

მანანა კავსაძე

აპოლონ ქუთათელაძის სახელობის თბილისის სახელმწიფო სამხატვრო აკადემია
ოსუ ალექსანდრე ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიის ინსტიტუტი

ნალესობების მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული შესწავლის მნიშვნელობა

სამშენებლო მასალების პეტროგრაფიული კვლევის მეთოდს ჯერ კიდევ საბჭოეთის პერიოდში აკადემიკოსმა დიმიტრი ბელიანცინმა ავტორებთან ერთად (ბელიანცინი, ივანოვი, ლაპინი, 1952)¹ მიუძღვნა ფუნდამენტური შრომა, სადაც იმდროინდელი ინდუსტრიული მასალების მინერალოგიური და პეტროგრაფიული კვლევების შედეგები იყო მოცემული. ეს მონაცემები ახლაც საკმაოდ აქტუალურია. თავის დროზე ტექნიკური ქვის პეტროგრაფიას იკვლევდნენ ლე შატელიე, ტერნებო² და სხვებიც. თუმცა, ჩვენს შემთხვევაში, საქმე გვაქვს არა მარტო თანამედროვე მასალებთან, არამედ არქეოლოგიურ მასალებთან და ხანგრძლივი დროით ექსპლოატაციაში მყოფ გამოფიტულ და სახეშეცვლილ მასალებთანც, რომლებზეც მონაცემები პრაქტიკულად არ არსებობს.

მას შემდეგ, რაც თორმეტი წლის წინ სამხატვრო აკადემიის რესტავრაციის ფაკულტეტზე დაიწყო სამშენებლო მასალების ნივთიერი შემადგენლობის კვლევა, დაგროვდა საკმაოდ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია სამშენებლო ქვებისა და მასალების როგორც იდენტიფიკაციის, გამოფიტვის ტიპისა და დონის, ისე, რიგ შემთხვევაში, პერიოდიზაციისა და ტექნოლოგიური პროცესების განსაზღვრისთვის.

სამშენებლო მასალების შესწავლის მიზანს წარმოადგენს იდენტიფიცირება/სახელდება (ქვა, აგური, ნალესობა, მეტალის დეტალები, ხის დეტალები), სამშენებლო მასალების დაზიანებების ტიპიზაცია, მასალების შეცვლის საჭიროებისას იდენტური მასალების შერჩევა, შესაბამისი საბადოს მითითებით.

კვლევის პროცესში წარმოიქმნება გარკვეული პრობლემებიც. მაგალითად, მასალების ნიმუშების არასაკმარისი რაოდენობა და მოცულობა, რის გამოც ნიმუში წარმომადგენლობითი არ არის ხოლმე. ამას განაპირობებს დარგის სპეციფიკა – წარმომადგენლობითი სინჯისთვის საჭირო რაოდენობის მასალის მოპოვება ხშირად გამორიცხულია საკვლევი ობიექტის მხატვრული ან/და ისტორიული ღირებულების გამო. ასეთ შემთხვევაში ვცდილობთ გამოვიყენოთ კვლევის ის მეთოდები, რომლებიც არსებული სინჯიდან ოპტიმალური ინფორმაციის მოპოვების საშუალებას მოგვცემს. ჯერ კიდევ დამაბრკოლებელია არასაკმარისი საარქივო მასალების მონაცემების ბაზის არსებობა, რომლის შევსება ხდება ეტაპობრივად, ახალი მასალის კვლევის მონაცემების დამატებით.

მასალების შესწავლისას ვიყენებთ მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული კვლევის გარკვეულ მეთოდებს. კერძოდ, 1. ნიმუშების მაკროსკოპულ და ბინოკულარულ აღწერას; 2. გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპულ ანალიზს; 3. რენტგენოსტრუქტურულ ფაზურ ანალიზს (რენტგენული დიფრაქტომეტრია); 4. გრანულომეტრულ ანალიზს; 5. კაპილარული წყლის აწევის სიჩქარის გაზომვას. პირველ ეტაპზე ნიმუშის მაკროსკოპული აღწერისას ხდება ფერის, ფორიანობის, ჩანართების არსებობის და საერთო მასაში განაწილების აღწერა, ნიმუშის აგრეგატული მდგომარეობის შეფასება, იზომება ნიმუშის ზომები, აღინიშნება ტექსტურული თავისებურებები, დაზიანებების ხილული გამოვლინება და ა.შ. ბინოკულარის ქვეშ ზემოთ აღნიშნული ყველა თვისება უფრო მკაფიოდ სჩანს და ამასთან ხდება მარცვლოვანების და კრისტალურობის ხარისხობრივი და მორფოლოგიური დახასიათება.

გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის (მზადდება მინაზე კანადის ბალზამით დაწებებული ქანის 0.03 მმ სისქის ანათალი) კრისტალოპტიკური მახასიათებლების საშუალებით ხდება მასალის მინერალოგიური შემადგენლობის და სტრუქტურის განსაზღვრა. შესაძლოა ფარდობითი რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარებაც (პალეტის მეთოდით).

რენტგენოსტრუქტურული დიფრაქტომეტრია საშუალებას იძლევა მასალის მინერალოგიური ფაზების დიდი სიზუსტით თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარების. ეს რთული და მეტად ძვირადღირებული მეთოდია და მხოლოდ განსაკუთრებული აუცილებლობისას გამოიყენება.

¹ Д.С.Белянкин, Б.В.Иванов, В.В.Лапин, *Петрография технического камня*, Москва, 1952, гл. 433-502.

² H. Le-Chatelier, *Journal of the Chemical Society (Resumed)* 1965, Cecil H. Desch, гл. 1 to 7601.

ნაღესობების და ზოგიერთი დანალექი ქანის (მაგ., ქვიშაქვების, ტუფების) მარცვლებისა და ცემენტის თანაფარდობის დასადგენად ვიყენებთ გრანულომეტრულ – საცრით ანალიზს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს მიერ ნაღესობებად მოიხსენება ყველა კომპოზიტიური მასალა, სადაც მჭიდა ნივთიერებებია გამოყენებული. მაგალითად, ბათქაშები, ღუღაბები, ბეტონები, სხმული და ფორმული მასალები და სხვ. მჭიდა (შემკვრელი, შემაცემენტებელი) ეწოდება ყველა იმ მასალას, რომლის დაფქვილი მასისა და წყლის შეერთებით მიიღება პლასტიური მასა, რომელიც დროთა განმავლობაში წარმოქმნის ქვისებურ სხეულს. ბუნებრივი და ხელოვნური ჰიდროფილური მასალების წყლოვანი თვისებების კვლევისას კაპილარული აწვის სიჩქარის განსაზღვრისთვის ვსარგებლობთ χ და η მასარების³ მიერ დამუშავებული მეთოდით.

ნაღესობების შესწავლისას გარდა განსხვავებებისა თუ მსგავსებისა, შესაძლებელია გარკვეული ტექნოლოგიური პროცესის დაფიქსირებაც. მაგალითად, კვლევის პროცესში დაფიქსირდა ლიხაურისა და თისელის ღმრთისმშობლის სახელობის ეკლესიების ბათქაშების როგორც ნივთიერი, ისე სტრუქტურული იდენტობა, რაც საკმაოდ იშვიათი მოვლენაა: ორივე ბათქაში აირიერთაა დამზადებული. აირიერი ეწოდება მინარევებისაგან თავისუფალი კირქვისა და კალციუმის ბიკარბონატული ქანების (მაგ., კირტუფის) გამოწვის შედეგად მიღებულ მჭიდას, რომლის გამაგრება ხდება მხოლოდ ჰაეროვან გარემოში. ორივე ნაღესობაში შემავსებლად პრაქტიკულად მხოლოდ კარბონატული ქანებია გამოყენებული. კერძოდ, ლიხაურში კირქვები (სურ. 1), თისელში კი – კირქვები და შირიმი, ანუ კირტუფი, ანუ ტრავერტინი (სურ. 2). კირის ბათქაშში კირქვისავე შემავსებლის გამოყენებას გამოუწვევია სწრაფი, ინტენსიური გამყარება (კრისტალიზაცია), რასაც მოჰყოლია დასჯდომა და როგორც მიკრო, ისე მაკრობზარების გაჩენა. ორივე ძეგლის შემთხვევაში საგულისხმოა, რომ მხატვრობის ფენა სწორედ ამგვარად დამსჯდარ ბათქაშზე, რასაც ამ ბზარებში ჩაჟონილი საღებავი მეტყველებს. ეს ბაღებს ეჭვს, რომ შესაძლოა ორივე ბათქაში ერთი ოსტატის, ან ერთი სკოლის წარმომადგენლის მიერაა შესრულებული.

³ χ და η . მასარი, ნესტი და ძველი და ახალი ნაგებობანი, ICCR, თბ., 2004-2005, გვ. 67-80.

თბილისური ნაღესობების შესწავლისას დაფიქსირდა როგორც ისტორიული, ისე XX საუკუნისთვის დამახასიათებელი მჭიდა მასალების თითქმის სრული სპექტრი – ჰიდრავლიკური კირი, რომანცემენტი, ჩვეულებრივი ცემენტი (თიხამიწოვანი ცემენტი), პორტლანდცემენტი, თაბაშირი, გაჯი.

ჰიდრავლიკური კირი არის ე.წ. მერგელოვანი კირქვების ზომიერი (შეცხობამდე) გამოწვის შედეგად მიღებული პროდუქტი, რომელსაც აქვს გამაგრების უნარი არა მხოლოდ ჰაერზე (ჰაეროვანი კირისგან განსხვავებით), არამედ წყალშიც⁴.

მერგელოვანი კირქვები 6-დან 20%-მდე თიხოვან კომპონენტს და რიგ შემთხვევაში, მნიშვნელოვანი მოცულობით ქვიშის მინარევს შეიცავს. მაგალითად, გაკაჟებულ კირქვებში. მერგელოვანი კირქვები კი შეიძლება შეიცავდნენ მაგნიუმის კარბონატის ანუ დოლომიტის კომპონენტს.

კირქვისა და თიხის შემცველი ნედლეულის და მზა მჭიდა მასალის ქიმიური დახასიათებისათვის სარგებლობენ ჰიდრავლიკურობის მოდულით:

$$M=(\%CaO)/\%(SiO_2 + (Al_2O_3) + (Fe_2O_3)) K$$

ჩვეულებრივ, ეს მოდული ჰიდრავლიკური კირისთვის მერყობს 1.7-დან 9.0-ის ფარგლებში. ჰიდრავლიკურობის მოდულის ნაკლები მნიშვნელობისას გამოწვის პროდუქტი წარმოადგენს რომანცემენტს, მეტი მნიშვნელობისას – აირიერს. თიხამინერალების რაოდენობის მიხედვით, განასხვავებენ ძლიერჰიდრავლიკურ კირს, დიდი თიხის შემცველობით და სუსტადჰიდრავლიკურ კირს, თიხის ნაკლები შემცველობით. ძლიერჰიდრავლიკური კირის მოდული 1.7-დან 4.5-მდეა, სუსტადჰიდრავლიკურის კი – 4.5-დან 9.04-მდე.

1795 წელს χ . პარკერმა მიიღო პატენტი რომანცემენტის წარმოებაზე⁵. რომანცემენტი ინგლისურიდან სიტყვასიტყვით „რომაულ ცემენტს“ ნიშნავს და უძველეს ჰიდრავლიკურ მჭიდას წარმოადგენს. რომანცემენტს დღესდღეობით დაფქვილი მერგელების 900-1000° შეცხობამდე გამოწვის შედეგად მიღებულ მჭიდას უწოდებენ. მას დაბალი მექანიკური სიმტკიცე აქვს და XX საუკუნის 60-იანი წლებიდან საქართველოში პრაქტიკულად აღარ გა-

⁴ ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტ. 11, თბ., 1987, გვ. 193.

⁵ В.Ф. Журавлев, Тр.4-го Всес.совещ.заводск. лабор. цементн. Промышл. Л. Гипроцемент, 1948, გვ. 5-42.

მოიყენებოდა. ეს მასალა, ძირითადად, გვხვდება XIX-XX საუკუნეების მიჯნაზე აშენებულ შენობებში, გამოფიტულ და გაფხვიერებულ მდგომარეობაში. შეიძლება ითქვას, რომ მონოლითური სახით მისი სინჯის მოპოვება ვერც ერთხელ ვერ მოხერხდა. იმ იშვიათ შემთხვევაში, როდესაც პეტროგრაფიული შლიფის დასამზადებლად საკმარისი ნიმუშის მოპოვება მოხერხდა, ფიქსირდება ძლიერი ფორიანობა, ფრაგმენტების კარგვა, კარბონატის ძლიერი კრისტალიზაცია. ძალიან მეტყველია გრანულომეტრიის შემდეგ დარჩენილი ნალექი, სადაც ფიქსირდება თაბაშირის გრანულები და არ ფიქსირდება კლინკერის გრანულები (სურ. 3, 4).

ჩვეულებრივი, ანუ თიხამიწოვანი ცემენტი წარმოადგენს თიხამიწით მდიდარი (მაგ., ბოქსიტები, თიხები) და კირქვოვანი ნედლეულის 1200-1300° შეცობამდე ან სუსტად შემცხვარ მდგომარეობამდე გამოწვის პროდუქტს, რომელიც დაბალი ჰიდროფობურობით და სწრაფი გამყარებით ხასიათდება⁶. ეს მასალა აქტიურად გამოიყენებოდა საბჭოეთის საწყის პერიოდში, 70-იან წლებამდე და ჰქონდა როგორც დადებითი (მაგალითად, სწრაფი გამყარების თვისება, რომელიც საშუალებას იძლეოდა სამხედრო ობიექტების სწრაფი მშენებლობის), ისე უარყოფითი თვისებებიც (მაგალითად, დაბალი ჰიდროფობურობის გამო, ძლიერი წყალმღწევა და ამის შედეგად ადვილად გამოფიტვა, წყალში ხსნადი მარილების კრისტალიზაცია, მოკლე საექსპლუატაციო ვადები)⁷. ამ მჭიდრს ამოცნობა ადვილია ნალექით, რომელშიც მრავლადაა თიხაკარბონატული გრანულები, რომლებიც მკაფური დამუშავების შემდეგადაც კი რჩება (სურ. 5, 6).

1824 წელს ჯ. ასპდინმა (ინგლისი) და 1825 წელს ე. ჩელიევმა ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად შექმნეს მჭიდა ნივთიერება, რომელიც დღეს პორტლანდცემენტის სახელითაა ცნობილი⁸. პორტლანდცემენტი წარმოადგენს მერგელებისა და მერგელოვანი კირქვების 1450°-ზე შეცხობამდე გამოწვით კლინკერის გრანულების მიღებას, შემდგომ მისი და შეკვრის დროის რეგულაციისთვის დამატებული თაბაშირის ერთობლივი გადაფ-

ქვით მიღებულ მჭიდას. მისი ამოცნობა პეტროგრაფიულ შლიფში შესაძლებელია მაღალტემპერატურული გამოწვის შედეგად მიღებული გამინებული უბნების სიმრავლით და ნალექში კლინკერის მიკროგრანულების სიჭარბით (სურ. 7).

ძალიან საინტერესოა აბრეშუმის მუზეუმის (სასახლის) თაბაშირ-კირის ნალესობა, რომელიც განსაკუთრებული სიმტკიცითა და ძლიერ გამომწვარი უბნების არსებობით აჩენს ეჭვს, ხომ არ იყო ესტრინთაბაშირის⁹ დამზადების მცდელობა. ეს საინტერესოა იმ თვალსაზრისით, რომ შენობის აშენების პერიოდში ესტრინთაბაშირი საკმაოდ ინოვაციურ მასალას წარმოადგენდა – აბრეშუმის მუზეუმში ერთ-ერთი უძველესი მუზეუმია საქართველოში, დაარსდა 1887 წელს და წარმოადგენდა ამიერკავკასიის მეაბრეშუმეობის სადგურის ნაწილს¹⁰. მუზეუმის ახლანდელ შენობას საფუძველი ჩაეყარა 1889 წელის 9 ოქტომბერს, ხოლო აშენდა ალექსანდრე შიმკევიჩის პროექტის მიხედვით 1892 წელს.

გუდიაშვილის მოედანსა და მიმდებარე ტერიტორიაზე (ახოსპირელის, აბესაძის, აბო თბილელის, ლერმონტოვის ქუჩებზე) გარდა სტანდარტული პორტლანდცემენტის, ჩვეულებრივი ცემენტის, რომანცემენტის, კირისა და თაბაშირის მჭიდრებით წარმოდგენილი ნალესობებისა, ფიქსირდება განსხვავებული შემადგენლობის ნალესობები. მაგალითად, თაბაშირის ნალესობა შემავსებელში დიდი რაოდენობით მადნეული მინერალების მარცვლებით (სურ. 9) და მაღალკარბონატული რომანცემენტი ნამჯითა და ნახშირით (სურ. 10).

გუდიაშვილის მოედნის, კოლმეურნეობის მოედნის და ათონელის ქუჩის ტერიტორიაზე გამოვლინდა ნალესობა, რომელსაც „ჭარბთაბაშირიანი ცემენტი“ ვუწოდეთ, რადგან ის ძალიან გამოფიტული, დაშლილი და ცემენტისთვის გაუმართლებლად დიდი რაოდენობით თაბაშირს შეიცავს, რაც ტექნოლოგიური პროცესის აშკარა დარღვევაზე მიუთითებს (სურ. 11, 12, 13, 14). შესაძლოა, გარკვეულ პერიოდში თბილისის ურბანულ მშენებლობაში მიღებული იყო ამგვარი მჭიდას წარმოება, მაგრამ რაიმე ცნობა ამის შესახებ არ იძებნება.

⁶ И.В. Кравченко, *Глиноземистый цемент*, Москва, 1961, გვ. 174.

⁷ В. Дуда, *Цемент*, Москва, 1981, გვ. 464.

⁸ *Справочник по производству цемента*, ред. И.И. Холин, Москва, 1963.

⁹ *Труды Кавказской шелководственной станции*, Ред. Н. Н. Шавров, Тифлис, Первый год изд. 1887/1888, გვ. 78-142.

¹⁰ Б. თუხარელი, დ. კვაჭაძე, *სამშენებლო საქმის საფუძვლები სპეციალური ნაგებობებით*, თბ., 1964, გვ. 14.

კვლევებისთვის ძალიან მნიშვნელოვან რეპერულ ნიმუშებს ზუსტი დათარიღების მქონე სინჯები წარმოადგენს. ჩვენს კოლექციაში ასეთია, მაგალითად, ნარიყალას გალავნის სხვადასხვა – VI, XII, XVI, XIX საუკუნეების დუღაბები. მათი შედარებისას გამოვლინდა XIX საუკუნის დუღაბების დიდი მსგავსება დარეჯანის სასახლის დუღაბებთან (სურ. 15, 16).

ძალიან საჭირობოტოა ე.წ. „რთული ხსნარის“ სარესტავრაციო მასალად გამოყენების პრობლემა. თუ ხარელისა და კვაჭაძის განმარტებით: „ცემენტ-კირის (რთული) დუღაბი წარმოადგენს რთულ დუღაბს, შემადგენლობით 1:1:9 ან 1:3:12 (ც:კ:ქ) და ხასიათდება ცემენტის ეკონომიით (მცირეცემენტიანი დუღაბი) და ადვილჩაწყობალობით. მისი მარკებია 10 და 25¹⁰“. ეს მასალა შეიქმნა გასული საუკუნის 60-იან წლებში და მიზნად ისახავდა მასალის ეკონომიას, თუმცა ექსპლოატაციის მოკლე ვადა ჰქონდა. ამჟამად, ამგვარი ნაღესობების კვლევისას ფიქსირდება მასალის დაბალი სიმტკიცე და თაბაშირისა და კირის მასების ცემენტის მასისგან ნუშურა და მასიური განცალკევებები. ეს მოსალოდნელი ეფექტი გამოწვეულია ამ სამი ნივთიერების გამყარების/კრისტალიზაციის განსხვავებული დროითა და ხარისხით. მასალების განსხვავებული კრისტალიზაცია და ამით გამოწვეული განცალკევებები გვევლინება დაზიანებისა და ძლიერი გამოფიტვის მიზეზად, როგორც განცალკევებები, ისე ფრაგმენტების კარგვა მკაფიოდ ჩანს პეტროგრაფიულ შლიფში, თუმცა მაკროსკოპული და ბინოკულარული დათვალიერებისასაც შესაძლოა დაფიქსირდეს (სურ. 17, 18). ამგვარად, ვთვლით, რომ დღესდღეობით რთული ხსნარის გამოყება სარესტავრაციო მასალად გაუმართლებელია და იწვევს დამატებითი დაზიანებების გაჩენას. ზემოთ მოტანილი მაგალითები ცხადყოფს, რომ მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული კვლევის მეთოდები საშუალებას გვაძლევს მოვიპოვოდ ფართო და მნიშვნელოვანი ინფორმაცია და ამიტომ პერსპექტიულია სამშენებლო მასალების შესწავლისთვის.

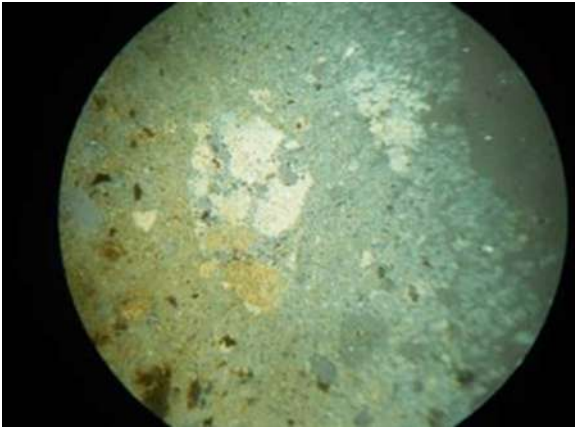
MANANA KAVSADZE

Apollon Kutateladze Tbilisi State Academy of Art

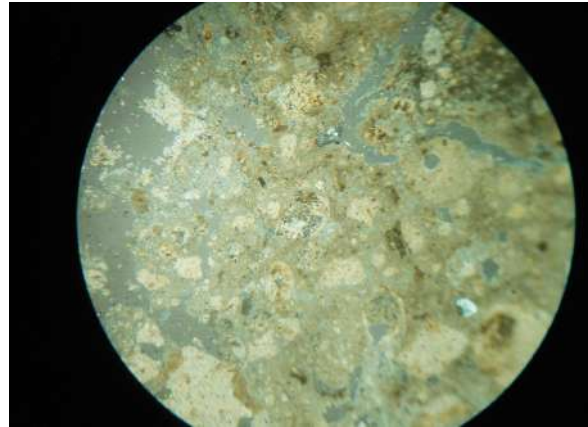
TSU Aleksandre Janelidze Institute of Geology

IMPORTANCE OF MINERALOGICAL AND PETROGRAPHIC STUDY OF THE PLASTERS

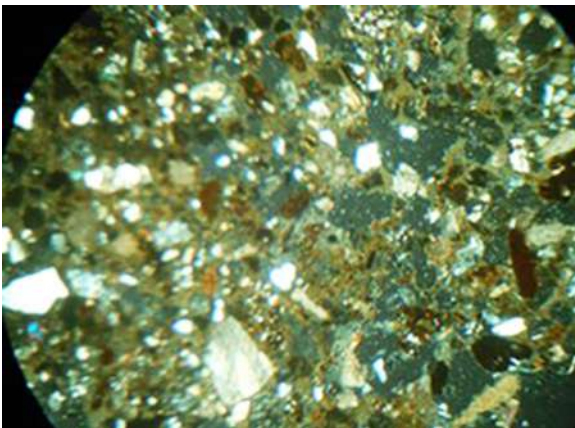
The examples presented in the article demonstrate importance of the study of building materials that use peaceful and petrographic methods. Their analysis makes it possible to determine not only the composition of the materials, but in some cases also the manufacturing technology.



1. ლიხაურის ბათქაშის მიკროფოტო (აქ და მომდევნო ფოტოებზე ჯვარედინ ნიკოლებშია გადაღებული). ფიქსირდება აირკირის ერთგვაროვანი ძირითადი მასა, რომელშიც კალციტის მარცვლებით წარმოდგენილი შემავსებელია
Microphoto of the plaster from Likhauri (here and hereinafter all photos are taken in crossed nicols) demonstrates presence of homogeneous basic mass of lime and calcite fillers



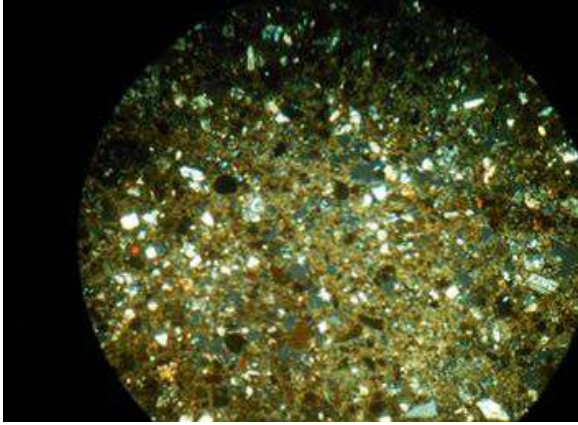
2. თისელის ბათქაშის მიკროფოტოში ფიქსირდება კალციტისა და კირის კოლომორფული სტრუქტურა, რასაც განაპირობებს შირიმის შემავსებელი. ორივე ნიმუშში არის წყლის ზემოქმედებით წარმოქმნილი რკინის ჰიდროქსიდების (ლიმონიტების) მოყვითალო-ჟანგისფერი მარცვლები
Microphoto of the plaster from Tiseli demonstrates the colomorphic structure of calcite and lime – a fact, which is determined by the presence of calcareous tuff. Both sections include granules of iron hydroxides (limonites) that developed because of exposure to water



3. მოსწავლე ახალგაზრდობის ეროვნული სასახლის რომანცემენტის დუღაბის პეტროგრაფიული შლიფის მიკროფოტო
Microphoto of a petrographic layer of a Roman cement from the Youth Palace



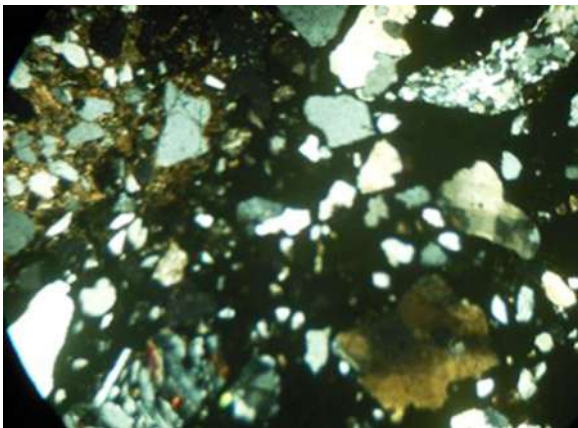
4. მოსწავლე ახალგაზრდობის ეროვნული სასახლის რომანცემენტის გრანულომეტრიის შემდგომი ნალექი. ორივე ფოტოზე ფიქსირდება თაბამირის სიმრავლე
Sediment of granulometry of the Roman cement at the Youth Palace. Both photos demonstrate high presence of plaster



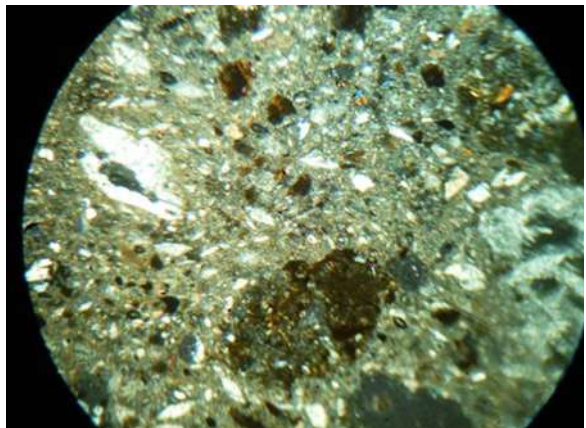
5. მოსწავლე ახალგაზრდობის ეროვნული სასახლის ჩვეულებრივი ცემენტის პეტროგრაფიული შლიფის მიკროფოტოში ჩანს თაბამირის კრისტალები
Microphoto of a petrographic layer of the ordinary cement from the Youth Palace. The photo demonstrates crystals of the plaster



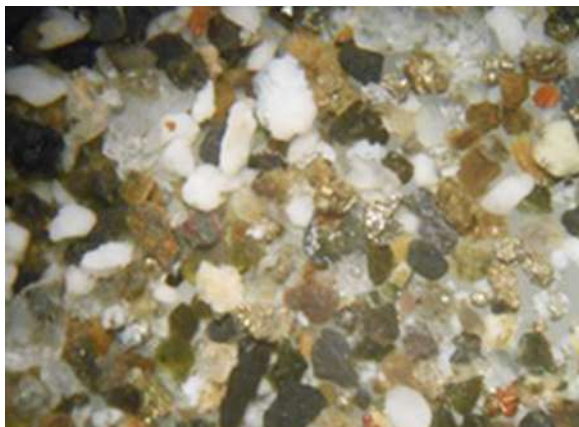
6. მოსწავლე ახალგაზრდობის ეროვნული სასახლის ჩვეულებრივი ცემენტის გრანულომეტრული ანალიზის ნალექი/შემავსებელი დამახასიაებელი თიხამიწოვანი გრანულებით
Sediments/fillers of the granulometric analysis of ordinary cement and characteristic aluminous granules from the Youth Palace



7. აღმაშენებლის გამზ. #123: დუღაბის ძირითადი მასის/მჭიდარს დიდი ნაწილი შავი ფერისაა, ანუ ანიზოტროპულია და წარმოადგენს გამინებულ ნივთიერებას, რაც მაღალტემპერატურული შეცხოების შედეგია
123 Agmashenebeli avenue: the largest part of the bulk/binder is black, i.e. it consists of anisotropic material and represents a glazed substance, which was created because of the high-temperature sintering



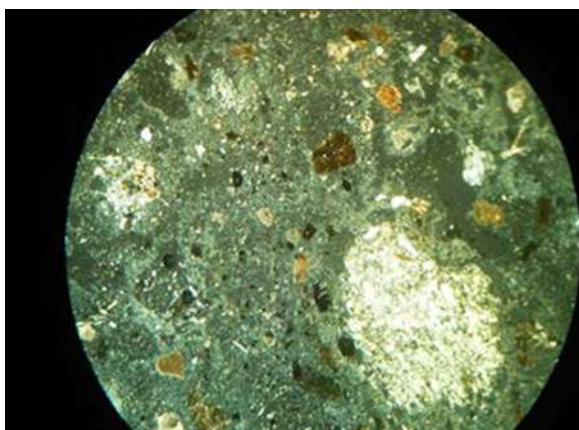
8. აბრეშუმის მუზეუმის რუსტის ნაღესობის პეტროგრაფიულ შლიფში ფიქსირდება კარბონატის კრისტალები და მაღალტემპერატურული დამუშავების შედეგად წარმოქმნილი შემცხვარი უბნები თაბამირისა და ანჰიდრიტის მასაში
The petrographic layer from the Silk Museum demonstrates calcite crystals, sintered areas of gypsum and anhydrite stucco moldings that are created because of the high-temperature processing



9. თაბაშირის ნაღესობა შემავსებელში პირიტისა და ქალკოპირიტის დიდი შემცველობით
Gypsum plaster with huge concentration of pyrite and chalcopyrite in the fillers



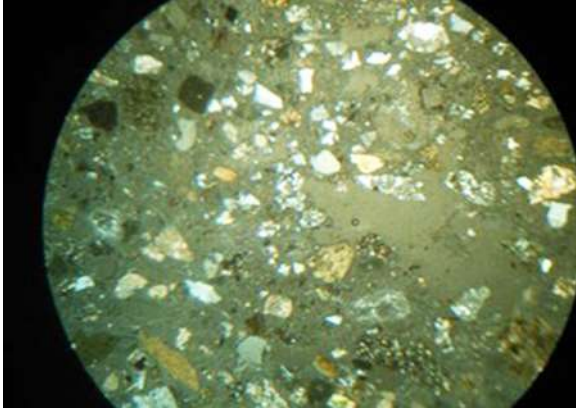
10. რომანცემენტის ნაღესობის შემავსებელი ნაძვის და ნახშირის მარცვლების ჩანართებით
Fillers of the Roman cement with granules of fibers and grains of charcoal



11. ფურცელადის ქ. #1: პეტროგრაფიულ შლიფში ფიქსირდება თაბაშირის და ანჰიდრიტის ბუდობები
1 Purtseladze street: petrographic layers demonstrate gypsum and anhydrite nests



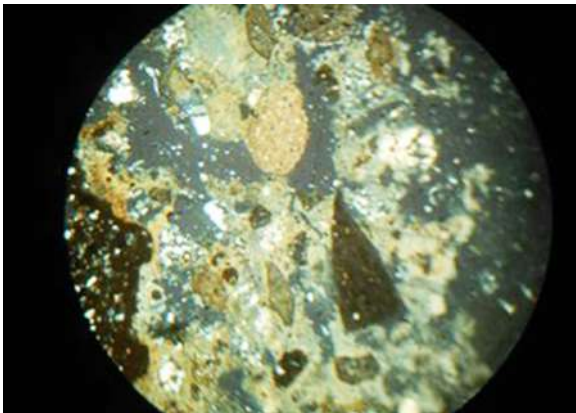
12. ფურცელადის ქ. #1: გრანულომეტრიის ნაღეკში ფიქსირდება დიდი რაოდენობით თაბაშირის მარცვლები
1 Purtseladze street: granulometric sediments demonstrate a high number of gypsum grains



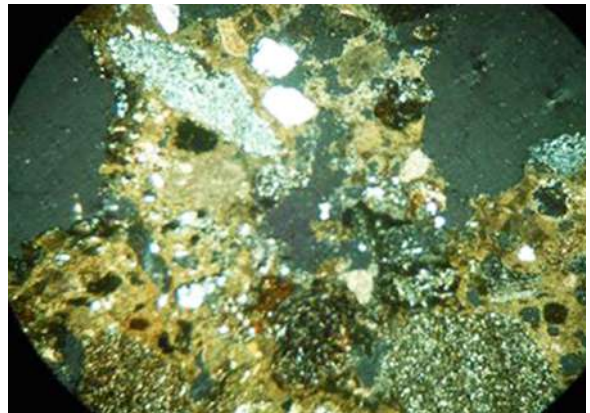
13. ყავლაშვილის ქ. #4: „ჭარბთაბაშირიანი ცემენტის“ პეტროგრაფიული შლიფის მიკროფოტო
4 Kavlashvili street: microphoto of a petrographic layer of "surplus" cement



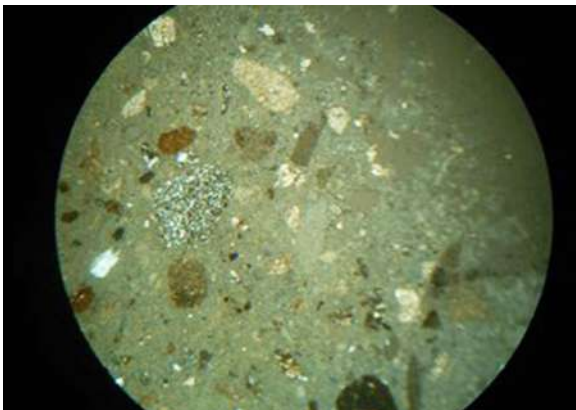
14. ყავლაშვილის ქ. #4: „ჭარბთაბაშირიანი ცემენტის“ გრანულომეტრული ნალექი
4 Kavlashvili street: granulometric sediments of "surplus" cement



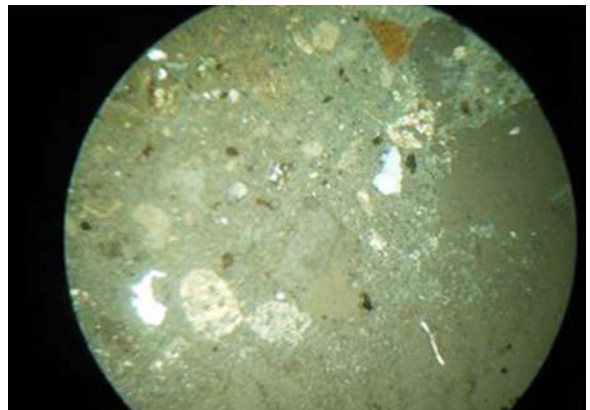
15. XIX საუკუნის ჰიდრავლიკური კირის მჭიდარი ღულაბი
Mortar of hydraulic lime from the Narikala Fortress (19th century section)



16. XIX საუკუნის დარეჯანის სასახლის ჰიდრავლიკური კირის მჭიდარი ღულაბი
Mortar of hydraulic lime from the Darejani Palace (19th century)



17. რთული ხსნარი, რომლის პეტროგრაფიულ შლიფში ფიქსირდება თაბაშირის და კალციტის (კირის კრისტალიზაციის შედეგი) ნუშურები ცემენტის ძირითად მასაში
"Complex" mortar with the calcite amygdalas (a consequence of lime crystallization) and gypsum, which are included in the petrographic layer



18. რთული ხსნარის პეტროგრაფიული შლიფის მიკროფოტო, კალციტის დიდი ნუშურებით და მასიური ფრაგმენტული კარგვებით
Microphoto of a petrographic layer of a "complex" mortar with high concentration of calcite amygdalas and massive fragmental losses