



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

გიორგი ფარულავა

ზოგიერთი ორგანული სილიკატის ზეგავლენა სამშენებლო
კომპოზიციური მასალების თვისებებზე

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ქიმიის მაგისტრის
ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი: მაკრომოლეკულების კათედრის
გამგე, პროფესორი ომარ მუკბანიანი

მაკრომოლეკულების ქიმიის ლაბორატორიის
გამგე, ქიმიის დოქტორი ელიზა მარქარაშვილი

თ ბ ი ლ ი ს ი

2019

ანოტაცია

ზოგიერთი ორგანული სილიკატის ზეგავლენა სამშენებლო კომპოზიციური მასალების თვისებებზე

დღეისთვის სამშენებლო მასალების ეკონომიკურად უფრო ეფექტური და იაფი წარმოება წარმოადგენს პრიორიტეტს სამშენებლო ინდუსტრიისთვის, ეს განპირობებულია კლასიკური სამშენებლო მასალათა სიძვირით, იშვიათობით და მაღალი მოთხოვნით. ამჟამად მშენებლობაში გამოიყენება კომპოზიციური მასალები, რომლებიც შეიცავენ როგორც არაორგანულ ისევე ორგანულ ნივთიერებებს, რაც განპირობებს მასალათა სიმტკიცეს და ეკონომიკურ ვალიდურობას. მათი წარმოება უფრო იაფია და გვამღვეს ანალოგიურ შედეგებს ისევე როგორც კლასიკური მასალები, მაგრამ ხასიათდებიან სირთულით, რაც გამოწვეულია მათი შემადგენლობით. თანამედროვე კომპოზიტებში ძირითად გამოიყენება ცელულოზა, რომლის სხვადასხვა მოდიფიკაციები წარმოადგენს ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ დანამატს. კომპოზიტებში გამოიყენება სხვადასხვა დანამატები, რომლებსაც განსვავებული როლი აკისრიათ, მათ შორის არის ჰიდროფობიზატორები. რომლებიც ასრულებენ დაკისრებულ მოვალეობას იქ, სადაც ჰაერის და ზედაპირის სინესტე მაღალია. ჰიდროფობიზატორები საკმაოდ ძვირია, იმის გამო რომ მათი მთავარი ფუნქცია არის მიცელის წარმოქმნა რომელიც იქნება საკმარისად მდგრადი და ექნება მაღალი ჰიდროფობური თვისებები. მეორე პრობლემა რომელიც პრიორიტეტულია სამშენებლო მასალებში ეს არის სიმტკიცე, სიმტკიცის მომატება შედარებით რთულია, რადგან წყლის მიმართ მდგრადობასთან შედარებით, რომელშიც მთავარი ფაქტორია მიცელის ან დამცავი შრის წარმოქმნა, სიმტკიცის გაზრდა დამოკიდებულია გაცილებით უფრო მეტ ფაქტორზე, მათ შორის ნაწილაკების ზომაზე, ქიმიური ბმების სიმტკიცეზე, ღრუების არსებობაზე და ა.შ. ზემოთ აღნიშნული საკითხების მოსაგვარებლად ჩვენ ჩავატარეთ კვლევა სხვადასხვა სილიკატთან, რომლებიც ხასიათდებიან იმ თვისებებით რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს კომპოზიციური მასალების თვისებების გასაუმჯობესებლად.

დამატებული იყო ტეტრაეტოქსისილანი და ეთილსილიკატი, მათი დამატება მოხდა როგორც პირდაპირ ისე ზედაპირული დამუშავებით, განისაზღვრა მათი ოპტიმალური შერევის პირობები. ოპტიმალური შერევის პირობები განისაზღვრა შერევის და დატანვის შედეგად მიღებული ადჰეზიური მაჩვენებლებით. შერევის ოპტიმუმი დადგინა რომ ნივთიერებების შერევა შედარებით მაღალ შედეგებს იძლევა მაშინ როდესაც მათი დამატება ხდება პარალელურად.

დამატებისას გარკვეული იყო რომ ტეტრაეტოქსისილანის გავლენა ხდება როგორც ამაჩქარებელი, რადგან მისი დამატებისას ხდებოდა კომპოზიტის სწრაფი გამოშრობა, რამაც უარყოფითი გავლენა მოხადინა ადჰეზიურ შედეგებზე და მკვეთრად შეამცირა მათი მნიშვნელობები. ეთილსილიკატის კომპოზიტმა ანალოგიური შედეგები განიცადა, ეს განსაკუთრებით გამოვლინდა კომპოზიციური წებო ცემენტებში, მაშინრონ როდესაც მათი დამატებით ჰიდროფობიზაცია და თხევად იატაკებში ეფექტი ნაკლებად იყო

გამომჟღავნა, მაგრამ აღსაღნიშნავია რომ ვერ მოხერხდა კომპოზიტისთვის ჰიდროფობური თვისებების მინიჭება ან უკვე არსებული ჰიდროფობური თვისებების გაუმჯობესება.

ასევე კვლევა ჩატარებული იყო თითოეულ ინგერიდენტზე, და ყველა ტიპირური ელემენტიდან გამოკვლეული იყო ის ფაქტი რომ, ინგერიდენტებიდან მხოლოდ ცელულოზა იძლეოდა ვიზუალურ რეაქციას საკვლევ ნივთიერებებთან

Annotation

Influence of certain silicates on construction composite materials

In the modern day, priority is given towards cheaper and economically more viable options in the construction industry, this is often caused by the high cost of classic building materials. The composite materials which are often used, contain not only inorganic but organic chemicals that give them certain properties such as tensile and adhesive strength on top of making them economically viable, their production is generally cheaper and it produces the same quality products as classic materials but with downside of being more complex. Modern composite materials often use cellulose as a component, it is to be noted that cellulose has various modifications, these modifications often fulfill different roles, one of which is hydrophobic additions, which fulfill their roles in damp and moist environment, because of this they are often used in areas with high moisture percentage in the air. Hydrophobic additions are quite expensive too, their main function is to create a micelle which is stable and has ability to repel water. In addition to previous paragraph, attention is also given to strength of the material, however in composite materials this is exceedingly difficult when compared to creating a hydrophobic material, this is due to the fact that tensile strength of a composite materials is determined by many other factors, one of which is the size of particles, strength of chemical bonds etc. To solve the following issues we conducted research with various silicates that possess the desired properties which might improve the composite materials.

During testing tetraethoxysilicate and ethylsilicate was added into the various composite materials, this addition was direct and by form of treating already finished material, the optimal mixing method was determined by testing of applied material for adhesion results, with this method it was determined that the optimal method of mixing the research materials was to mix them simultaneously.

After the addition of the two materials it was determined that tetraethoxysilicate acts as a quickener and its addition leads to rapid drying up of the material, this results in quick drying material that is detrimental towards the composite material, resulting in large loss of adhesive properties, similar results happened with ethylsilicate, however this effect was less when the material was introduced to other composite materials such as hydroisolation and liquid flooring, however the addition of this chemical failed to give the composite material the hydrophobic property.

In addition individual elements were tested, research resulted in the fact that out of all the typical ingredients, various types of cellulose tend to have the the most visually visible reaction with the silicates.

სარჩევი

შესავალი.....	5
1.1 კლინკელური ცემენტური კომპოზიტები.....	6
1.2 არაორგანული შემავსებლები კომპოზიტურ სამშენებლო მასალებში.....	10
1.3 შემკრავი არაორგანული და ორგანული მასალები.....	11
2 ექსპერიმენტის განსჯა.....	11
2.1 კვლევა წებო ცემენტში.....	17
2.2 კვლევა მარილმჟავას დახმარებით.....	10
2.3 ინდივიდუალური კომპონენტების კვლევა.....	19
2.4 კვლევა ჰიდროიზოლაციაში.....	21
2.5 კვლევა იატაკებში.....	26
2.6 ექსპერიმენტული შედეგები სუფთა ცემენტთან.....	32
2.7 ექსპერიმენტული შედეგები ბეტონთან.....	33
2.8 ექსპერიმენტული შედეგები თაბაშირთან.....	35
2.9 ქიმიური მექანიზმი.....	36
2.10 მიკროსკოპის ქვეშ დაკვირების შედეგები.....	37
2.11 შედეგები ინფრაწითელ სპექტროსკოპიაში.....	37-39
3 დასკვნები.....	39
გამოყენებული ლიტერატურა.....	40

შესავალი

კაცობრიობა საუკუნეების განმავლობაში იყენებდა ქვებს და თიხას სახლების ასაწყობად, შემდგომ ეგვიპტელებმა აღმოაჩინეს პლასტერის გამოყენება, მორტარი გამოიყენეს პირამიდების მშენებლობაში. მორტარი როგორც სამშენებლო მასალა ფართოდ გამოყენებული იყო რომში, მიუხედავად ყველაფრისა რომაელებმა და ბერძნებმა არ იცოდნენ თაბაშირის გამოყენება რომელიც წარმოადგენს მნიშვნელოვან კომპონენტს კომპლექსურ წებოებში, რომში მომავალ წლებში ვულკანური ფერფლი გამოიყენეს როგორც სამშენებლო მასალა, რამაც ჩაუყარა საფუძველი თანამედროვე პუცელანურ ცემენტებს, სამწუხაროდ რომის დაცემის მერე, პუცელანური პროტო-ცემენტები არ იყო გამოყენებული მეთერთმეტე საუკუნემდე. მეცხრამეტე საუკუნეში აღმოჩენილი იყო პორტლანდური ცემენტი ჯასონ ასპინდის მიერ, ამ მნიშვნელოვანმა აღმოჩენამ საფუძველი ჩაუყარა თანამედროვე კომპოზიტურ მასალებს, რადგან ზუსტად პორტლანდური ცემენტები გახდა მთავარი ინგრედიენტი კომპოზიტურ მასალებში, რომლებიც წლების განმავლობაში გახდება რთული და კომპლექსური. მეოცე საუკუნეში კომპოზიტური მასალები მოიცავდნენ სხვადასხვა ცემენტსა და ქვიშას, რომელთა შედგენილობის ცვლილებით ხდებოდა თვისებების ცვლილება, თანამედროვე კომპლექსური წებოებში იყენებენ სხვადასხვა ორგანულ და არაორგანულ ნაერთებს რომლებიც ასრულებენ ანალოგიურ როლს, მაგრამ ამ ნივთიერებების გამოყენება ამცირებს მასალების საფასურს, იმის გამო რომ ზოგიერთ ორგანული ნაერთის დამატება 0,01% ით რადიკალურად ცლის თვისებებს და მასალის თვითღირებულებას დიდად არ ზრდის. ორგანიკიდან აღსაღნიშნავია ცელულოზა და მისი ნაწარმები, სილიკატები და მათი სხვადასხვა მოდიფიცირება[1,2]

აღსაღნიშნავია რომ ნივთიერებები რომლებიც შედგება თანამედროვე კომპოზიტური მასალებში შეიძლება დავყოთ არაორგანულ და ორგანულ დანატებად. თვითონ ცემენტი რომელიც წარმოადგენს მთავარ ინგრედიენტს, წარმოადგენს არაორგანულ ნაერთს, რომლის შემადგენლობაში შედის: კალციუმის ოქსიდი, სილიციუმის ოქსიდი, ალუმინის ოქსიდი, რკინის ოქსიდი. ეს ნივთიერებები ხშირად წარმოქმნიან სხვადასხვა სისტემებს. დანამატებიდან ყველაზე გავრცელებულია არის სილიკატური ან სხვა ტიპის ქვიშები, რომელიც გამოიყენება შემავსებლების სახით. კალციუმის კარბონატი წარმოადგენს არაორგანულ შემავსებლებელს რომელიც ხშირად გამოყენებულია კომპლექსურ ნაერთებში წვრილი ნაწილაკების ფრაქციის დასამატებლად, ეს საჭიროა მიკრო ბზარების აცილების მიზნით. კალციუმის ჰიდროქსიდი, გამოიყენება pH-ის რეგულაციისთვის და ამაჩქარებლის როლში ორგანული ნივთიერებისგან განსხვავებით, ამ არაორგანულ ნაერთებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნაწილაკების ფრაქციულ შემადგენლობას, ნაწილაკების ზომას და ფორმას. ეს ნივთიერებები წარმოადგენენ შემავსებლებს, თავისი ბუნებით მათი უმეტესობა წარმოადგენს ინერტულ ნივთიერებებს რომელებიც მხოლოდ შემავსებლის როლს ასრულებენ და წარმოქმნიან კომპოზიტის მატრიცას, მნიშვნელოვანია ავღნიშნოთ რომ ეს ინერტული ნაწილაკები უნდა შემოსაზღვრული იყოს წებოვანი მასალებით რომელიც აკავშირებს ნაწილაკებს ერთმანეთთან, ამიტომაც არაორგანულ შემავსებლებში არსებული ნაწილაკების ზომა და ფორმა მკვეთრად ცვლის კომპლექსურ მასალაში არსებულ მატრიცას, ნაწილაკების ზომა განსაზღვრავს თუ რამდენად გრძელი უნდა იყოს ჯაჭვი ნაწილაკებს შორის მკვრივი წებოს წარმოქმნისთვის.

როგორც ნახსენები იყო, თანამედროვე მასალებში გამოიყენება როგორც ორგანული ისევე არაორგანული ქიმიური ნაერთები, რომლებიც ახორციელებენ სხვადასხვა თვისებების გაუმჯობესებას, რომელთა შორის ყველაზე მნიშვნელოვანად შეიძლება ჩათვალოს კარბოქსიმეთილცელულოზა, რომელიც ხელს უწყობს ჰიდრატაციას. გარდა კარბოქსიმეთილზელულოზისა ორგანიკული დანამატებიდან აღსაღნიშნავია კალციუმის ფორმატი, კალციუმის სტეარატი, პოლიაკრილამიდები, ორგანული სილიკატები და ა.შ იმისთვის რომ შეგვექმნას სრული სურათი თუ რამდენად დიდ ზეგავლენას ახდენს ორგანული დანამატები წებოებზე შეგვიძლია განვიხილოთ კალციუმის ფორმატი. კალციუმის ფორმატი ასრულებს ამაჩქარებლის როლს, ზოგადად დრო იმისთვის რომ სუფთა ცემენტი, რომლის რაოდენობა არის 400 გრამი, მარკით 32,5-ჰ გაქვავდეს საჭიროა დრო რომელიც არ აღემატება 9 საათს, ბუნებრივად ეს შედეგი ვრცელდება ლაბორატორიული შედეგებისთვის. იგივე ცემენტი, იგივე პირობებში განიცდის გაქვავებას 2 საათის შემდგომ, ფორმატის დამატებით. კალციუმის სტეარატი წარმოადგენს ორგანულ დანამატებს რომელიც წარმოქმნის ჰიდროფობურ მიცელას, რომლის საშუალებითაც ხდება მასალის მიმართ ჰიდროფობური თვისებების შექმნა. პოლიაკრილამიდები წარმოადგენენ სიმკვრივის გაზრდის საშუალებებს.

სილიციუმორგანული პოლიმერები და სილიკატები გამოიყენება სამშენებლო მასალებში როგორც ჰიდროფობიზატორები, მათი დამატებით წარმოიქმნება დამცავი შრე რომელიც ღებულობს ფიზიკური მემბრანის სახეს ან წარმოქმნის მიცელებს რომლებიც წყლის მოლეკულებს არ იკარებს.

გარდა ჰიდროფობურობისა ზოგიერთი სილიკატი აძლევს სიმტკიცეს სამშენებლო კომპოზიტურ მასალებს, ეს პროცესი მოიცავს სილიკატური ჯაჭვების წარმოქმნას კომპოზიტის მატრიცაში, რაც ხორციელდება ქიმიურ ბმით ნაწილაკებს შორის და დაფარულია წებოვანი ცემენტური მასალით. რაც უფრო გრძელია ეს ჯაჭვები მით უფრო მტკიცე ხდება მასალის მატრიცა.

კვლევის მიზანი, აქტუალობა და პრაქტიკული მნიშვნელობა: კვლევის სუბიექტები არიან ტეტრაეტოქსილანი და ეთილსილიკატი, მათი დამატებით სამშენებლო მასალებში ჩვენ ვცდილობთ გავაუმჯობესოთ ადჰეზია, წყლის მიმართ გამძლეობა, სამუშაო თვისებები, სიმტკიცე, შევქმნათ კომპოზიტი რომელიც ხასიათდება უკეთესი თვისებებით და დაბალი ღირებულებით. სილიკატები ფართოდ გამოიყენება კომპოზიტურ მასალებში, მათი დამატებით შესაძლებელია თვისებების რადიკალურად გაუმჯობესება, როგორც არის მაგალითად ჰიდროფობურობა.

მიუხედავად ფართო გამოყენებისა მაღალი ხარისხის სილიკატები რომლებიც მოგვცემს სასურველ თვისებებს საკმაოდ ძვირია და ხშირად ძალზე ზრდის საბოლოო პროდუქტის თვით ღირებულებას. ამიტომაც მნიშვნელოვანია ახალი დანამატების შეტანა და ასეთი მასალების შესწავლა. ეთილსილიკატი და ტეტრაეტოქსილანი წარმოადგენენ შედარებით იაფ პროდუქტებს სხვა სილიკატებთან შედარებით, შესაბამისად მნიშვნელოვანია გავარკვიოთ მოგვცემს თუ არა მათი დამატება კომპოზიტებში მნიშვნელოვან შედეგს

თავი I

ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. კლინკელური ცემენტური კომპოზიტები

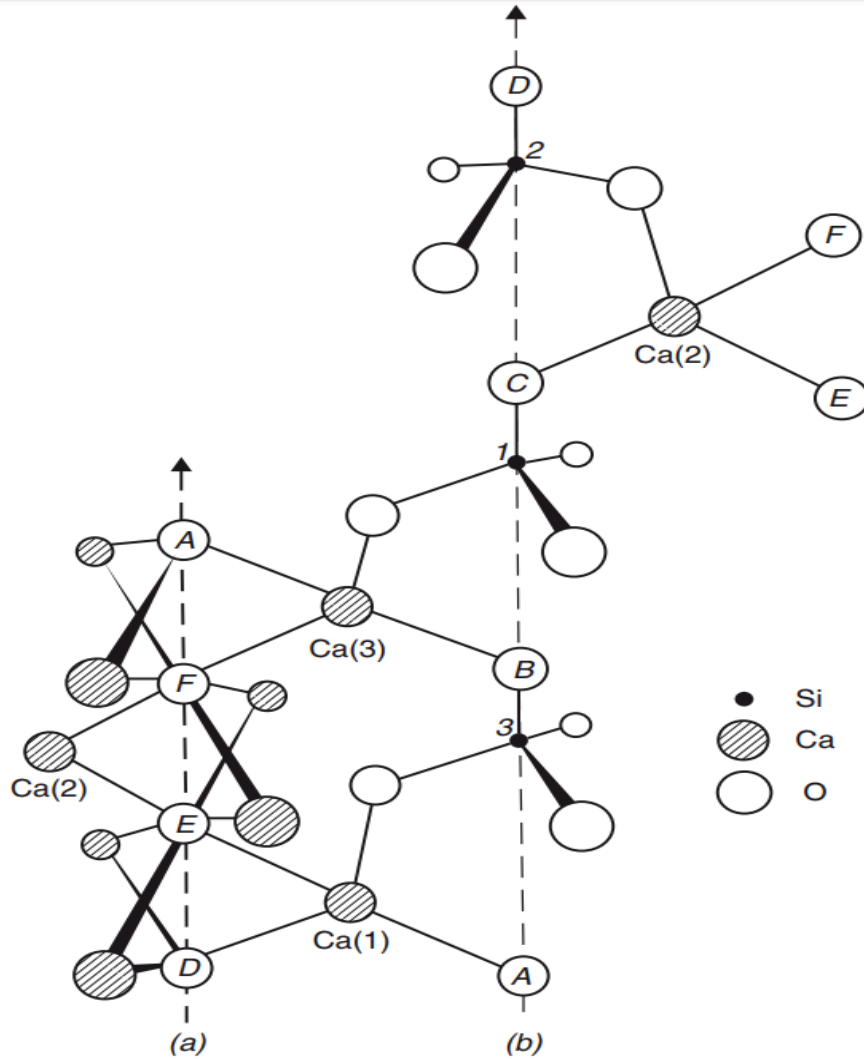
1.2.

კლინკელური ცემენტი წარმოადგენს კომპლექსურ სისტემას, რომლის შედგენილობის 95% წარმოადგენს კალციუმის მონოქსიდი, სილიციუმის დიოქსიდი, ალუმინის დიოქსიდი და რკინის ტრიოქსიდი. პროცესში რომლის საშუალებითაც ხდება კლინკელური ცემენტის კრისტალიზაცია შედის ოთხ კომპონენტი. კლინკელურ ცემენტში არსებული მაგნიუმის მონოქსიდი წარმოქმნის მრავალ სხვადასვა ტიპის ნივთიერებას და ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ხუთ კომპონენტის სისტემის გამოყენებისას გაცილებით რთული პროცესები მიმდინარეობს ვიდრე ოთხ კომპონენტის სისტემის შემთხვევაში.

პორტლანდური ცემენტ კლინიკური შედგება ოთხი ფაზისგან: ალიტი რომელიც მსგავსია $\text{Ca}_3[\text{SiO}_4]_2\text{O}$, ბელიტი რომელიც წააგავს $\text{Ca}_2[\text{SiO}_4]$, $\text{Ca}_3[\text{Al}_2\text{O}_6]$ და C_2 (A, F). ამ კომპონენტების პროცენტული შედგენილობა განსაზღვავს თუ რამდენად წავა რეაქცია წყალთან, აქ მთავარი როლს თამაშობს იზომორფიზმი. იზომორფული ნივთიერებების მაღალი რაოდენობა აღმოჩენილია ალუმინატებში. ალუმინატები აქტიუად შედიან რეაქციაში, რაც გამოწვეულია კალციუმის და სილიციუმის იონური რადიუსების პროპორციით ალუმინის და ჟანგბადის იონებთან.[1;2;3]

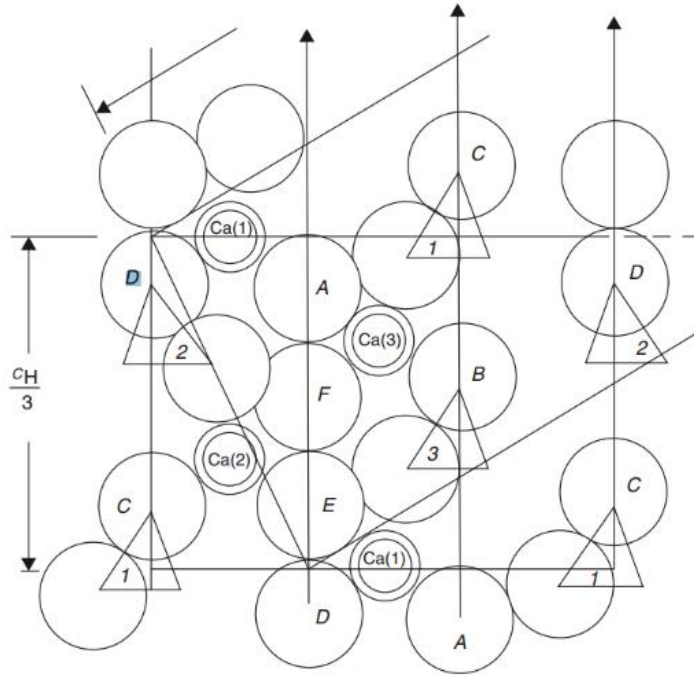
იზომორფული სტრუქტურების წარმოქმნა დიდ გავლენას ახდენს კრისტალის სტრუქტურაზე იმის გამო რომ, მათ დიდი ზეგავლენა აქვთ იონების გარე შრეზე, ეს ზეგავლენა აიხსნება იმით, რომ მის გარშემო წარმოიქმნება სხვადასვა ტიპის ბმები, რომლებიც არიან შერეული ბუნების და არ წარმოადგენენ სუფთა იონურ ბმებს. ზოგჯერ წარმოიქმნება კოვალენტური ბმა რომელიც რადიკალურად ცვლის კრისტალის ფორმირების პროცესს.

ტრიკალციუმის სილიკატი წარმოადგენს ყველაზე მნიშვნელოვან ელემენტს პორტლანდურ ცემენტებში, მისი რაოდენობა 55% პროცენტს თუ აჭარბებს, მისი რეაქციუანობა წყალთან დიდ გავლენას ახდენს ცემენტის თვისებებზე, რადგან ის წარმოქმნის არაორგანულ პოლიმერულ ჯავს რომელიც გამოსახულია ნახაზზე 1.



ნახაზი 1. ტრიკალციუმის სილიკატი

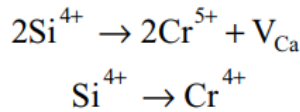
ტრიკალციუმ სილიკატი გვადლევს მიახლოებულ სურათს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია სილიკატური ჯგუფების არსებობა ცემენტურ მასალებში, პრაქტიკულად სილიკატების საშუალებით ხდება ცემენტის თვისებების შექმნა. ზუსტად სილიკატები თამაშობენ დიდ როლს ცემენტის ფორმირებაში. სილიკატები წარმოქმნიან განსხვავებულ სტრუქტურებს ცემენტში რომლებიც ჩანს (2) ნახაზზე[1;2]



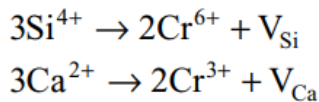
ნახაზი 2. A,B,C,D,F წამოადგენენ სხვადასხვა იონურ ფრაგმენტებს

აღსანიშნავია რომ კალციუმის ტრისილიკატი წარმოადგენს ძლიერ სტაბილიზატორს რომელიც თავს ყველაზე მკაფიოდ იჩენს დაბალ ტემპერატურებზე.

აღსანიშნავია, რომ წარმოიქმნება საკმაოდ კომპლექსური ჯაჭვები, ამ ჯაჭვებში შესაძლებელია იონთა მიმოცვლა, იონთა მიმოცვლაში სილიციუმის იონები შეიძლება გარდაიქმნეს ქრომის იონებში.[14;18]



გამორიცხული არ არის შემდგომი გარდაქმნაც

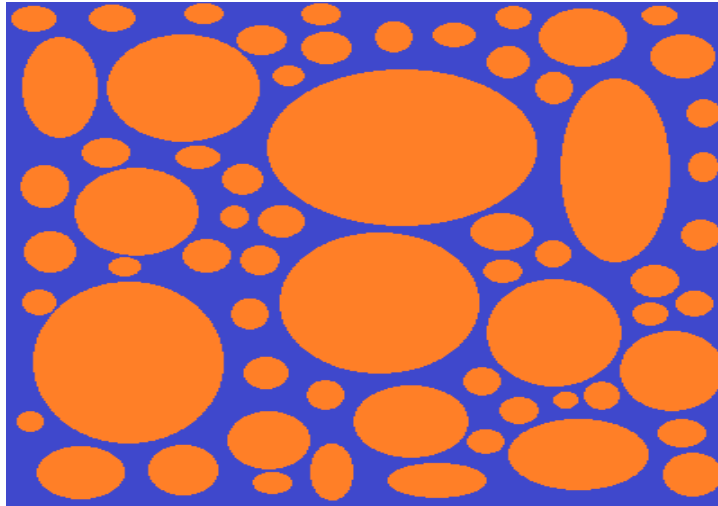


1.2 არაორგანული შემავსებლები კომპოზიტურ სამშენებლო მასალებში

კომპოზიტურ მასალებში გამოყენებულია მრავალი შემავსებლები, მათი მთავარი როლია მატრიცის წარმოქმნა, უმეტეს შემთხვევაში ეს ნივთიერებები ინეტრული დანამატებია და ხასიათდებიან მხლოდ და მხოლოდ მექანიკური თვისებების მისანიჭებლად.

შემავსებლების ქიმიზმის სიმცირის გამო ყურადღება ენიჭება მათ მექანიკურ თვისებებს, რომლებშიც შედის მარცვლის ზომა და ფორმა.[16]

შემავსებლებიდან ყველაზე ფართოდ გამოყენებულია ქვიშა და კალციუმის კარბონატი, აღსანიშნავია რომ ეს ორი უკანსკნელი შეიძლება იყოს რადიკალურად განსხვავებული ერთმანეთს შორის, ტიპიურად ეს გამოწვეულია გეოგრაფიული და გეოლოგიური მიზეზების გამო. ამ მატრიცის უხეში გამოსახულება აღწერილია (3) სურათზე.



ყვითელი წერტილები წარმოადგენს შემავსებლის ნაწილაკებს, ლურჯი რეგიონები გვიჩვენებს წებოვან მასალას. ამ ორ სისტემას შორის ურთიერთქმედება არსებობს როგორც ქიმიური ისევე სრულად მექანიკური. ნაწილაკები განიცდიან მექანიკურ მოძრაობას რომელიც მოქმედებს კომპოზიტის შეკუმშვაზე დროის განმავლობაში.[21;20]

არსებობს, მოდიფიკაციის მიხედვით ცელულოზის ამა თუ იმ მოდიფიკაციის გამოყენების შესაბამისად რადიკალურად იცვლება თვისებები რომელიც მაგალითისთვის შესაძლებელია კომპოზიტის pH- გაზრდა ან შემცირება გამოიწვიოს .[4]

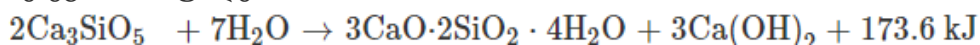
ვინილეთილაცეტატები წარმოადგენენ პლასტიფიკატორებს, ამ ნივთიერებების საშუალებით ნივთიერებებს ენიჭებათ პლასტიკურობა, ეს ხდება სპეციფიკური მექანიზმით, რომლის მიხედვითაც პლასტიფიკატორი წარმოადქმნის დამატებით შრეს ნაწილაკებს შორის, რომელიც წააგავს სენდვიჩს, ამის გამო სისტემას ენიჭება პლასტიკურობა და ასევე ემატება სიმტკიცე და სიმაგრე.

1.3 შემკრავი არაორგანული და ორგანული მასალები

ამჟამად კომპოზიტებში გამოიყენება მრავალი არაორგანული ნივთიერება, რომელიც ასრულებს სხვადასხვა ფუნქციას..

კაუსტიკური სოდა- ასრულებს ამაჩქარებლის როლს, მისი საშუალებით შესაძლებელია კომპოზიტის დარბილება რომელიც აადვილებს მასთან მუშაობის პროცესს, შესაძლებელია მისი გამოყენება როგორც ჰომოგენიზატორი. კაუსტიკური სოდა წარმოქმნის $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ ჯაჭვს.

კალციუმის ჰიდროქსიდი- ასრულებს ამაჩქარებლის როლს, ზრდის სიმტკიცეს შემდეგი რეაქციის საშუალებით



ორგანული ნივთიერებებიდან ყველაზე ფართოდ გამოყენებულია ცელულოზა და მისი სხვადასხვა მოდიფიკაციები, იმის და მიხედვით თუ როგორი მოდიფიკაციაა იგი მცირე დოზებში გვამღვეს მასიურ შედეგებს. ეს გამოწვეულია, ცელულოზის მთავარი როლით რომელიც მოიცავს ჰიდრატაციის ხელშეწყობას, ეს ხდება ცელულოზის უნარით შთანთქმის წყალი. ცელულოზის მრავალი სხვადასხვა მოდიფიკაცია არსებობს, მოდიფიკაციის მიხედვით ცელულოზის თვისებები რადიკალურად იცვლება, მაგალითისთვის შესაძლებელია კომპოზიტის pH- გაზრდა ან შემცირება.[4]

ვინილეთილაცეტატები წარმოადგენენ პლასტიფიკატორებს, ამ ნივთიერებების საშუალებით ნივთიერებებს ენიჭებათ პლასტიკურობა, ეს ხდება სპეციფიკური მექანიზმით, რომლის მიხედვითაც პლასტიფიკატორი წარმოადქმნის დამატებით შრეს ნაწილაკებს შორის, რომელიც წააგავს სენდვიჩს, ამის გამო სისტემას ენიჭება პლასტიკურობა და ასევე ემატება სიმტკიცე და სიმაგრე.

თავი 2

2 ექსპერიმენტის განსჯა

კომპოზიტების გამოსაცდელად საჭიროა რამდენიმე ექსპერიმენტი და საჭირო პირობები, კომპოზიტური მასალების კომპლექსურობის გამო საჭიროა პირობების იდენტიფიკაცია, ამიტომაც ყველა კომპოზიტი გამოცდილი იქნება 60% ნესტიან ჰაერში და 24 გრადუსზე.

ექსპერიმენტები მოიცავს რამდენიმე მნიშვნელოვან პარამეტრის დადგენას, მათ შორის არის სიმტკიცის, ადჰეზიურობის, ვიზუალური და მექანიკური შეფასება, გაშრობის დროის დადგენა, სისტემის გაჟღენთვის კოეფიციენტის დადგენა.

ასევე აღსანიშნავია რომ კომპოზიტური ბუნების გამო, ზოგიერთი ექსპერიმენტი ჩატარებული იქნება ინდივიდუალურ ინგრედიენტებზე.

სიტუაციას ართულებს ის ფაქტიც, რომ საკვლევი ნივთიერებები არის სხვადასხვა ფაზაში, ამიტომ საჭირო იქნება მორევის პირობების დადგენა.

მორევის პირობების დადგენა შესაძლებელი იქნება მხოლოდ ექსპერიმენტული ცდებით, რადგან საკვლევი ელემენტები არსებობენ ორ სხვადასხვა ფაზაში, საჭირო იქნება არამარტო რომელ დროს უნდა იყო დამატებული საკვლევი ნივთიერებები, ასევე უნდა დავადგინოთ როგორ უნდა შევიყვანოთ საკვლევი ნივთიერები ჩვენ ფხვინლებში.

მორევის მეთოდები არის შემდეგი:

- 1) საკვლევი ნივთიერებების დამატება წყალში, რომელიც შემდგომ გაერევა ზემოთ-აღნიშნულ რეცეპტს
- 2) საკვლევი ნივთიერება ემატება რეცეპტს, რომლის შემდგომ მოხდება მორევა, სარეველას საშუალებით 60 წამის განმავლობაში, ამის შემდეგ იქმნება წყალი, რომლის შემდგომაც 180 წამი პაუზის შემდეგ მოხდება 45 წამის განმავლობაში
- 3) საკვლევი ნივთიერება და წყალი ერთდროულად ემატება რეცეპტს რომლის შემდგომ ხდება 1 წუთიანი მორევა, რომელაც მოყვება 180 წუთი პაუზა და შემდგომ 45 წამი მორევა.

4) რეცეპტებზე საკვლევი ნივთიერებების დამატება, მას შემდეგ რაც სისტემაში წყალი დავამატეთ.

კონცენტრაციის დასადგენად მშრალ ნივთიერებას ვუმატებთ შესაბამის 2% 4% და 8% ტეტრაეტოქსისილანს და ეთილსილიკატს. დამატება ხდება პიპეტის საშუალებით. ყოველი დამატების შემდგომ, ხდება კომპოზიტური მასალის მორევა, ამ პროცესის საშუალებით ჩვენ ხელს ვუწყობთ ტეტრაეტოქსისილანის თანაბარ გადანაწილებას მყარ ნაწილაკებში. მორევა ხდება მექანიკური სარეველას საშუალებით 60 წამის განმავლობაში, რომლის შემდგომ კომპოზიტურ მასალას ემატება წყალი, წყლის კოეფიციენტი საცდელ კომპოზიტურ მასალაში წარმოადგენს 0,24 ანუ ყოველ 1 გრამ მყარ ნივთიერებაზე მოდის 0,24 გრამი წყალი. წყლის დამატების შემდგომ ხდება კომპოზიტური მასალის მორევა, მორევის რეჟიმი მიმდინარეობს ევროპული სტანდარტების მიხედვით, 60 წამი მორევა, 180 წამი ტექნიკური პაუზა, რომელიც საშუალებას აძლევს კომპოზიტურ მასალას მომწიფდეს. ტექნიკური პაუზის შემდგომ ხდება კომპოზიტური მასალის მორევა 45 წამის განმავლობაში. მორევა ხდება ლაბორატორიულ პირობებში, ოთახის ტემპერატურა წარმოადგენს 24 გრადუს ცელსიუსით და ჰაერის სინესტე არის 50-70%. მორევის შემდგომ, კონტეინერი გადადის არქივში, სადაც ხდება კომპოზიტური მასალის დატანა ბეტონის ფირფიტაზე. რომლის წყლის აბსორბცია არ აღემატება 0,2 მილიგრამს, ბეტონის ფირფიტაზე დატანა ხდება კბილებიანი შპატელის საშუალებით, დატანის შემდგომ ველოდებით 30 წამს რომლის შემდგომაც ხდება ქვის ფირფიტის დატანა ბეტონის ფირფიტაზე, წონის სწორი განაწილებისთვის ფირფიტაზე განლაგებულია 500 გრამის წონაკი, ეს წონაკი განლაგებულია 30 წამის განმავლობაში. პარალელურად ქვის ფირფიტაზე ხდება კომპოზიტურ მასალას დატანება, 30 წამის შემდგომ მასზე თავსდება ქვის ფირფიტას და 500 გრამიან წონაკს, 30 წამის შემდგომ წონაკს სცილდება. პარალელურად საჭიროა ჰაერზე დავტოვოთ კომპოზიტური მასალა, აუცილებელია დაცული იყოს ჰაერის უმოძრაობა. პირობების დასადგენად ვიყენებთ ცემენტურ კომპოზიტურ მასალას რომელიც შედგენილობა მოთავსებულია (1) ცხრილში

ცხრილი 1

ოპტიმალური მორევის რეჟიმის დასადგენად გამოვიყენებთ შემდეგ რეცეპტს

ქვიშა 56%
კალციუმის კარბონატი 6%
ცემენტი 32,5 30%
კალციუმის ფორმატი 0,3%
მეთილ ცელულოზა 0,3%

ეს რეცეპტი გამოცდილი იქნა ადჰეზიაზე, რომელიც წარმოადგენს ყველაზე კარგ ინდიკატორს თუ როგორ იმოქმედებს საკვლევა ნივთიერებებმა ამ უკანსკვნელ რეცეპტზე.

სიმტკიცის დადგენა ხდება სპეციფიკურ დამზადებულ ფორმებში, რომელიც განსაზღვრულია იყო ევროპული სტანდარტებით, ეს ფორმები წარმოადგენენ მეტალურ კონტეინერებს, სადაც თავსდება 400-450 გრამი ნივთიერება, ადჰეზიის ზედაპირი არის შერჩეული შემდეგი კრიტერიუმების საშუალებით:

- 1) ზედაპირი უნდა იყოს გლუვი მაგრამ იდეალური სიგლუვე ნეგატიურად მოქმედებს შედეგებზე

2) ზედაპირი უნდა იყოს ხორკლიანი

3) ზედაპირის წყლის შთანთქვის კოეფიციენტი არ უნდა აღემატებოდეს 0,2 მგ ადჰეზიის შედეგები მიიღება 1, 7, 28. დღის შემდგომ, ტემპერატურულ პირობებში 20-23°C , ჰაერის სინესტე 50-70% პირობებში. [7;8]

ასევე მნიშვნელოვანია ტემპერატურის მიმართ გამძლეობა, ეს მოიცავს ანალოგიურ ტესტირებას მაგრამ ამ შემთხვევაში საკვლევი სინჯი თავსდება ორი კვირით ღია პირობებში და ორი კვირით 70-75 ლუმელში.

შედეგები მნიშვნელოვანია რადგან იმის გამო რომ საკვლევი/საექსპერიმენტო ნივთიერებები იმყოფებიან სხვადასხვა ფაზაში და მათი კომპლექსური ბუნების გამო საჭიროა შერევის ოპტიმალური რეჟიმის შერჩევა.

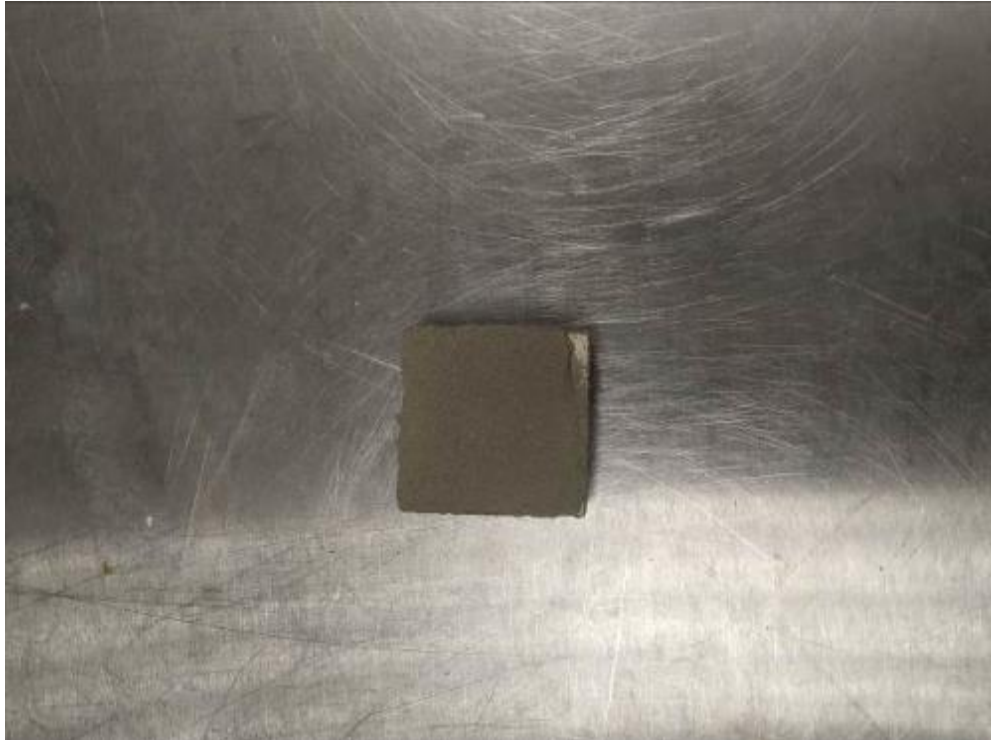
ადჰეზიის ზედაპირი არის შერჩეული შემდეგი კრიტერიუმების საშუალებით:

1) ზედაპირი უნდა იყოს გლუვი მაგრამ იდეალური სიგლუვე ნეგატიურად მოქმედებს შედეგებზე

2) ზედაპირი უნდა იყოს ხორკლიანი

3) ზედაპირის წყლის შთანთქვის კოეფიციენტი არ უნდა აღემატებოდეს 0,2 მგ

ადჰეზიის შედეგები მიიღება 1, 7, 28. დღის შემდეგ, ტემპერატურულ პირობებში 20-23 გრადუსი ცელსიუსი, ჰაერის სინესტიით 50-70%. ადჰეზიურობისთვის მნიშვნელოვანია კომპოზიტური მასალის მოგლეჯვის ხარისხი, ანუ საჭიროა ვიზუალური შეფასება ადჰეზიური/კოგეზიური ზედაპირისა. [7;8]



სურათი 1. CF-A-100% მაგალითი

ვიზუალური ხედი და სამუშაო თვისებები ყველაზე ძირითადი თვისებებია, ეს განისაზღვრება ვიზუალური დაკვირვებით და კომპოზიტის ხელით მორევისას და აპლიკაციის დროს. ტეტრაეტოქსისილანით თვისებების გაუმჯობესების მიზნით, შესაძ-

ლებელია მისი გააქტიურება მარილმჟავას დახმარებით, სიმარტივისთვის მარილმჟავის დამატება მოხდება გრამებში, 1:1 პროპორციით ტეტრაეტოქსისილანთან, რადგან დადგენილი იყო რომ ტეტრაეტოქსისილანის კონცენტრაციის მასიმალური რაოდენობაა 2%.

ასევე აღსანიშნავია რომ შემოწმებული იქნება წყლის მიმართ გამძლეობა, ანუ რამდენად შთანთქავს კომპოზიტი წყალს, ეს უკანსკნელი განსაზღვრული იქნება არამარტო სუფთა სასმელ წყალზე, არამედ მარილიან წყალზეც. ეს თვისებები წარმოადგენენ ჰიდროიზოლაციის ყველაზე მნიშვნელოვან მახასიათებელს.

ჰიდროიზოლაციური სისტემები დამოკიდებულია მათი ზედაპირზე მიცელების წარმოქმნაზე, მიცელა ქმნის ჰიდროფობურ ფენას მასალის გარშემო რომელიც შემდგომ არ აძლევს წყალს შესვლის უნარს.[15]

ჰიდროიზოლაციის მთავარი თვისებებია არ განიცადოს წყლის შთანთქვამ ამისათვის გამოიყენება უკანსკნელის მაჩვენებლის საზომი ხელსაწყოა ეგრედ წოდებული კარლსტონის მილი. კარლსტონის მილის საშუალებით ვადგენთ წყლის შთანთქმის უნარს, ამ ხელსაწყოს გამოყენება ხდება მისი ფიქსაციით საკვლევ ზედაპირზე, ფიქსაცია ტიპიურად ხდება სილიკონური წებოს საშუალებით, ეს უკანსკნელი საჭიროა იმისთვის რომ კარლსტონის მილმა არ გაჟონოს წყალი. კარლსტონის მილი სურათი 2.



სურათი 2. კარლსტონის მილი

ჰიდროიზოლაციაში დამატებისას ვიღებთ კერამიკის ფირფიტას, რომლის წყლის ადსორბცია არ აღემატება 3%, რომელიც გამოყენებული იქნა როგორც დასატანი მასალა. აღსანიშნავია რომ დატანის მეთოდი ძალზე მნიშვნელოვანია. ამ დროს ხდება ორი ფენის წასმა, პირველი ფენა წაისმება ფუნჯის საშუალებით, მეორე ფენა ბრტყელი შპატელის საშუალებით. ტეტრაეტოქსისილანის კონცენტრაციებია 1%, 2% და 3%. მშრალ ნივთიერებას ვუმატებთ შესაბამისად 1%, 2% და 3% ტეტრაეტოქსისილანს. დამატება ხდება პიპეტის საშუალებით. ყოველი დამატების შემდგომ, ხდება კომპოზიტური მასალის მორევა, ამ პროცესის საშუალებით ჩვენ ხელს ვუწყობთ ტეტრაეტოქსისილანის თანაბარ გადანაწილებას მყარ ნაწილაკებში. მორევა ხდება მექანიკური სარეველას საშუალებით 60 წამის განმავლობაში, რომლის შემდგომ კომპოზიტურ მასალას ემატება წყალი, წყლის კოეფიციენტი საცდელ კომპოზიტურ მასალაში წარმოადგენს 0,24 და 0,26-ს, პირველი ფენა

კერამიკის ფირფიტაზე ხასიათდება წყლის 0,26 კოეფიციენტით, მისი დატანება ფუნჯით, ზემოდან ქვემოთ, მეორე ფენა რომელიც ხასიათდება 0,24 წყლი კოეფიციენტით, დაიტანება შპატელით, მარცხნიდან მარჯვნივ, ასეთი დატანება ხელს უწყობს ნებისმიერი მიკრონაპრალეების შევსებას.[12]

კვლევაში ასევე მნიშვნელოვანი როლი უკავიათ თხევად იატაკებს. თხევადი იატაკები წარმოადგენენ მნიშვნელოვან სამშენებლო მასალას, მათი საშუალებით ხდება იატაკების ზედაპირის მოსწორება, ეს საჭიროა სამშენებლო პროცესის შემდგომ შექმნილი არასწორი ადგილების დაფარვა. გლუვი ზედაპირი რომელიც იქმნება ამ პროცესის შემდგომ ხელს უწყობს ტრანსპორტაციას და სხვა მნიშვნელოვან პროცესს. თხევადი იატაკები სხვადასხვა ბაზაზე არის დაფუძნებული. არსებობს ეპოქსიდური, სილიკონური, ცემენტური და თაბაშირის ბაზაზე შექმნილი თხევადი იატაკები. თხევადი იატაკები, ფუნჯის მიხედვით ძალზე განსვავებულია, მაგრამ მათი მთავარი მახასიათებელია სიმტკიცე და გამძლეობა გარე პირობების მიმართ, როგორც არის დაფხაჭვნის მიმართ გამძლეობა, განთხევადობა, გაშრობის დრო, წყლის მიმართ გამძლეობა და ა.შ მათი შემოწმება ხდება მათი გაჟღენთვის საშუალებით, სპეციალურად იქმნება სპეციალური მეტალური ცილინდრი რომელშიც ისხმება 400 გრამი მასალა და 10 წუთის მერე, ვერტიკალური აწევით ხდება გაჟრენთვის დადგენა სახაზავის საშუალებით.

ინტერესისთვის ჩატარებული იყო ინდივიდუალური კვლევებიც ცალკეულ კომპონენტებზე როგორც არის თაბაშირი. აღებული იყო 2 კილოგრამი თაბაშირი, რომელიც გაცრილი იყო 0.5 მმ საცერ ძაბრზე. აქედან 4 კონტეინერში განაწილებული იყო 450 გრამი თაბაშირი, პირველ კონტეინერში ემატება 176 გრამი სასმელი წყალი რომელიც შემდგომ მოურიე სარეველას საშუალებით რომელის სიჩქარე არის 600 ბრუნნი წუთში, ეს მორევა გრძელდება 1 წუთის განმავლობაში, ამის შემდგომ თაბაშირი განაწილდება საცდელ ფორმაში და დავეცადეთ 2 საათი. ანალოგიური მორევა ჩატარდა მეთილსილიკატთან, მხოლოდ წყალთან მორევის შემდგომ დავამატეთ 1, 2 და 3% ეთილსილიკატი და 45 წამის განმავლობაში ვურევდით, რომლის შემდგომ განაწილდა იდენტურ ფორმებში ორი საათით. ორი საათის შემდგომ ფორმებიდან გამოვიღეთ გაქვავებული თაბაშირი და გამოცდილი იყო ჰიდრაავლიკურ წნეხში. ეს ცდა გამეურებული იყო სამჯერ და სხვადასხვა თაბაშირის სინჯით სიზუსტისთვის. 45 წამი მორევა საკმარისი იყო ჰომოგენური მასის მისაღებად.[14]

ცდები ჩატარებული იყო ასევე ბეტონის ფირფიტებთან. ჩატარებული იყო ექპერიმენტი არასუფთა ცემენტთან, იყო გამოყენებული არასტანდარტული ქვიშა, რომელიც გაცრილი იყო 2,0მმ ძაბრზე, ფირფიტებში გამოყენებული იყო 5კგ ქვიშა, 3კგ ბეტონი, 0,800 გრამი წყალი, ბეტონის ასაკი აღწევდა 28 დღეს.

ცდები ასევე ჩატარებული იყო ცემენტთან. ტეტრაეტოქსისილანის შესამოწმებლად მოხდა მისი ჩამატება ცემენტისა და ქვიშაში, სტანდარტების მიხედვით, აღებული იყო 1350 გრამი ქვიშა, 450 გრამი ცემენტი და 225 გრამი წყალი. გამოყენებული იყო 32.5 მარკის ცემენტი, შექმნილი იყო 6 ფორმა რომლებიდანაც ნახევარი დამუშავებული იყო, 24 საათის შემდგომ შედეგებმა აჩვენეს, რომ ტეტრაეტოქსისილანი როდესაც დამატებულია როგორც ზედაპირული შრე გვამღევს შედეგს ჰიდროსაიზოლაციაზე. ასევე მოხდა წნეხის მიმართ სიმტკიცის გაზრდა.

ცხრილი 2

ადჰეზიის შედეგები 24 საათის შემდგომ

მეთოდის ნომერი	ადჰეზიის შედეგები	ადჰეზიის ტიპი
1	0,25 0,21 0,29 0,21 0,29 მპა	CF-A-30%
2	0,34 0,35 0,32 0,33 0,34 მპა	CF-A-45%
3	0,22 0,29 0,21 0,23 0,20 მპა	CF-A-50%
4	0,24 0,23 0,27 0,30 0,28 მპა	CF-A-50%

მაშასადამე, შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მორევის მეორე მეთოდიკა წარმოადგენს ოპტიმალურს ადჰეზიის ტიპი (CF-A-) გვიჩვენებს თუ სად მოხდა წებოვნობის და სტრუქტურის დარღვევა, ჩვენ შემთხვევაში ადჰეზიის ტიპი CF-A გვიჩვენებს თუ რამდენად დაზიანდა შესაწებებელი მასალა ანუ ეს წარმოადგენს მის ადგეზიურ მაჩვენებელს

აღსანიშნავია რომ მეორე მეთოდიკა, წარმოადგენს ოპტიმალურს და მისი გამოყენება შესაძლებელი იქნება მასიურ წარმოებაში, როდესაც მოხდება მორევა მშრალ ნივთიერებებთან ერთად და ყოველი ინგრედიენტი იქნება ერთსა და იმავე ფაზაშია.

ანალოგიური კვლევა ჩატარებული იყო ეთილსილიკატთან, შედეგები ანალოგიურია მაგრამ 5%-10% სხვაობით.

ცხრილი 3

ადჰეზიის შედეგები 24 საათის შემდგომ

მეთოდის ნომერი	ადჰეზიის შედეგები	ადჰეზიის ტიპი
1	0,27 0,22 0,29 0,24 0,29 მპა	CF-A-20%
2	0,36 0,32 0,36 0,33 0,33 მპა	CF-A-60%
3	0,23 0,27 0,22 0,22 0,24 მპა	CF-A-60%

ექსპერიმენტალური შედეგები კვლავ გვიჩვენებენ რომ მეორე მეთოდიკა ოპტიმალურია.

2.1 კვლევა წებო ცემენტში

წებო ცემენტები წარმოადგენენ კომპლექსურ კომპოზიტურ მასალას, რომლებიც ხშირად შედგება მრავალი კომპონენტისგან.

ჩვენი კვლევისთვის გამოვიყენებთ მარტივ კომპოზიტს, ეს გაკეთდა იმისთვის რომ შედეგის მიღების შემთხვევაში ადვილად შესაძლებელია დავადგინოთ რა შეიცვალა.

ცხრილი 5

საკვლევი კომპოზიტის შემადგენლობა

ქვიშა 56%
კალციუმის კარბონატი 6%
ცემენტი 32,5 30%
კალციუმის ფორმატი 0,3%

მეთილ ცელულოზა 0,3%

ადჰეზიის შედეგების აღება ხდება 28 დღის შემდეგ:

ცხრილი 6

ადჰეზიის შედეგები 28 დღის შემდგომ

ტეტრაეტოქსისილანანის რაოდენობა	ადჰეზია	აგლეჯვის ტიპი
0%	0,72 0,60 0,82 0,58 0,65 მპა	CF-A-100%
2%	0,31 0,38 0,35 0,31 0,33 მპა	CF-A-80%
4%	0,22 0,26 0,28 0,20 0,20 მპა	CF-A-50%
8%	0,2 0,15 0,24 0,15 0,19 მპა	CF-A-60%

4% და 8% კომპოზიტიური ხსნარები ხასიათდებიან სწრაფი შრობით, გამოირჩევიან ბრჭყვიალა ზედაპირით. ჰაერში იგრძნობა ძლიერი სპირტის სუნნი.

სამუშაო თვისებები მკვეთრად შეცვლილია, მასალა გაცილებით უფრო თხევადი და გლუვია და შრება საკმაოდ სწრაფად.

ცხრილი 7 შრობის და კორექტირების დრო

კონცენტრაცია (%)	ღია დრო (წთ)	კორექტირების დრო (წთ)
2%	20	30
4%	10	20
8%	10	20

ცხრილი 8 კომპოზიტების ჩამოცურება

ჩამოცურება (mm)

0%	0.652
2%	0,752
4%	0,742
8%	0,731

ტეტრაეთილსილოქსანის მაღალი კონცენტრაცია მკვეთრად ამცირებს ღია და კორექტირების დროს, მაგრამ 2% პროცენტის კომპოზიტი აჩვენებს სტანდარტულ ღია დროს. ამიტომაც შემდგომ ექსპერიმენტებში გამოყენებული იქნება მხოლოდ 2% კომპოზიტები.

ეთილსილიკატის დამატებით, მიღებული შედეგები ჩამოცურებაზე, ღია დროზე და კორექტირების დროზე გვიჩვენებს მცირე ცვლილებებს, სხვაობა 3-5%-ის ფარგლებშია. აღსაღნიშნავია ძლიერი სუნნი.

კომპოზიტი ხასიათდება ძლიერი სპირტული სუნით, რომელიც გამოწვეულია ტეტრაეტოქსისილანის ჰიდრატაციით, სუნნი ძალზე ძლიერია და საჭიროებს ვენტილაციას.

კომპოზიტის ზედაპირი ხასიათდება ბზინვარებით, გლუვი ზედაპირით, შეწეების მცირე უნარით.

კომპოზიტი ხასიათდება მაღალი დენადობით, ვერტიკალურ ზედაპირზე იგი არ ხასიათდება დიდი წებოვნებით.

კვლევა ასევე ჩატარებული იყო თბოგამძლე კომპოზიტთან, რომელშიც ცემენტის რაოდენობა 40%, კალციუმის კარბონატი 5% და ცელულოზის რაოდენობა გაზრდილი 0,55% მდე, ფორმიატი ემატება 0,5% მდე.

შედეგები ლაბორატორიულ პირობებში იძლევა საშუალო ადჰეზიას 1,30 მპა მაშინ როდესაც კომპოზიტები რომელშიც დამატებული ტეტრაეტილ სილიკატი და ეთილ-სილიკატი იძლევიან 1,13 მპა და 1,20 მპა შედეგებს, ტემპერატურული გამოცდებთან, შედეგები ანალოგიურია, ჩვეულებრივი კომპოზიტი გვაძლევს 1,10 მპა მაგრამ კომპოზიტები რომლებშიც დამატებული იყო საკვლევი ნივთიერებები გვაძლევს 0,85 და 0,79 მპა შედეგებს. კომპოზიტის ცალკე აღებული ნაწილები სრაფად შრება და საკმაოდ ადვილად იფშვნება.



სურათი 3. კომპოზიტი რომელშიც არის 1% ტ.ე.ს

კომპოზიტური მასალის მალე შრობა აშკარად გამოწვეულია ტეტრაეტოქსისილანის ჰიდროლიზით, რომლის დროსაც ადგილი აქვს სპირტის წარმოქმნას, რომელიც ხელს უწყობს წყლის გამოშრობას. წყლის გამოშრობა ხელს უშლის ჰიდროლიზის პროცესს.

2.2 კვლევა მარილმჟავას დახმარებით

ტეტრაეტოქსისილანის და მარილმჟავას დამატება მოხდა ოპტიმალური მეთოდით, ანუ მოხდა ნივთიერებათა ცალ ცალკე დამატება, 1 წუთის განმავლობაში შერევა და შემდგომ წყლის დამატება 0.21 კოეფიციენტის გათვალისწინებით.

შედეგები მოიცავს გაცილებით გაზრდილ ადჰეზიურობას, რომლის შედეგებია:

ცხრილი 9

ადჰეზიის შედეგები 28 დღის შემდგომ

კონცენტრაცია (%)	ღია დრო (წთ)	მოგლეჯივის ტიპი.
2%	0,76 0,75 0,81 0,68 0,71	CF-A-100

შედეგების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ რომ მარილმჟავას კონცენტრაცია მტკიცედ ცვლის ადჰეზიურობის უნარს, ეს გამოწვეულია იმით რომ იმაში რომ დამატებული მარილმჟავა მკვეთრად ცვლის კომპლექსური მასალის pH-ს რაც იწვევს ცემენტურ ნარეგების ინჰიბირებას, რადგან კალციფიკაციის რეაქციებისთვის საჭიროა ტუტე/ფუძე არე, ხოლო მჟავა არე პირიქით ანელებს რეაქციებს. შენელება შეიძლება გამოწვეული იყოს

ტეტრაეტოქსისილანის ქლორირების რეაქციით, იმისდა მიხედვით რა პროპორციითაა აღებული ტეტრაეტოქსისილანი და მარილმჟავა შეიძლება ვივარაუდოთ შესაძლებელია მოხდეს ტეტრაეტოქსისილანის ნაწილობრივი ან სრული ქლორირება.

2.3 ინდივიდუალური კომპონენტების კვლევა

კომპოზიტური მასალის რთული ბუნების გამო საჭიროა დადგენილი იყოს თითოეული ინგრედიენტის ქცევა. ამიტომაც ვიღებთ ცელულოზას, 32.5 ცემენტს, კალციუმის ფორმატს, ქვიშას და კალციუმის კარბონატს და ვუმატებთ პიპეტიდან ერთ წვეთს ტეტრა ეტოქსისილანს. საკვლევად აღებულია 30 გრამი თითოეული ნივთიერება.

ქვიშა არ იძლევა გამორჩეულ შედეგებს, დაწვეთების შემდეგ არ შეიმჩნევა განსაკუთრებული ცვლილებები.

კალციუმის კარბონატი არ იძლევა გამორჩეულ შედეგებს, დაწვეთების შემდეგ არ შეიმჩნევა განსაკუთრებული ცვლილებები.

ვინილ და ეთილაცეტატის ნარევი არ იძლევა გამორჩეულ შედეგებს, დაწვეთების შემდეგ არ შეიმჩნევა განსაკუთრებული ცვლილებები.

კალციუმის ფორმატი არ იძლევა გამორჩეულ შედეგებს, დაწვეთების შემდეგ არ შეიმჩნევა განსაკუთრებული ცვლილებები.

სილიკონური ჰიდროფობური ფქვილი არ იძლევა გამორჩეულ შედეგებს, დაწვეთების შემდეგ არ შეიმჩნევა განსაკუთრებული ცვლილებები. მეთილცელულოზა გვამღევეს ჟელეს მაგვარ მკრივ ნაერთს, რომელიც არ ხასიათდება არც სუნით და არც ფერით, მაგრამ აღსანიშნავია რომ 3 საათის შემდგომ ნაერთს დაკრავს მოყვითალო ფერი. ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს მიზეზით: 1) საკვლევი ნივთიერება შედის რეაქციაში ცელულოზასთან ან ხდება მისი მექანიკური აბსორბცია და გელის წარმოქმნა; 2) ცელულოზა შედის რეაქციაში ჰიდრატირებულ ტეტრაეტოქსისილანთან და განიცდის აბსორბციას ცელულოზაზე სურათი 4.



სურათი 4. ცელულოზა შედის რეაქციაში ჰიდრატირებულ ტეტრაეტოქსისილანთან

კალციუმის ფორმატი- არ იძლევა გამორჩეულ შედეგებს, დაწვეთების შემდეგ არ შეიმჩნევა განსაკუთრებული ცვლილებები. სურათი 5.



სურათი 5. კალციუმის ფორმატი- არ იძლევა გამორჩეულ შედეგებს

ცემენტი- შთანთქავს ტეტრაეტოქსისილანს და გვაძლევს ტენიან მასას, მაგრამ არაფერი არ შეიმჩნევა გარდა იმისა რომ ცემენტი არ ემაგრება მინის ზედაპირს, რაც იმაზე მიგვითითებს რომ ჰიდრატაციის რეაქცია არ მიდის. (სურათი 6)



სურათი 6. ტეტრაეტოქსისილანი ვიზუალურად არ შედის რეაქციაში ცემენტთან

2.4 კვლევა ჰიდროიზოლაციაში

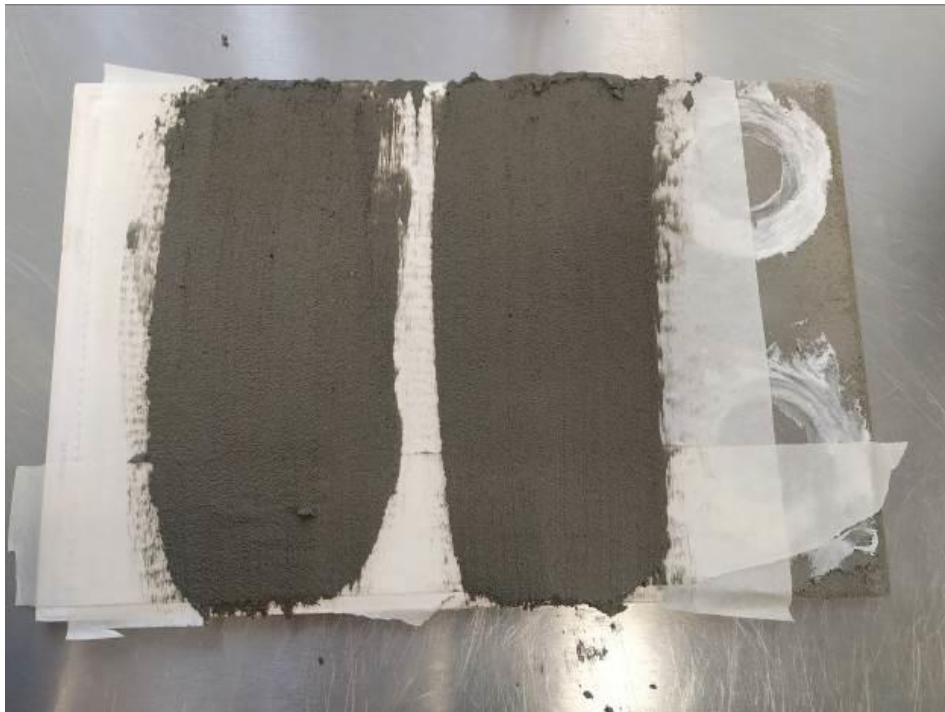
ჰიდროიზოლაცია გაცილებით უფრო რთული სისტემა ვიდრე ჩვეულებრივი წებოები, ეს დამატებითი სირთულე გამოწვეულია კომპოზიტის გაზრდილი კომპლექსურობით, იგი შეიცავს სილიკატებს და ცელულოზის სხვადასხვა მოდიფიკაციებს რომელიც ართულებს სისტემის შესწავლას.

ცხრილი 10: ჰიდროიზოლაციის შემადგენლობა

ინგერიდენტი	პროცენტი
პორტლანდ ცემენტი 42,5	35,5%
ქვიშა	35,0%
ვინილ და ეთილ აცეტატის ნარევი	2,0%
კალციუმის ფორმატი	0,3%
კალციუმის კარბონატი	15%
ჰიდროქსი-მეთილ-ცელულოზა	0,1%
სილიკონური ჰიდროფობური ფქვილი	0,4%



სურათი 7. ჰიდროიზოლაცია ვიზუალურად

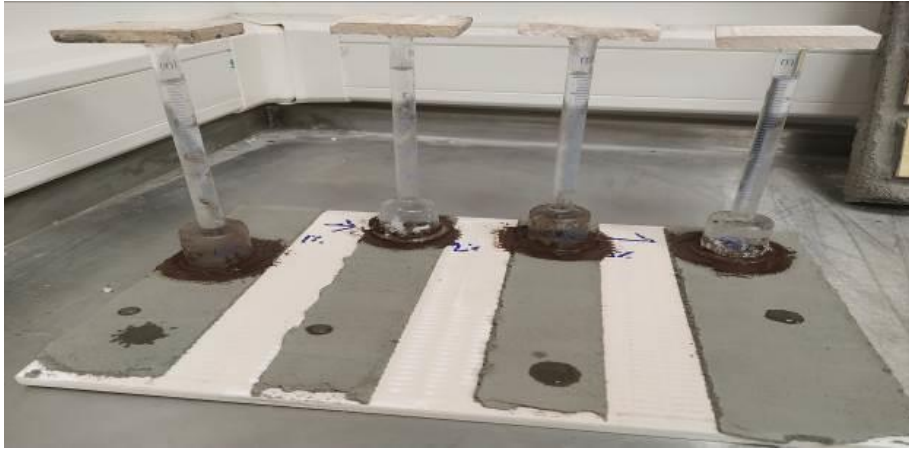


სურათი 8. ჰიდროიზოლაცია რომელიც ზედაპირზე იყო დასმული

შედგის ჩაწერა ხდება ყოველი 2 საათის შემდგომ, პროცესი მეორდება 6 საათის განმავლობაში, ხანგრძლივი შედეგის შესაფასებლად დაკვირვება ხდება 24 საათის შემდგომაც.

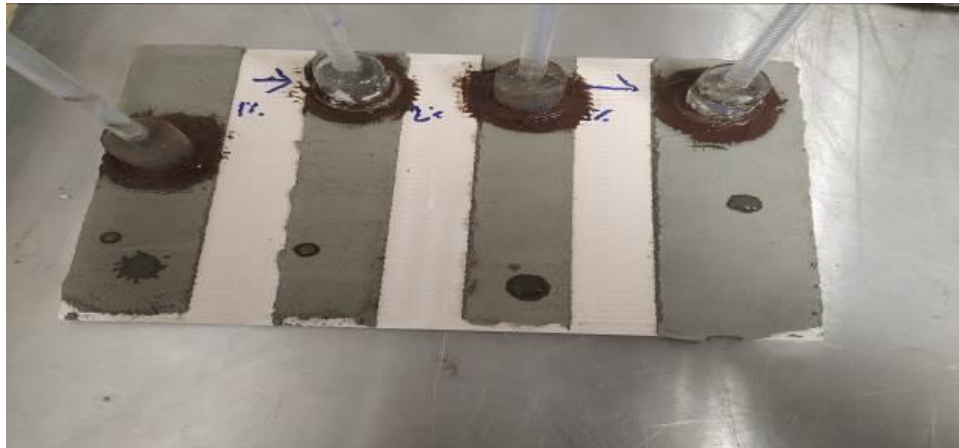
აღსანიშნავია რომ წყლის მიმართ გამძლეობა ასევე მოწმდება წნევის პირობებში, ასევე ხდება მარილიანი წყლის ზემოქმედების შესწავლა ჰიდროიზოლაციაზე, ეს უკანსკნელი

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საპორტო და ზღვისპირა ქალაქებში სადაც წყლის მარილიანობა ძალზე მაღალია.



სურათი 9. ჰიდროფობის წყლის მიმართ გამძლეობის განსაზღვრა, პირველ ორ საათში

ექსპერიმენტი იწყება მიღების ამოვსებით, რომლის თავზეც თავსდება კერამიკის ფირფიტა რადგან არ მოხდეს წყლის აორთქლება.

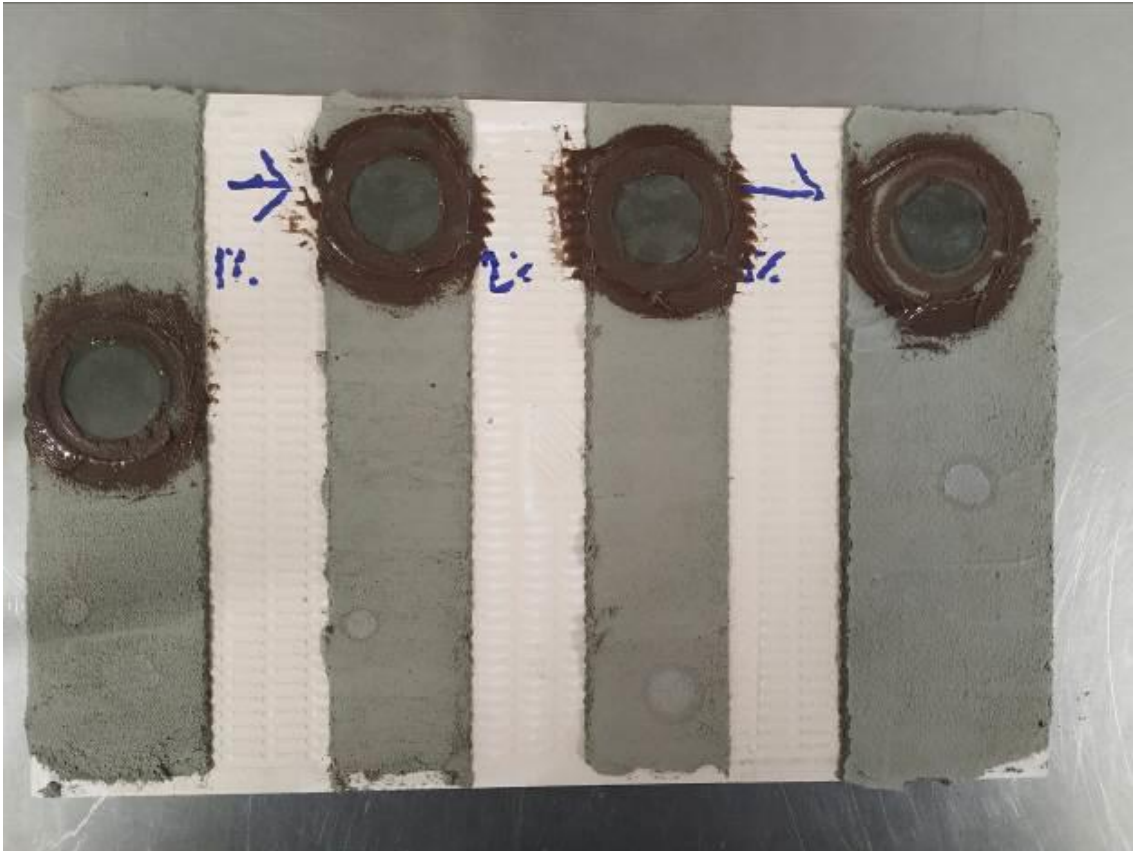


სურათი 10. ჰიდროფობაციაზე დამატებული წვეთები გვიჩვენებს ჰიდროფობურ თვისებებს.



სურათი 11 ორი საათის შემდგომ 1% იანი კომპოზიტი აჩვენებს 0,6 მგ წყლის შეწოვას, 2%-იანი 0,5 მგ, 3% კი 0,2მგ

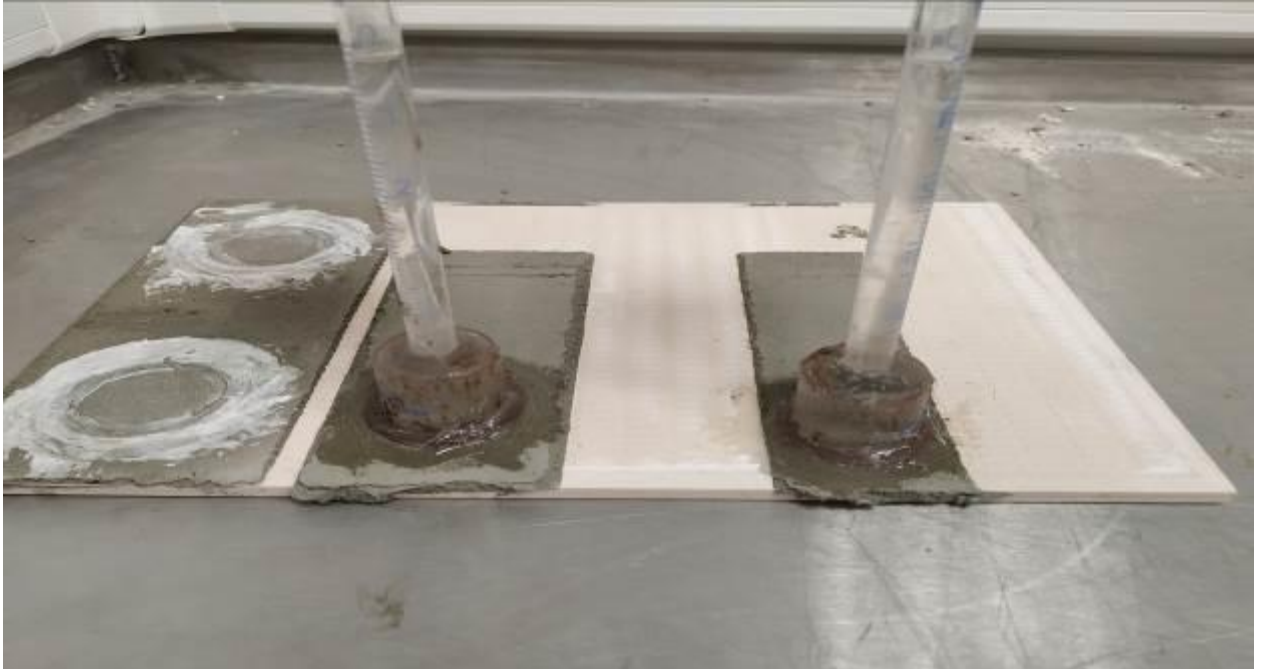
პირველი არის შესადარებელი ეგზემპლარი, რომელიც შეიცავს 0%.



სურათები 12 ჰიდროიზოლაცია ექსპერიმენტის შემდგომ

აღსანიშნავია რომ ადგილებში სადაც მოთავსებული იყო ტეტრაეტოქსი სილანი ხასიათდებიან არაჰომოგენური ზედაპირით.

შემდგომი ექსპერიმენტები მოიცავს მარილმჟავის გამოყენებას კომპოზიტებში, ამ შემდგომ უკანსუნელ კომპოზიტურ მასალებში გამოყენებულია ის ფაქტი რომ მარილმჟავა შეიძლება შევიდეს ტეტრაეტოქსისილანთან შევიდეს რეაქციაში და ქიმიურად გააქტიროს, ამიტომაც ექსპერიმენტის სიმარტივისთვის, დავამატებთ მარილმჟავის კონცენტრატს 1:1 თანაფარდობით. ასევე დამატებითი ინფორმაციისთვის და მდგრადობის უკეთესი შეფასებისთვის, შაჭირთა გამოყენებული იყოს მარილიანი წყალი, უფრო კონკრეტულად 10%-იანი მარილის წყალხსნარი, რომელიც გვამღევეს კარგ იმიტაციას ზღვის წყლისა.



სურათი 13 ჰიდროიზოლაცია მარილიან წყალთაში
ექსპერიმენტებისთვის გამოყენებული იყო იგივე რეცეპეტი.

მიუხედავად იმისა რომ წყალში არსებული მარილი წარმოადგენს ეროზიის დიდ წყაროს, ექსპერიმენტული შედეგების მიხედვით წყალსა და მარილიან წყალს შორის სხვაობა იყო მინიმალური.

ეთილსილიკატის დამატებით იგივე პროპორციით და იგივე პირობებში ამჟღავნებს უკეთეს შედეგებს, წყლის აბსორბცია 3% ეთილსილიკატის დამატებით გვამღევს წყლის აბსორბციას 0,1 მგ-ის ფარგლებში, მაგრამ ნაერთის დატანება გაცილებით ძნელდება, კომპოზიტიური მასალა გაცილებით უფრო სწრაფად შრება, სამუშაო თვისებები უარესდება.

2.5 კვლევა იატაკებში ექსპერიმენტული შედეგები

ცხრილი 11: გამოყენებული იატაკის ფორმულა

ინგრედიენტი (ცემენტური)	%
ქვიშა	40
პორტლანდ ცემენტი 32,5 მარკა	20,5
ვინილ და ეთილ აცეტატის ნარევი	1,6
თაბაშირი	0,7
კალციუმის კარბონატი	30
პოლიკარბოციკლური ეთერი	0,16
ალუმინატური ცემენტი	2,7
ცალციუმის ჰიდროქსიდი	1,80
ალკოოქსილატის და პოლისილოქსანის ნარევი	0,06
ნატრიუმის კარბონატი	0,24
ცელულოზის ეთერი	0,06

ლიმნის მჟავა	0,15
ცხრილი 12: თაბაშირული იატაკის ფორმულა	
ინგრედიენტი (თაბაშირული)	%
ქვიშა	35,00
პორტლანდ ცემენტი 32,5 მარკა	10
ვინილ და ეთილ აცეტატის ნარევი	1,6
თაბაშირი	30
კალციუმის კარბონატი	20
პოლიკარბოციკლური ეთერი	0,16
ალკოოქსილატის და პოლისილოქსანის ნარევი	0,06
ცელულოზის ეთერი	0,06
ლიმნის მჟავა	0,05

პირველი რაც გაიზომება არის გაჟღენთვა, გაჟღენთვა იზომება სპეციალური ცილინდრის საშუალებით, რომელშიც ჩაისხმება 400 გრამი საკვლევი ნივთიერება. ცილინდრის ვერტიკალურად აღების შემდგომ საკვლევი ნივთიერება იჟღინთება გლუვ ზედაპირზე და გვიჩვენებს თუ რამდენად თხევადია საკვლევი ნივთიერება.



სურათი 15. ვიკას ცილინდრი



სურათი 14 გაჟღენთილი იატაკები

ტეტრაეტოქსისილანი და მარილმჟავა (თაბაშირთან) გვაძლევს გაჟღენთვას, რომელიც დიამეტრში არ აღემატება 23 სანტიმეტრს, 11 წუთის შემდგომ. ტეტრაეტოქსისილანი და მარილმჟავას (ცემენტთან) გვაძლევს გაჟღენთვას რომელიც დიამეტრში არ აღემატება 25 სანტიმეტრს. ეთილსილიკატი იძლევა ოდნავ უარეს შედეგს, თაბაშირთან იგი იძლევა 22 სანტიმეტრს დიამეტრში. ყველა შემთხვევაში საკვლევი ელემენტების დამატებისას მასალები განიცდიან გაცილებით უფრო სწრაფ შრობას, ზოგადად თაბაშირის მასალას სჭირდება საშუალოდ 3 საათი გაშრობისთვის მაშინ როდესაც ნარევი ამ შემთხვევაში გაშრა 2 საათში, ანალოგიური სიტუაცია არის ცემენტურ და თაბაშირულ მასალებთან ტეტრაეტოქსისილანთან, ასევე აღსაღნიშნავია ძლიერი სპირტული სუნი. აღსაღნიშნავია რომ ანალოგიური კვლევა იყო ჩატარებული მარილმჟავას გარაშეც, შედეგი გაცილებით გაუარსედა, განთხევა იყო მხოლოდ 20 სანტიმეტრი (თაბაშირი) და 22 სანტიმეტრი (ცემენტი)



სურათი 16 გამშრალი იატაკები კარსტონის მილით



სურათი 17 წყალი რომელიც არ იყო შეკავებული სურათის მიხედვით ვხედავთ რომ წყალმა სრულად გაირა საკვლევ მასალაში ანალოგიური სიტუაციები.



სურათი 18 . სურათის მიხედვით ვხედავთ რომ წყალმა სრულად გაჟონა.

მიუხედავად უარყოფითი შედეგებისა კვლევას ვაგრძელებთ მაგრამ სხვა მიმართულებით. თუ საკვლევ ნივთიერებებს არ მოაქვთ სასურველი შედეგები რეცეპტში მათი პირდაპირ დამატებისას, მაშინ შესაძლებელია მათი გამოყენება დამუშავებისთვის.

ანალოგიური კვლევა ჩატარებული იყო ცემტურ ჰიბრიდულ იატაკზე, გამოყენებული იყო ზემოთ ნახსენები რეცეპტი მაგრამ ამჯერად ტეტრაეტოქსი სილანის და ეთილ სილიკატის დამატება მოხდა ნივთიერებათა სრული გაშრობის და 24 საათის გავლის შემდეგ. ტეტრაეტოქსისილანით დამუშავებული ზედაპირი გვამღევს წყლის მიმართ გამძლეობას მასზე 2-6 საათის დაკვირვებით. 0,2-0,3 მგ წყალი



სურათი 19 ეთილსილიკატის ზედაპირი დავამუშავეთ საკვლევი ნივთიერებით და დავამაგრეთ კარლსტონის მილი



სურათი 20: დამუშავებულმა კომპოზიტმა დადებითი შედეგი გამოავლინა, წყალმა არ შეაღწია კომპოზიტში



სურათი 21:მეთილსილიკატმა მოგვცა უარყოფითი შედეგი, წყალმა კომპოზიტში შეაღწია

დამუშავებული საკვლევი მასალები ხასიათდებიან მუქი ზედაპირით, შეხებისას ხასიათდებიან შედარებით უფრო გლუვი ზედაპირით.

2.6 ექსპერიმენტული შედეგები სუფთა ცემენტთან.

ცხრილი 13: ცემენტის სიმტკიცე

დამუშავებული	24 საათი	12,9
დაუმუშავებელი	24 საათი	13,2

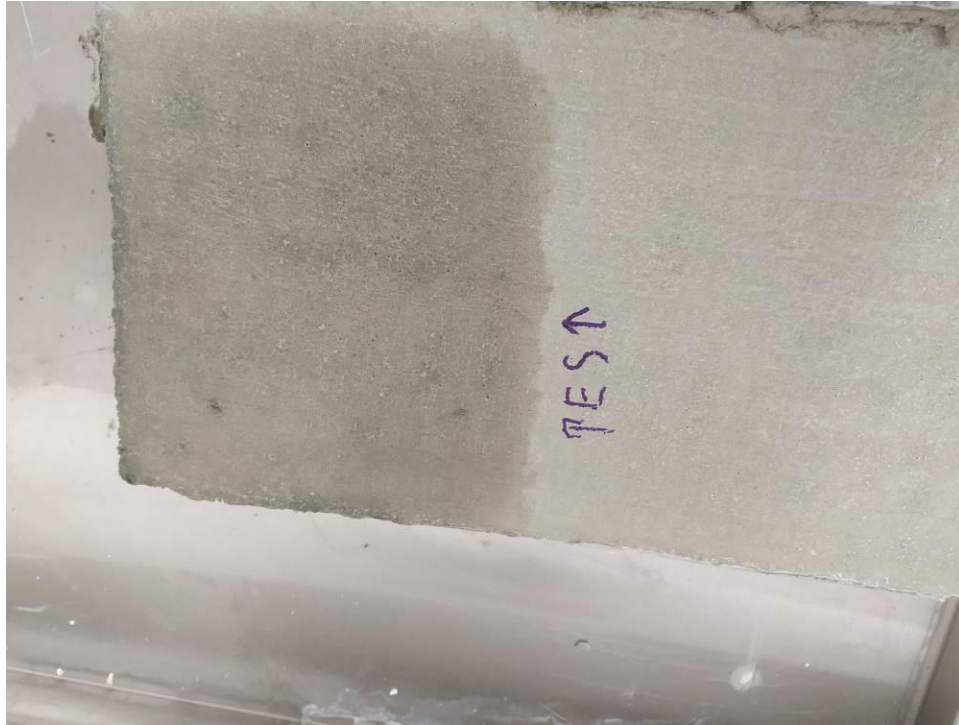
ცხრილი 14: ცემენტის სიმტკიცე 28 დღის შემდგომ

დამუშავებული	28 დღე	38, 9
დაუმუშავებელი	28 დღე	37,4

დადებითი შედეგები შეიმჩნევა წყლის აბზორბციისას, კარლსტონის მილის საშუალებით დავადგინეთ რომ დაუმუშავებელი ცემენტის აბზორბციის კოეფიციენტის დადგენისთვის, კარლსტონის მილი არ არის აქტუალური მისი მაღალი მნიშვნელობის გამო, მაშინ როდესაც დამუშავებული ცემენტი იძლევა წყლის აბზორბციის 0,5 კოეფიციენტს. ასევე აღსანიშნავია რომ ცემენტი რომელიც დამუშავებული იყო შედარებით უფრო ადრე, ანუ გამყარების პირველ დღეზე იყო დამუშავებული ტეტრაეტოქსისილანით, ხასიათდებოდა წყლის აბზორბციის უფრო მაღალი კოეფიციენტით, რომელიც იყო 0,8-ს ფარგლებში. ეს შესაძლებელია გამოწვეული იყოს კალციფიკაციის აქტიური რეაქციით, რომელიც აქტიურად შთანთქავს წყალს, ტეტრაეტოქსი სილანის დამატებისას შესაძლებელია ჰიდროლიზის რეაქციამ წაართვას კალციფიკაციისთვის საჭირო წყალი ან წარმოქმნის ნეგატიური თვისებების მქონე პოლიმერს. აღსანიშნავია რომ მიღებული შედეგების ვარიაცია ძალზე მცირეა. აღსანიშნავია რომ ცემენტი ინახება ონკანის წყალში, ლაბორატორიულ პირობებში

2.7 ექსპერიმენტული შედეგები ბეტონთან

ბეტონის ფირფიტაზე იყო დატანილი ტეტრაეტოქსისილანი 4 ჯერ ფუნჯის დახმარებით. აღსადნიშნავია რომ ბეტონმა მიიღო უფრო მუქი ფერი, ანალოგიურად სხვა ცემენტის ბაზაზე დატანილ ნივთიერებასთან შედარებით.



სურათი 22 ტეტრაეტოქსი სილანით დამუშავებული ნაწილი უფრო მუქი ხდება.



სურათი 23 ტეტრაეტოქსი სილანით დამუშავებული ნაწილი უფრო დიდი წყლის გამძლეობით ხასიათდება

წყლის ადბზორბციის მიხედვით ჩვენ ვხედავთ რომ ტეტრაეტოქსისილანით დამუშავებული მხარე განიცდის წყლის ნაკლებ აბსორბციას, დამუშავებული მხარე შთანთქავს 1მგ წყალს მაშინ როდესაც დაუმუშავებული მხარე შთანთქავს 1,2 მგ წყალს.

2.8 ექსპერიმენტული შედეგები თაბაშირთან

ცხრილი 15 დაწნეხვის შემდგომ მიღებული შედეგები

-	0%	1%	2%	3%
ჩაღუნვა	5,52 6,12 5,29	5,09 5,82 5,20	5,00 5,21 4,41	3,56 3,98 3,00
დაპრესვა	30,04 29,98 29,18 30,40 29,29 31,00	29,64 28,87 28,14 29,14 28,09 29,01	25,01 25,04 24,58 24,91 23,98 23,72	18,42 17,00 15,08 16,48 17,12 18,05

შედეგებიდან ვხედავთ რომ სიმტკიცე მკვეთრად მცირდება, თაბაშირის ერთგავორენების გამო, შეგვიძლია დავასკვნათ რომ ტეტრა-ეტოქსი სილანი აშრობს თაბაშირს. ეს ასევე გამოძლეა იმით, რომ თაბაშირის გაშრობას ესაჭიროება რამდენიმე წუთი, ეს დამოკიდებულია თაბაშირის აქტივობაზე, თაბაშირები რომლებშიც დამატებული იყო ტეტრაეტოქსი სილანი შრება წამებში (განსაკუთრებით 2-3%) ეს ჩანს ფორმებზე.



სურათი 24: ფორმები, (ქვემოდან ზემოთ) 1% 2% 3%, 3% იანი თაბაშირი იმდენად სწრაფად შრება რომ ფორმაში მისი გასწორება შეუძლებელია

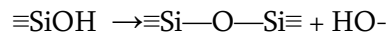
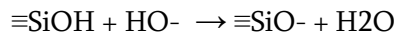
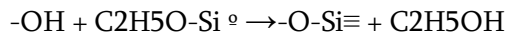
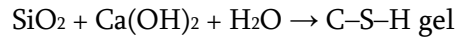
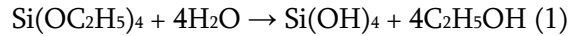


სურათი 25. 1 გამოსაცდელი ფორმა: 6x4x4 სანტიმეტრი

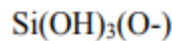
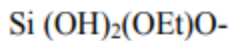
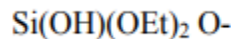
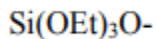
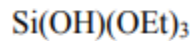
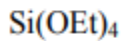
სიტუაცია ეთილ სილიკატთან სრულად განსხვავებულია, მისი დამატებით თაბაშირის სიმტკიცე პრაქტიკულად არ იცვლება:
 მეთილ სილიკატთან საშუალო სიმტკიცე 25 მეგაპასკალია, მის გარაშე 25,1, ფაქტიურად სხვაობა არ არსებობს.

2.9 ქიმიური მექანიზმი

ტეტრაეტოქსი სილანიტ დამუშავებისას მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციები,



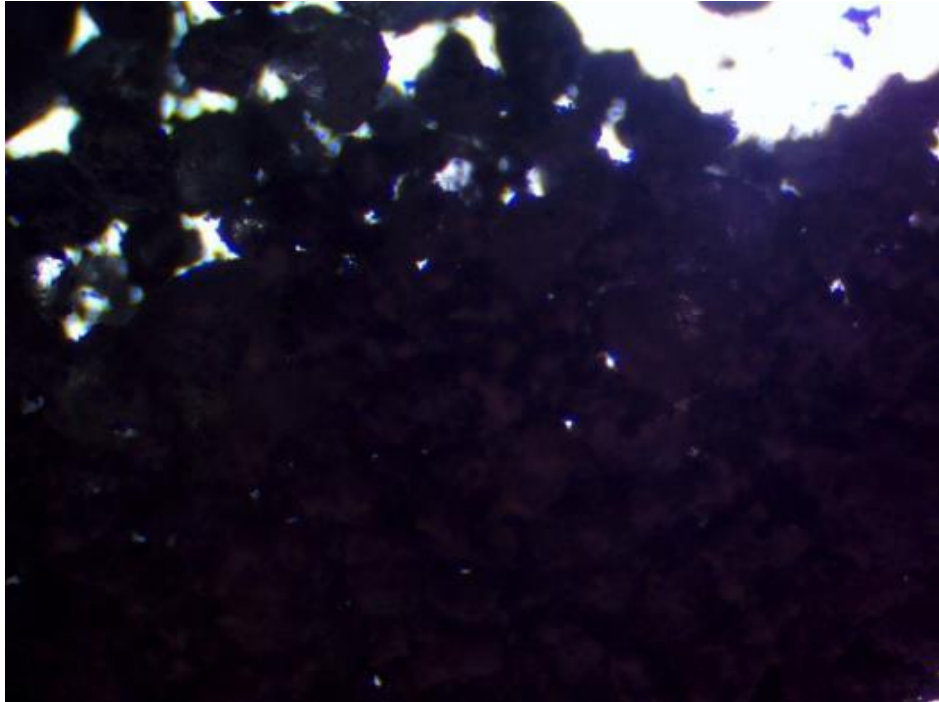
არის დიდი შანსი რომ ტეტრა-ეტოქსი-სილანი განიცდის პოლიმერიზაციას პორტლანდ ცემენტთან, რადგან მისი ზედაპირი დაფარულია კალციუმის იონებით, ეს იონები არსებობს ცემენტის ფორებში. ასევე აღსაღნიშნავია რომ ცემენტის ზედაპირზე შეიძლება წარმოქმნილი იყოს შემდეგი პოლიმერები.



ეს ნივთიერებები წარმოადგენს საკვლევი ნივთიერების სრული/არასრული ჰიდროლიზის შედეგს. არის დიდი შანსი რომ ეს უკანსკნელები ან მათი კომბინაცია აქტიურად შედის ცემენტის ფორებში და განიცდის ჰიდროლიზს, ჰიდროლიზის დროს ისინი შედიან თავისუფალ კალციუმის იონებთან რეაქციაში და წარმოქმნიან პოლიმერს რომელიც ავსებს ნაპრალეებს და მიკრობზარებს ცემენტის ზედაპირში, რაც მას ბუნებრივად ანიჭებს დამატებულ სიმტკიცეს და წყალგამძლეობას, ასევე სრულად შესაძლებელია კალციუმის იონების საშუალებით პორტლანდურ ცემენტში არსებული ჯაჭვებმა განიცადოს დაგრძელება როდესაც ისინი შედიან რეაქციაში ტეტრაეტოქსისილანთან.[9;11]

ეთილსილიკატი არ ასრულებს ამ როლს რადგან მასთან არ იყო მიღებული დადებითი შედეგები.

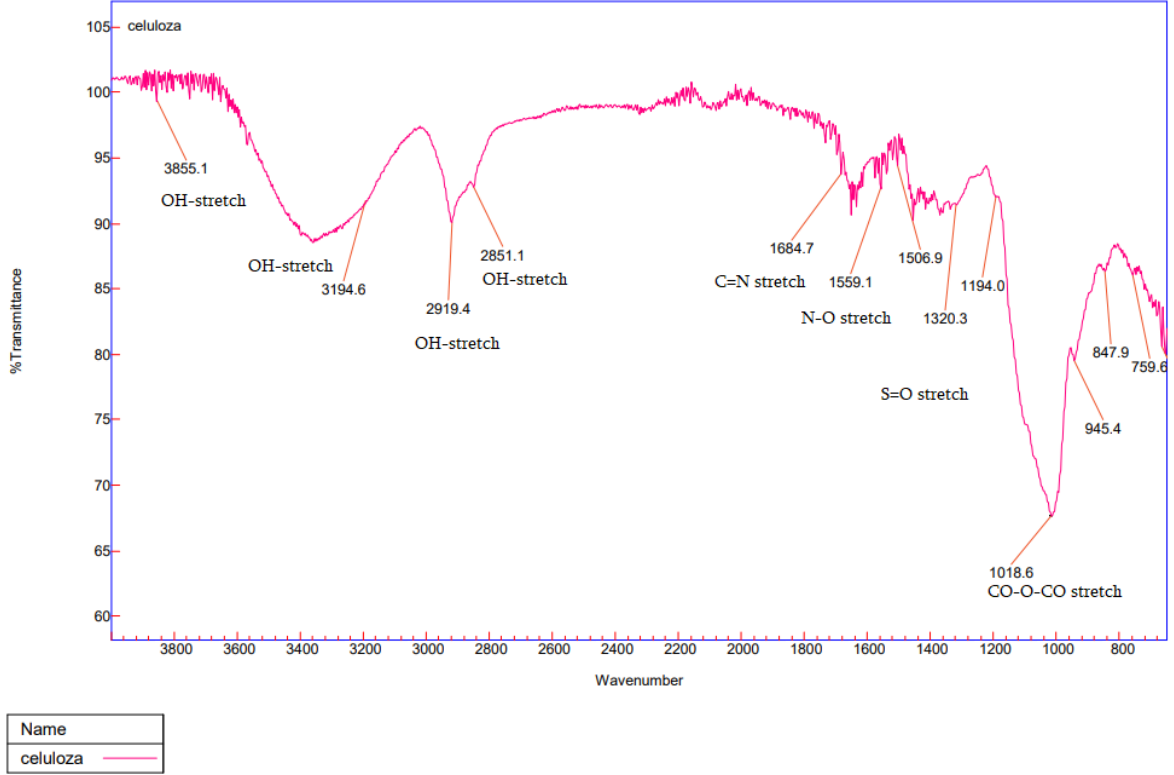
2.10 მიკროსკოპის ქვეშ დაკვირების შედეგები



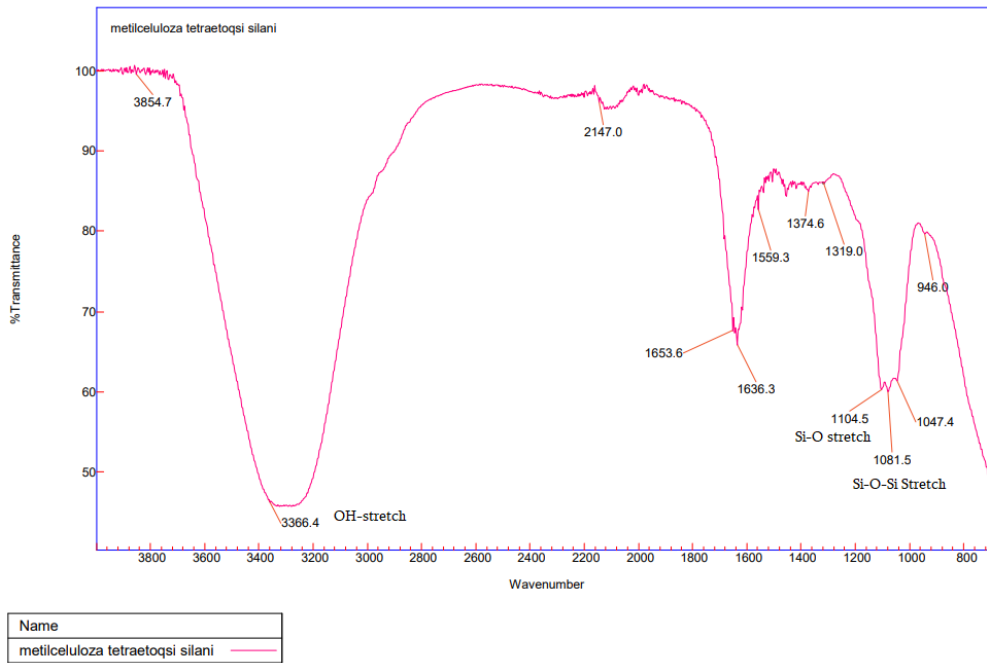
სურათი 26: 500-ჯერ გამაღიდეხელი მიკროსკოპმა არ გვიჩვენა რადიკალური ცვლილებები

2.11 შედეგები ინფრაწითელ სპექტროსკოპიაში

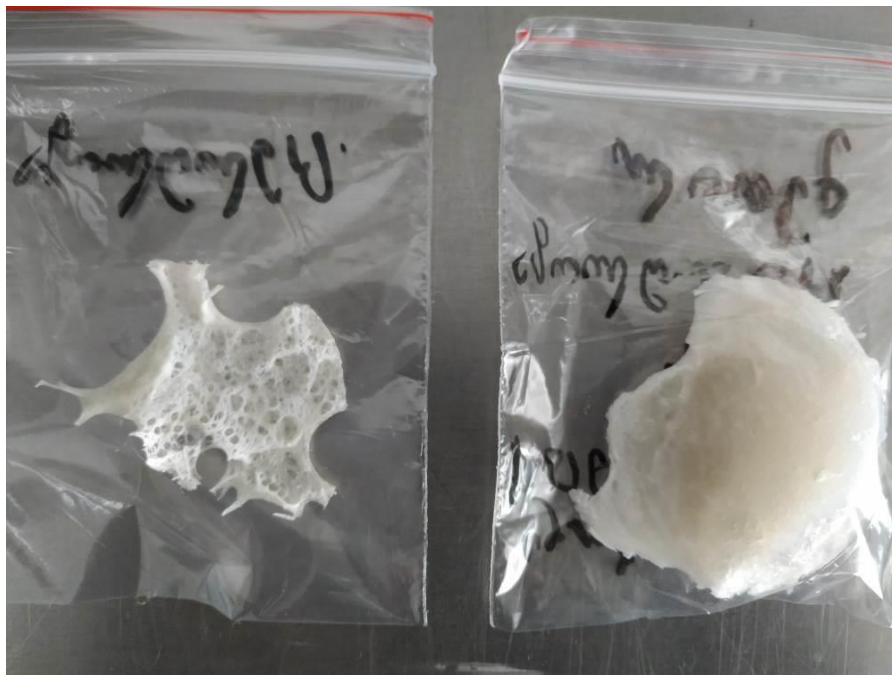
Agilent Resolutions Pro



სურათი 27: ინფრაწითელი სპექტროსკოპია ჩატარებული იყო გამოყენებულ ცელულოზასთან



სურათი 28. ინფრაწითელი სპექტროსკოპია იყო ჩატარებული ტეტრაეტოქსილიკატით დამუშავებულ ცელულოზაზე. სპექტრზე ცნდება სილიკატური ბმების მსგავსი პიკები [6;9;11]



სურათი 29: რეაქციის მტკიცებულება ჩანს უკანსკნელ სურათზე, მარჯვნივ არის ტეტრაეტოქსი სილანით დამუშავებული ცელილოზა, მარცხნივ სუფთა ცელულოზა

დასკვნები

1. დავადგინეთ ოპტიმალური მორევის პირობები ორფაზიან სისტემისთვის
2. დავადგინეთ რომ ტეტრაეტოქსი სილანის დამუშავებით კომპოზიტებს ენიჭებათ ჰიდროფობური თვისებები
3. საკვლევი ნივთიერებების დამატება არ არის მიზანშეწონილი კომპოზიტურ წებობებსა და იატაკებში, ხდება მკვეთრი შრობის პროცესის წარმართვა და მათი პირდაპირი დამატებით არ მიიღება ჰიდროფობური ეფექტი
4. საკვლევი ნივთიერებებით დამუშავებული კომპოზიტებში იზრდება ჰიდროსაიზოლაციო ბუნება და სიმტკიცე. მაგრამ ეს ვრცელდება მხოლოდ ტეტრაეტოქსისილანისთვის, ეთილსილიკატი ძალზე მცირე გავლენას ახდენს კომპოზიტებზე.
5. თაბამირი ძალზე სწრაფად შრება ტეტრაეტოქსისილანის დამატებით, მეთილსილიკატზე მას რეაქცია არ ჰქონდა.
6. ტემპერატურულ გამოცდებმა არ აჩვენეს დადებითი შედეგები
7. მიკროსკოპის ქვეშ არ ჩანს რადიკალური ცვლილებები
8. ტეტრაეტოქსისილანი და მეთილსილიკატი წარმოადგენენ თხევად ნივთიერებებს, მათი გამოყენება როგორც დანამატი ცემენტურ ნივთიერებებში ძალზე რთულია იმის გამო რომ ელემენტები სხვადასხვა აგრეგატულ ფაზაშია, არის დიდ შანსი ნივთიერების ჰიდროლიზისა ან არათანაბარი ხარისხის ჰიდროლიზის რეაქციისა, ამიტომაც მათი გამოყენება როგორც პირდაპირი დანამატი სამშენებლო მასალაში არ არის მიზანშეწონილი, ასევე კომპლექსურ წებობებთან რომლებშიც არსებობს მეთილცელულოზა ნივთიერებები განიცდიან მექანიკურ აბსორბციას, ასევე მკვეთრად ხდება აორთქლების პროცესი, ეს ჩანს სუნით და ნივთიერებათა სწრაფი შრომით, პრობლემატურია ნივთიერებათა შერევა რადგან არის დიდი შანსი რომ ნივთიერებები არასწორედ განაწილდებიან.

გამოყენებული ლიტერატურა

- 1) Chemical Admixtures for Concrete - Noel P. Mailvaganam, M.R. Rixom Published by CRC Press 1999-06-24 (1999)
- 2) Cement Chemistry [Ian Richardson](#), [Harry F. W. Taylor](#) ICE Publishing, 2018 (124)
- 3) Cement and Concrete Chemistry Kurdowski, Wieslaw Springer Netherlands 2014
- 4) В'яжучи речовини Ю.Л Носовский 2015 (91)(66)
- 5). Cai, Yamei & Hou, Pengkun & Duan, Ce & Zhang, Rui & Zhou, Zonghui & Cheng, Xin & Shah, Surendra. (2016). The use of tetraethyl orthosilicate silane (TEOS) for surface-treatment of hardened cement-based materials: A comparison study with normal treatment agents. Construction and Building Materials. 117. 144-151. 10.1016/j.conbuildmat.2016.05.028.
- 6) INTERACTION OF TEOS WITH CEMENTITIOUS MATERIALS: CHEMICAL AND PHYSICAL EFFECTS A.M. Barberena-Fernández a , P.M. Carmona-Quirogab , M.T. Blanco-Varelab,* a Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid, C/Greco 2, 28040 Madrid, Spain b Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), C/ Serrano Galvache 4, 28033 Madrid, Spain
- 7) EN standard 1348
- 8) EN standard EN 13892.8
- 9) <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C78104&Mask=80>
- 10) INFRARED SPECTROSCOPY STUDY OF Si-SiO₂ STRUCTURES IRRADIATED WITH HIGH-ENERGY ELECTRONS I. P. Lisovskyy a , V. G. Litovchenko a , D. O. Mazunov a , S. Kaschieva b* , J. Koprinarova b , S. N. Dmitriev
- 11) https://www.researchgate.net/publication/263005084_Silicate_Removal_in_Aluminum_Hydroxide_Co-Precipitation_Process#pf9
- 12) Characterization of Cellulosic Fibers by FTIR Spectroscopy for Their Further Implementation to Building Materials
- 13) Characterization of Hydrolyzed Products of Tetra Ethoxy Silane Prepared by Sol-Gel Method
- 14) 21 Valore, J.R.R.C. (1978). Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete Making Materials, STP 169 B, ASTM , 860–72.
- 15) Mazloom, M., Ramezani-pour, A.A., Brooks, J.J. 2004. Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete, Cement and Concrete Composites, 26, 347–357.
- 16) Cement and concrete mineral admixtures
Author(s): Tokyay, Mustafa Publisher: CRC Press LLC Year: 2016 (5), (17)(109)
- 17) Gustavo J. Parra-Montesinos • Hans W. Reinhardt • A.E. Naaman High Performance Fiber Reinforced Cement Composites (6)
- 18) Łukasz Sadowski Adhesion in Layered Cement Composites (7) (57)
- 19) Mechanics of fiber and textile reinforced cement composites Author(s): Barzin Mobasher (42)
- 20) Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars Author(s): Yoshihiko Ohama
- 21) Escalante-Garcia, J.I., Sharp, J.H. 2004. The chemical composition and microstructure of hydration products in blended cements, Cement and Concrete Composites, 26, 967–976.