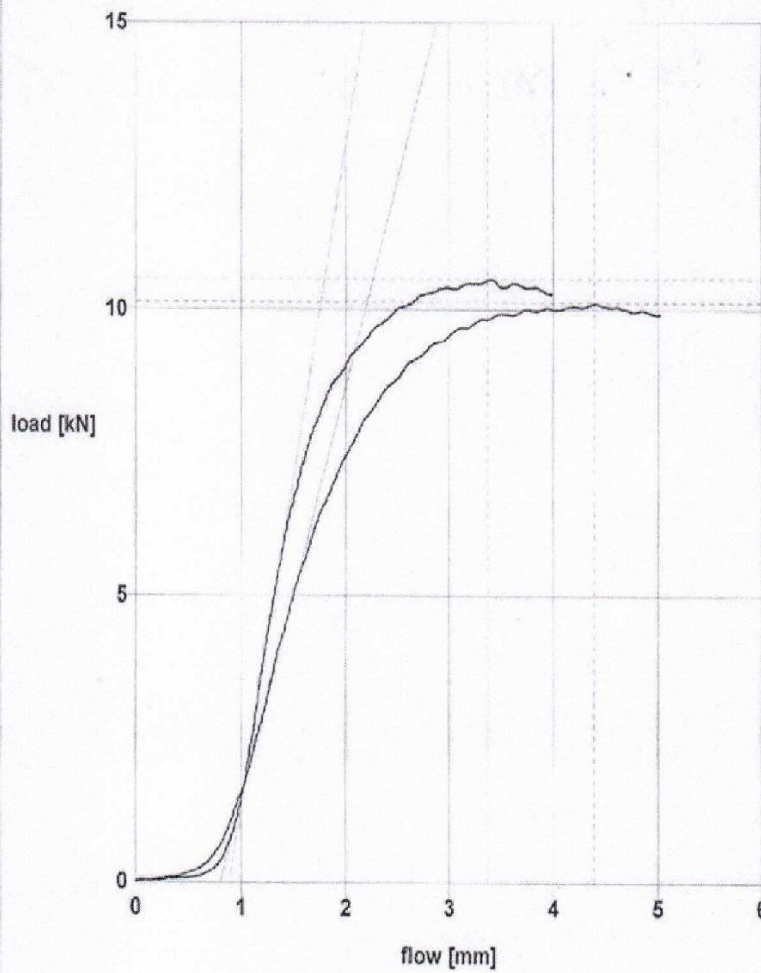
© IntraTest 7 UniPress V4.07

Datum: 15.05.2019
 Zeit: 12:02:06
 ProbenNr:

Mittelwerte nach DIN EN 12697-34:2007
 marshall-stability 11,0 kN
 flow 3,7 mm
 tangential flow 1,2 mm
 marshall-quotient 3,8 kN/mm

max. load	flow	height	stability	t. flow	marshall-quotient
S	F	h	S _t	F _t	
[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN/mm]
10,1	3,8	62,5	10,6	1,4	3,0
10,5	3,8	61,0	11,4	0,9	4,8

load-displacement diagram



© InStatTest / UniPress V4.07