

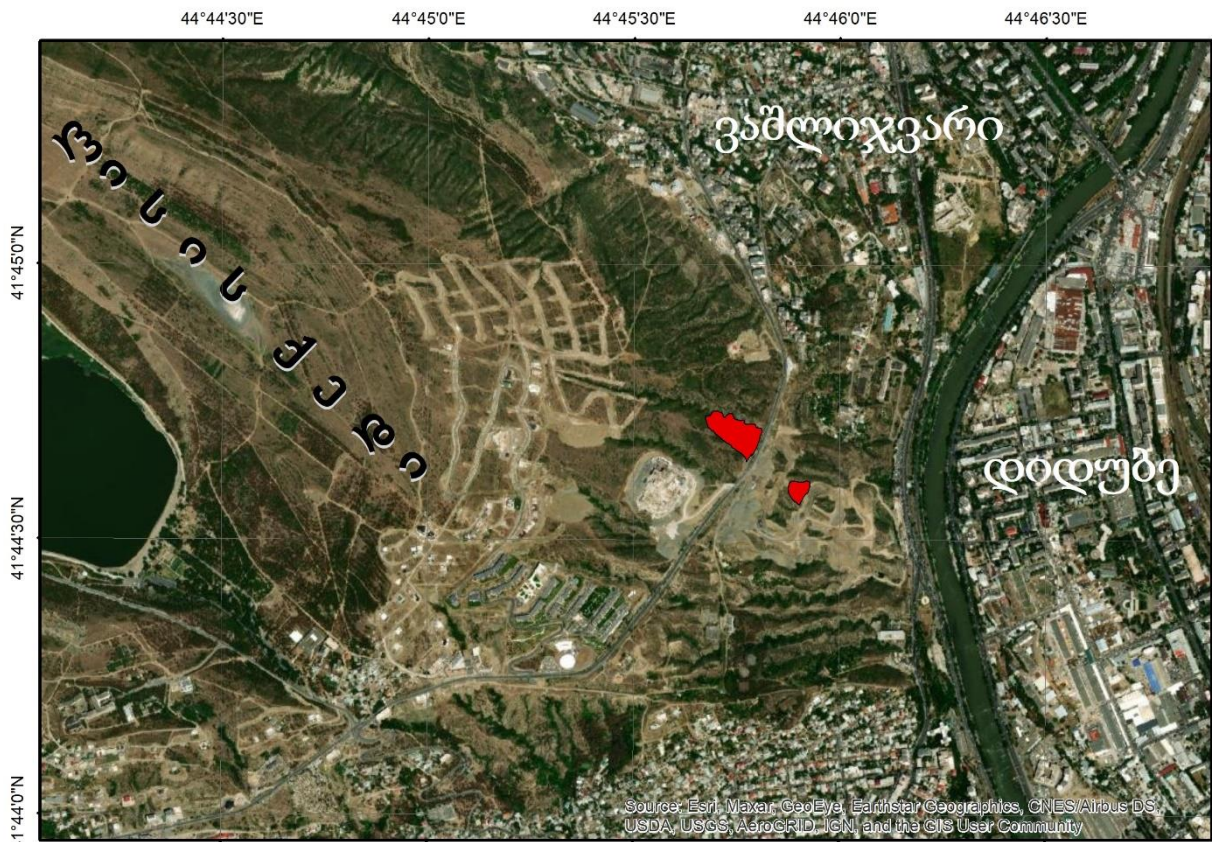


მაჭავარიანის ქუჩის მეწყერი

არსებული მდგომარეობის შეფასება

(შუალედური ანგარიში)

01.04.2021

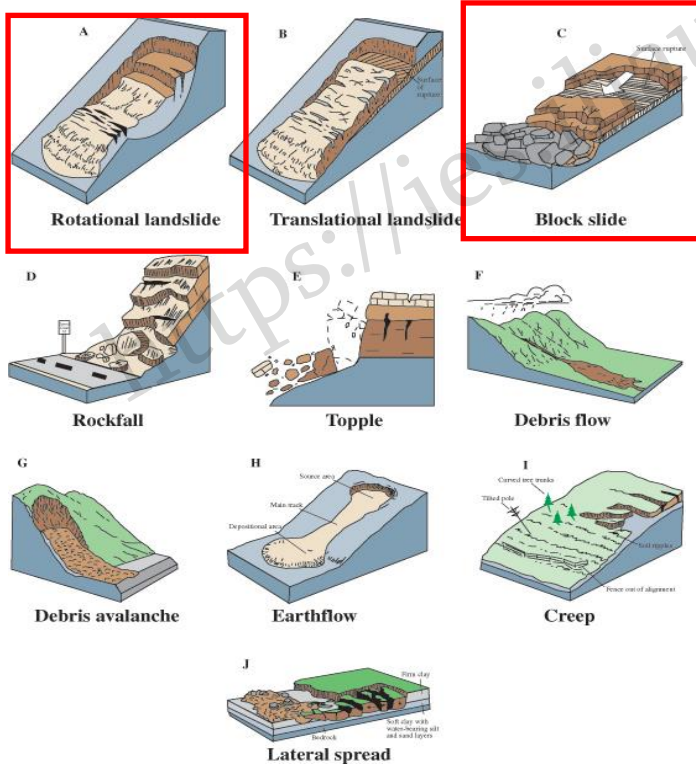


პრობლემატური მონაკვეთის ადგილმდებარეობა

გეომორფოლოგიური პოზიცია: ლისის ქედის აღმოსავლეთ დაბოლოება, ფერდობის დაქანება აღმოსავლეთით, ფერდობის დაქანება მეწყერის მონაკვეთში $15-20^\circ$

გეოლოგიური პოზიცია: ოლიგოცენური ასაკის ქვიშაქვებით და თიხაქვებით (არგილიტებით) აგებული ლისის ანტიკლინის პერიკლინური დაბოლოება, შრეების დაქანებულია აღმოსავლეთით, შრეების დაქანების აზიმუტი მეწყერის მონაკვეთში 105° კუთხე $18-22^\circ$. მეწყერის მონაკვეთში ფერდობის დაქანება და ამგები ქანების შრეების დაქანება თანხვედრაშია.

მეწყერის ტიპი



ბლოკური მეწყერი: იგულისხმება კლდოვანი (ძირითადი) ქანების დიდი ბლოკებით აგებული არასტაბილური და დინამიკაში რთულად პროგნოზირებადი, ფერდობზე გრავიტაციულად დაძრული მეწყერული მასა, რომელსაც გააჩნია ერთი ან რამდენიმე დაცურების ზედაპირი. ახასიათებს უცაბედი და რთულად პროგნოზირებადი მოწყვეტა.

სურათი 1: მეწყერის ტიპი ()



სურათი 2: მაჭავარიანის ქუჩაზე საგზაო და წყალსადენის მშენებლობის დროს განვითარებული ბლოკური მეწყერი



სურათი 3: გზის ქვედა (მაჭავარიანი-გელოვანის ქუჩების დამაკავშირებელ მშენებარე გზაზე არსებული ბრუნვით-ვარდნითი მეწყერი

ბრუნვითი-ვარდნითი მეწყერი: არაკონსოლიდირებული მასისა და კლდოვანი ქანის ჩაზნექილ ზედაპირზე მცირედ დაცურების ფორმა. დაცურების მიზეზია მიწისძვრა, წვიმა, მეწყერის ენის მოჭრა, ფერდობის დატვირთვა, გაყინვა-გაღებვა. ბრუნვითი-ვარდნითი მეწყერი ხდება მაშინ, როდესაც ვარდნითი ბლოკი, რომელიც შედგება სედიმენტური და კლდოვანი ქანებისაგან ცურდება და ბრუნავს ჩალრმავებული დაცურების ზედაპირის პარალელური ღერძის გარშემო.



სურათი 5A: მაჭავარიანის ქუჩაზე მიმდინარე საგზაო სამუშაოები



სურათი 5B: განახლებული წყალსადენის მილი

მეწყრის გამომწვევი ხელოვნური მიზეზები:

მაჭავარიანის ქუჩაზე წარმოებული გზის გაფართოების-გაყვანის და წყალსადენის მილების რეაბილიტაციის დროს წარმოებული სამუშაოები, რომლის დროსაც მოხდა ფერდობის (ამჟამინდელი მეწყრის) ძირში ღრმა სამშენებლო თხრილის გაჭრა, რის შედეგადაც ფერდობის ბუნებრივი საყრდენის ძირის ხელოვნურად მოშიშვლებულმა საერთო სიღრმემ მიაღწია დაახლოებით **15-20 მეტრს**. (იხ. სურ 5). ასევე ხელოვნურ ხელშემწყობ ფაქტორად ითვლება ფერდობის დატვირთვა სამშენებლო სამუშაოებით.

მეწყრული პროცესების ბუნებრივი ხელისშემწყობი პირობები:

1. ფერდობის და ამგები ქანების შრეების თანხვედრი დაქანება
2. ტერიტორიაზე არსებული მეორეხარისხოვანი ტექტონიკური ნასხლეტი ტიპის რღვევები
3. ზედაპირთან ახლოს, საშუალოდ 5-10 მეტრ სიღრმეზე ამგები ქანების გამოფიტვა

მეწყრული ფერდის საველე კვლევები და მონიტორინგი

ჩვენი სამუშაო ჯგუფი ინფორმაციის გავრცელებისთანავე გავიდა მეწყრული სხეულის შესაფასებლად. გამოყენებულ იქნა ჩვენს ხელთ არსებული მეწყრული სხეულისათვის საჭირო მონიტორინგის სისტემები: 1. ფოტოგრამმეტრიული აეროფოტო გადაღება 2. ელექტრული და სეისმური პროფილირება. 3. გეოდეზიური აგეგმვა 4. გეოლოგიური აგეგმვა. 5. სეისმური მონიტორინგი. ჩამოთვლილი მეთოდები არასაკმარისია დაძრული მეწყრული სხეულის სრული მონიტორინგისათვის. მერწყული სხეულის ჩამოწოლის მაჩვენებელი მთავარი პარამეტრი არის სხეულის აჩქარების გაზომვა, რომელიც ხორციელდება ექსტენსომეტრის საშუალებით. ამჟამად ვცდილობთ აერო ფოტოგადაღებითა და გეოდეზიური აგეგმვით შევავსოთ მასის გადაადგილების სიჩქარე და აჩქარება, რაც დაკავშირებულია ცდომილებასთან, მაგრამ გვიჩვენებს პროცესის განვითარების ცხად სურათს. მიმდინარეობს მოლაპარაკება ჩვენს მეგობარ ქვეყნებთან,

რათა სწრაფად შემოვიტანოთ ექსტენსომეტრი და მაღალსიხშირული სეისმომეტრები, რომელიც მეწყრის ტანზე ინსტალირდება და ონლაინ რეჟიმში მეწყრის ტანის დაზარვის ხარისხის შესახებ გვაძლევს ინფორმაციას. ამჟამად მოქმედი 3 სეისმური სადგური ჩაიწერს მეწყრის მოწყვეტას, მაგრამ მოწყვეტის შესაძლო პროგნოზირებისათვის, აუცილებელია დავაკვირდეთ დაზარვის მაჩვენებელს. ეს კი, როგორც აღვნიშნეთ, მიიღწევა მეწყრის ტანზე სხვა ტიპის სეისმური სენსორების ინსტალაციით.

საჭიროა ერთი გეოტექნიკური ჭაბურღილის გაკეთება, რომლის ჭრილიც ინფორმაციას მოგვცემს ამგები ქანებისა და მათი ფიზიკა-მექანიკური მდგომარეობის შესახებ. ბურღი შესაძლებელია გაკეთდეს მეზობელ ტერიტორიაზე, რათა არ მოხდეს მეწყრული სხეულის ზედმეტი შეშფოთება.



სურათი 6:

მეწყრის პარამეტრები:

ხილული ფართობი: 50 000 მ²

სავარაუდო სიღრმე: 9-18 მ.

დაძრული მეწყრული სხეულის ხილული სავარაუდო მოცულობა: 800 000 მ³

მეწყრული პროცესის სავარაუდო განვითარება:

ნეგატიური (ექსტრემალური) სცენარი:

იქიდან გამომდინარე, რომ მეწყრის უბანში ფერდობის (15-20°) და ამგები ქანების (18-22°) დახრილობა არაა დიდი, სავარაუდოა რომ მეწყერი შეინარჩუნებს გადაადგილების (ფერდობზე დაცურების) შედარებით მცირე სიჩქარეს. ვინაიდან მასა დიდია, მიუხედავად მცირე დახრილობისა, მეწყერი შეიძენს საკმარის აჩქარებას, რათა გადავიდეს გზის მეორე მხარეს და გავრცელდეს უფრო მეტი აჩქარებით მტკვრის მიმართულებით. ამჟამინდელი

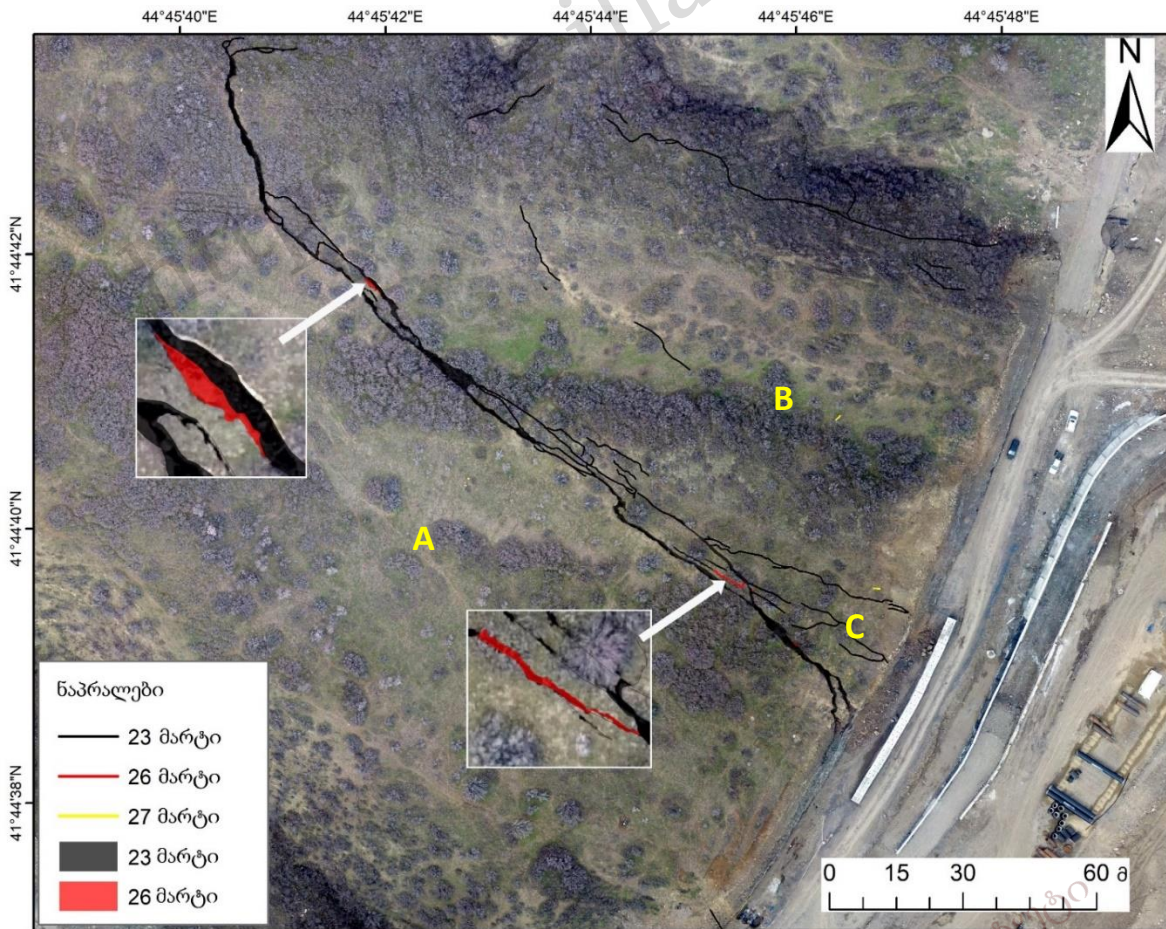
მონაცემებით ფერდობიდან ნაპრალოთ გამოყოფილი ბლოკის სხვადასხვა უბანი ფერდობიდან სხვადასხვა სიჩქარით და მიმართულებით გადაადგილდება. კერძოდ, გეოდეზიური და აეროფოტოგრამმეტრიული მონაცემებით გადაადგილების სიჩქარე მერყეობს 2.6-დან 5.5 სმ-მდე. მიმდინარეობს ინტენსიური მონიტორინგი მიღებული შედეგების დასაზუსტებლად.

მეწყრის უცაბედი დამგრის ძირითად მაპროვოცირებელ აგენტებად განიხილება ჭარბი ნალექი და მიწისძვრა. ასეთ შემთხვევაში მეწყერი აზიანებს მაგისტრალურ წყალსადენის სამ 900 მმ-იან და უფრო მეტი დიამეტრის მილსადენებს, რის გამოც მაღალი წნევით მომდინარე წყალი მილებიდან დაიღვრება დამეწყრილ უბანზე და მეწყრის ამგებ ლოდნარ მასას შეერევა, რაც მეწყრის დენას ფერდობის ქვედა მიმართულებით (გელოვანის ქუჩისკენ) გაამარტივებს და სავარაუდოდ ჩამოყალიბდება ღვარცოფული ნაკადი. მეწყრულ-ღვარცოფული აქტივობა სავარაუდოდ მოიცავს: მაჭავარიანის ქუჩას, გელოვანი-მაჭავარიანის ქუჩების დამაკავშირებელ მშენებარე გზატკეცილს, ბროწეულის ქუჩას, გელოვანის ქუჩას. ასევე ზედა მეწყრის დაცურება გამოიწვევს ქვედა მეწყრის შერევას და გაზრდის დაცურებული მასის მოცულობას, რომელიც გელოვანის ქუჩამდე მიღწევის შემთხვევაში, სავარაუდოდ უფრო მძიმე შედეგებს გამოიწვევს. დასათვლელია სცენარები, თუ რა მიმართულებითაა შესაძლებელი მეწყრის გავრცელება და რა დასახლებულ პუნქტებს შეეხება ის. მეწყრის მოცულობიდან გამომდინარე(მოწყვეტილი მასა), რომელიც თავისი მასშტაბით ვერეს 2015 წლის მოვლენების დროს დამრული მასის ტოლფასია, აუცილებელია შევავასოთ ცუდი სცენარი, რომელიც ყველა შესაძლო გართულებას მოიცავს, რათა მოვახდინოთ პროცესის მართვა, ისე რომ არ დაზარალდეს მოსახლეობა.

ფერდობის დანაპრალება

მაჭავარიანის ქუჩასთან განვითარებულ მეწყერზე და მიმდებარე ტერიტორიაზე ხდება პერიოდული მონიტორინგი, რაც გულისხმობს დამეწყრილ ფერდობზე ნაპრალების აგეგმვას ორი მეთოდით: 1. დრონით აერო-ფოტოგრამმეტრიული მეთოდით. დამუშავებულ მოდელებზე და 2. ადგილზე თვალთ დაკვირვება შედარებით მცირე, ან მცენარეული საფარის ქვეშ გაჩენილი ნაპრალების აღწერისა და მათი კოორდინატების დაფიქსირებით. აგეგმილი ნაპრალების სისტემა გადაგვაქვს და ვამუშავებთ გეოინფორმაციულ სისტემებში. ტერიტორიის რეგულარული მონიტორინგი საშუალებას იძლევა დავაკვირდეთ დამეწყრილ ფერდობზე ახალი ნაპრალების ჩამოყალიბების პროცესს და ასევე უკვე არსებულ ნაპრალებზე მომხდარ ცვლილებებს. სურათზე მოცემულია აერო ფოტოზე აციფრული ნაპრალების სისტემა. შედარებით განიერი ნაპრალები დატანილია პოლიგონალური ფორმატით, ხოლო ვიწრო - ხაზოვანით. ფერებით გამორჩეულია ახალი ან ფორმაშეცვლილი ნაპრალები დაკვირვების სხვადასხვა პერიოდში. ამ დროისთვის აერო ფოტოებზე კარგად გამოჩნდა შედარებით განიერი ნაპრალების დინამიკა ცალკეულ მონაკვეთებში: წითელი პოლიგონებით დავაფიქსირეთ ნაპრალის კიდების კიდევ უფრო გაგანიერება. გარდა ამისა გამოჩნდა ადრე არსებული შედარებით ვიწრო ნაპრალის მნიშვნელოვანი გაგანიერება.

ხაზებით აციფრული შედარებით ვიწრო ნაპრალების ნაწილის აერო ფოტოებზე გარჩევა რთულია და ისინი ადგილზე თვალთ დაკვირვებით იქნა აღწერილი. დამეწყრილი



სურათი 7:

ტერიტორიის საკმაოდ დიდი ფართობის და მცენარეული საფარის მნიშვნელოვანი გავრცელების გამო შესაძლოა მსგავსი ვიწრო ნაპრალები გამოგვრჩეს და ახლად ნაპოვნი ნაპრალები სინამდვილეში რამდენიმე დღის წინ იყოს გაჩენილი. ამიტომ შესაძლოა უფრო მიზანშეწონილი იყოს ტერიტორიის ზოგად დათვალიერებასთან ერთად, მეტი ყურადღება დავუთმოთ უკვე აღწერილი ნაპრალების დინამიკაზე დაკვირვებას.

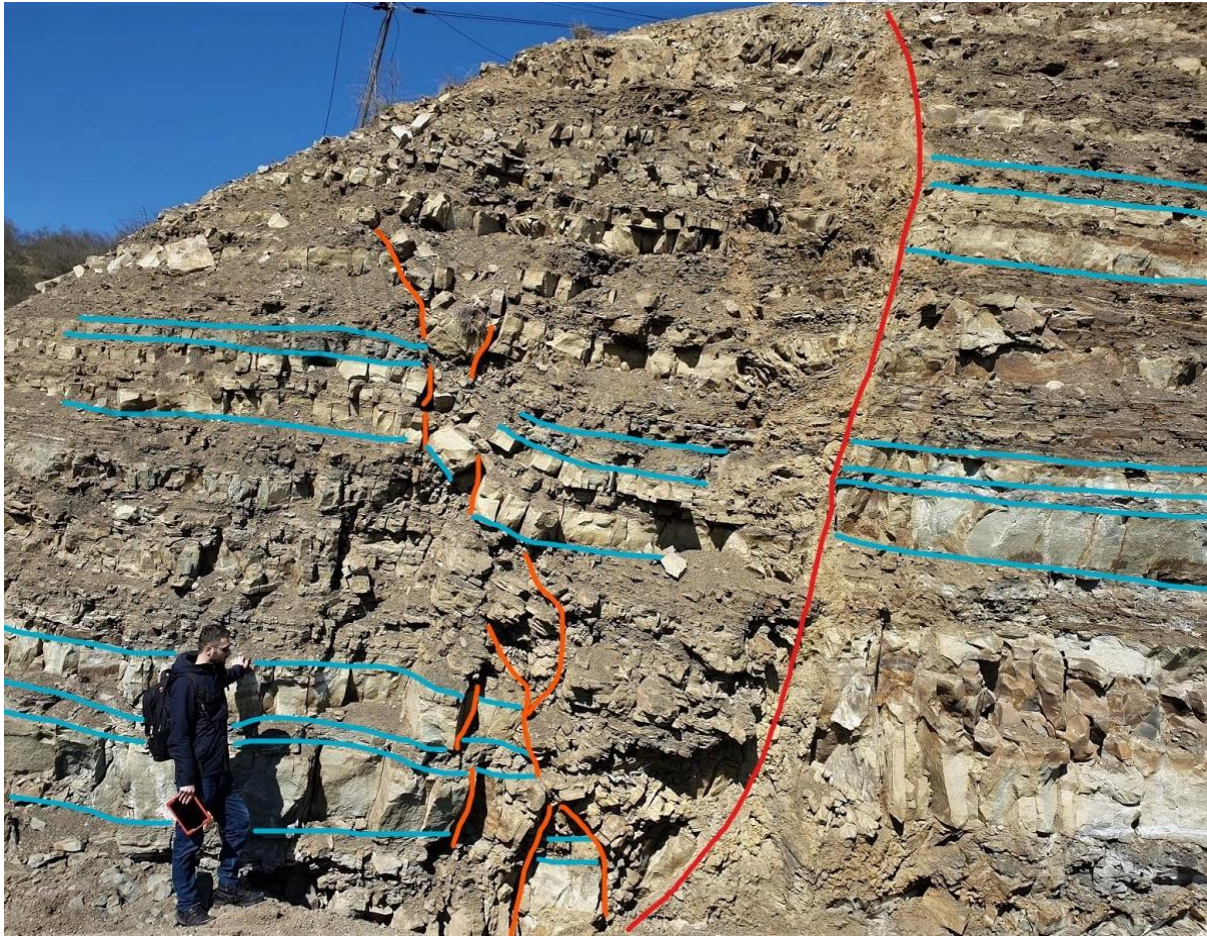




სურათი 8: მეწყრული სხეულის ფრონტალური ნაწილის აღწერა.

მეწყრული სხეულის ფრონტალური (Toe) ნაწილი მაჭავარიანის ქუჩის პირას ორ სეგმენტადაა წარმოდგენილი (B და C სეგმენტები): სურათზე, მარცხენა შედარებით მცირე ნაწილი (C სეგმენტი) სიმძლავრით 6-9 მეტრს უდრის, და მის მოწყვეტის ზედაპირი უშუალოდ მაჭავარიანის ქუჩის ზედაპირიდან 2-3 მეტრ სიმაღლეზე, გაშიშვლებაზე დაიკვირვება (ნარინჯისფერი); მეწყრის ძირითადი მარჯვენა ნაწილის (B სეგმენტის) მოწყვეტის ზედაპირი მაჭავარიანის ქუჩის ზედაპირის ქვემოთ მდებარეობს. მეწყრის მარჯვენა კიდურა მოწყვეტა (Minor Scarp) გაშიშვლებაზე ემთხვევა მცირე ამპლიტუდის (2.5-3 მეტრი) ნასხლეტი ტიპის რღვევას (წითელი) და ფაქტიურად წარმოადგენს ძირითად ბუნებრივ წვეტით ელემენტს, რის სიბრტყეზეც მოხდა მეწყრული სხეულის დანაპრალება და შემდგომ ბლოკური მეწყრის ჩასახვა.





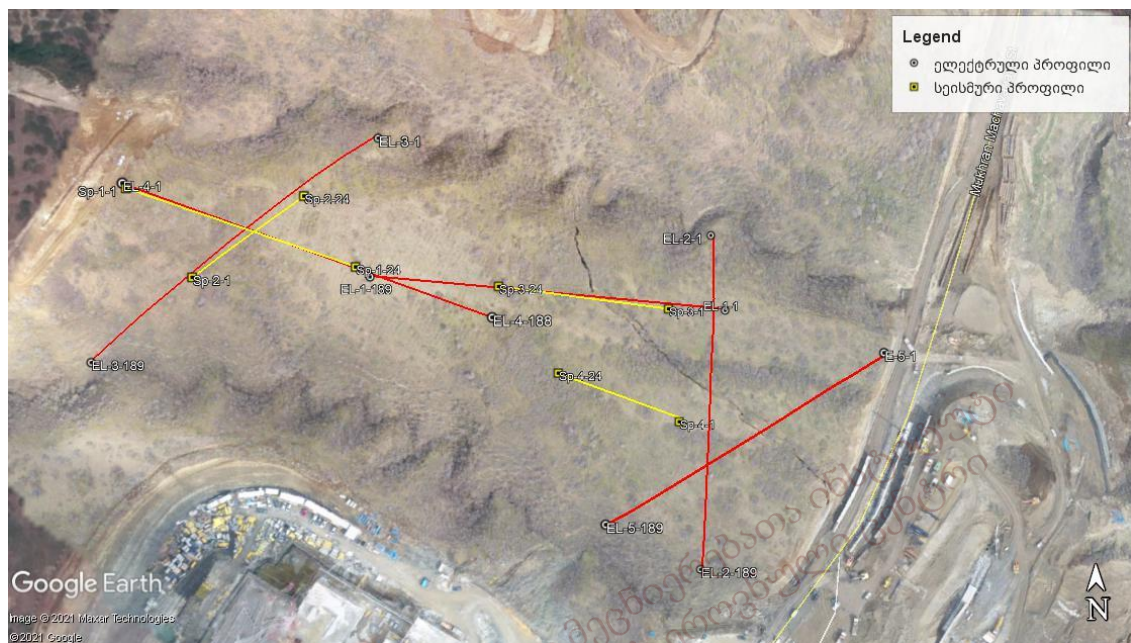
სურათი 9

A სეგმენტის სამხრეთ-აღმოსავლეთ პერიფერიაზე ფიქსირდება მეწყრულ მონაკვეთზე (B სეგმენტზე) გავრცელებული ნასხლეტი ტიპის ანალოგიური ასეისმური მცირე გადაადგილების (2-2.5 მეტრი) მქონე, გათიხებული ზონით წარმოდგენილი ტექტონიკური რღვევა (წითელი), რომელიც წარმოადგენს ფერდობზე ქანების ბუნებრივ წყვეტას, რაც ხელისშემწეობი ფაქტორია ფერდობზე დამატებით ბლოკური მეწყრის ჩამოყალიბებისთვის. მდგომარეობას ართულებს ნასხლეტი რღვევის (სურათზე) მარცხნივ, უკვე განვითარებული ნაპრალოვანი სისტემა (ნარინჯისფერი), რომელიც ჩვენი აზრით ახალი წარმოშობილია, რაზეც მეტყველებს ნაპრალის სიგანე, რომელიც ზოგიერთ მონაკვეთში 5 სმ აღემატება, ასევე ის ფაქტი რომ ნაპრალის სივრცე არაა შევსებული (თიხნარი-ქვიშნარი) მასალით, ნაპრალს ფერდობის ზედაპირიდან სიღრმეში უფრო დიდი გადაადგილებები გააჩნია (0.5-1 მეტრი), ხოლო ზედაპირზე ამ ეტაპისთვის მკაფიოდ არ დაიკვირვება. სავარაუდოა რომ ნაპრალი სიღრმეში (გზის საფარქვეშ) უფრო განვითარებულია, რაც სავარაუდოს ხდის რომ ნაპრალი განვითარების პროცესშია და სამომავლოდ მოსალოდნელია მისი ფერდობის ზედაპირზე ასახვა და დამატებით ბლოკური მეწყრის დაძვრა.

გეოფიზიკური კვლევა

ელექტრული და სეისმური პროფილირება: ელექტრული და სეისმური პროფილირება გვაძლევს ფერდობის შინაგანი აგებულების შესახებ ინფორმაციას. ამჟამად კეთდება პროფილები, რათა ავაგოთ ტომოგრაფიული სურათი და ზუსტად განვსაზღვროთ დაძრული სხეულის მოცულობა. არსებული კვლევებით მეწყრული ტანის სიმძლავრე დაახლოებით 9-18 მეტრამდეა და ის ვარირებს ლატერალურად. დამატებითი პროფილები საშუალებას მოგვცემს დავინახოთ სრული სურათი.

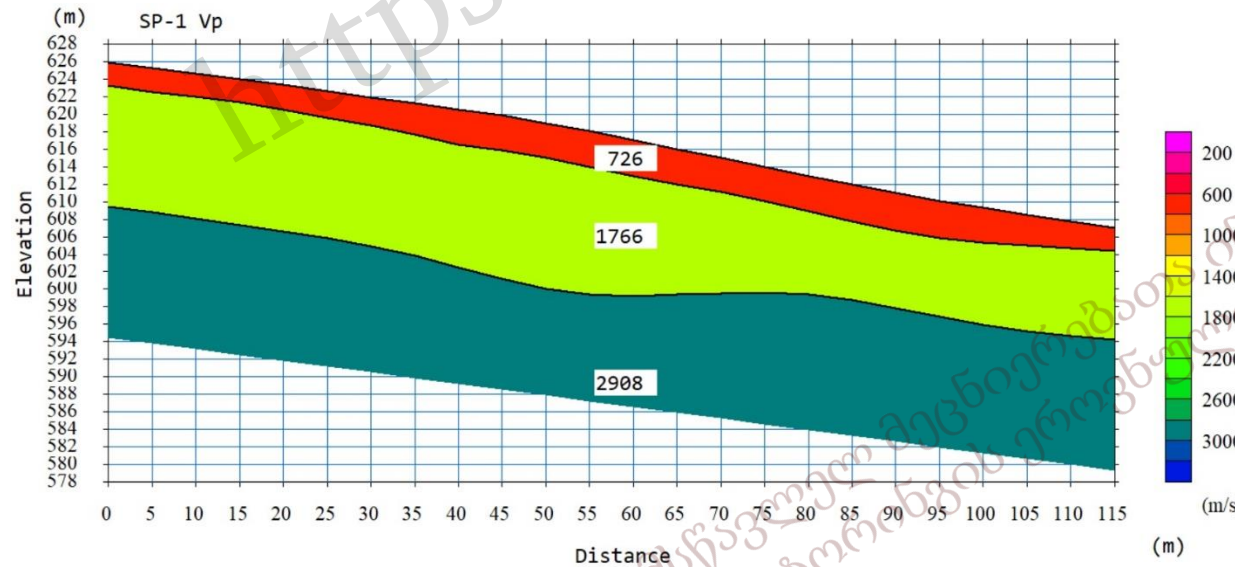
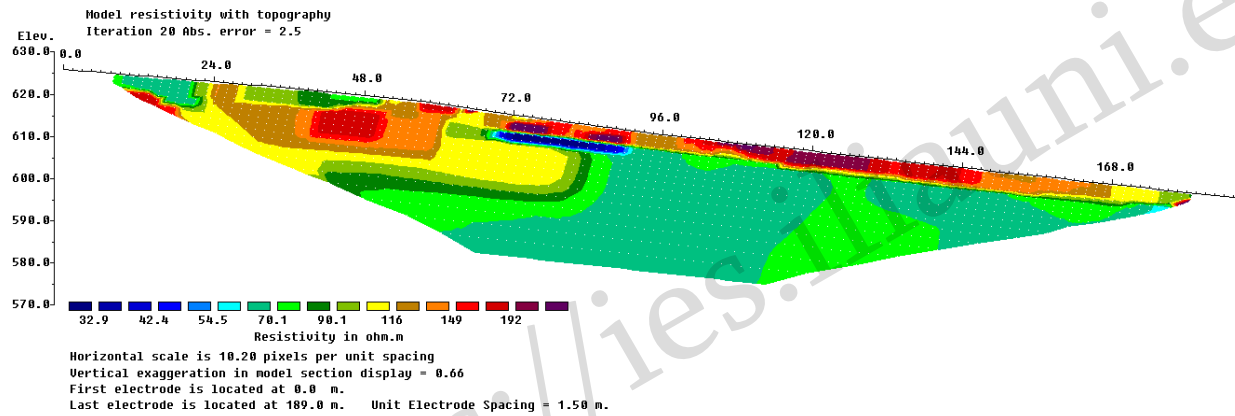
კვლევა ჩატარდა ქ. თბილისში, მაჭავარიანის ქუჩის მიმდებარედ არსებულ მეწყერზე. გატარდა ხუთი ელექტრული და ოთხი სეისმური პროფილი. მიღებულ მონაცემთა დამუშავებისა და ანალიზის საფუძველზე აიგო ორგანოზომილებიანი ჭრილები, შესაბამისი გეოფიზიკური მახასიათებლებით.



სურათი 9: პროფილების განლაგება



ელექტრული პროფილი EL-4 და სეისმური პროფილი SP-1

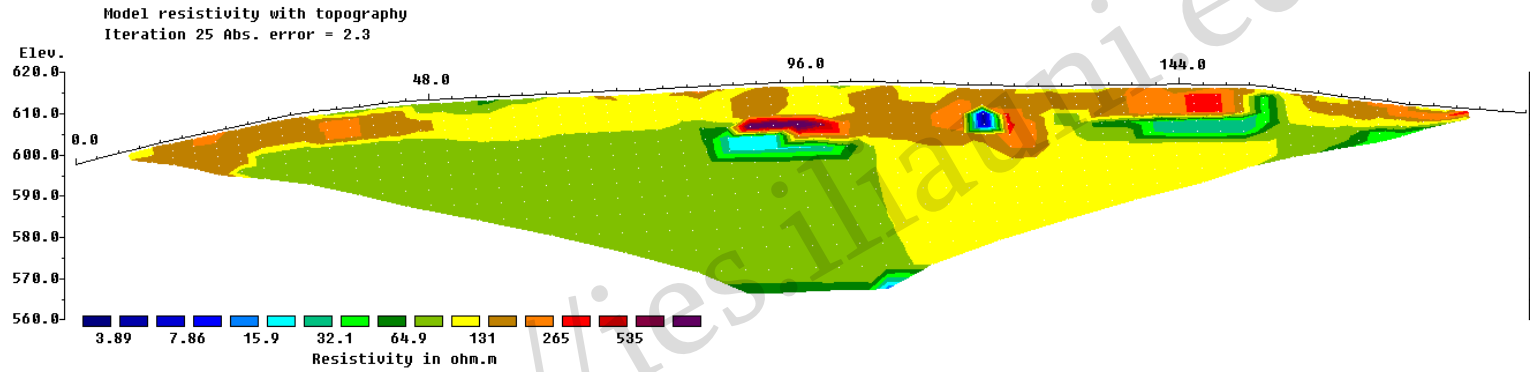


EL-3 / EL-4 ელექტრულ და SP-1 / SP-2 სეისმურ გადამკვეთ პროფილებში მკვეთრად გამოხატულია ძლიერ გამოფიტული, გამოფიტული და სუსტად გამოფიტული გეოლოგიური შრეები. პირველი გეოფიზიკური ფენა ოთხივე ჭრილში მერყეობს 3-5 მეტრის დიაპაზონში. ძლიერი გამოფიტვისა და დანაპრალების გამო გამოირჩევა შედარებით მაღალი წინაღობით და დაბალი სეისმური სიჩქარეებით ($\rho \sim 120-270 \Omega$, $V_p = 694-726$ მ/წმ). მეორე გეოფიზიკური ფენა გამოფიტულია და მისი სიმძლავრე ოთხივე ჭრილში შეადგენს 11-14 მეტრს. პირველ ძლიერ გამოფიტულ ფენასთან შედარებით გამოირჩევა დაბალი წინაღობით და მაღალი სეისმური სიჩქარეებით ($\rho \sim 90-120 \Omega$, $V_p = 1624-1766$ მ/წმ). მეორე

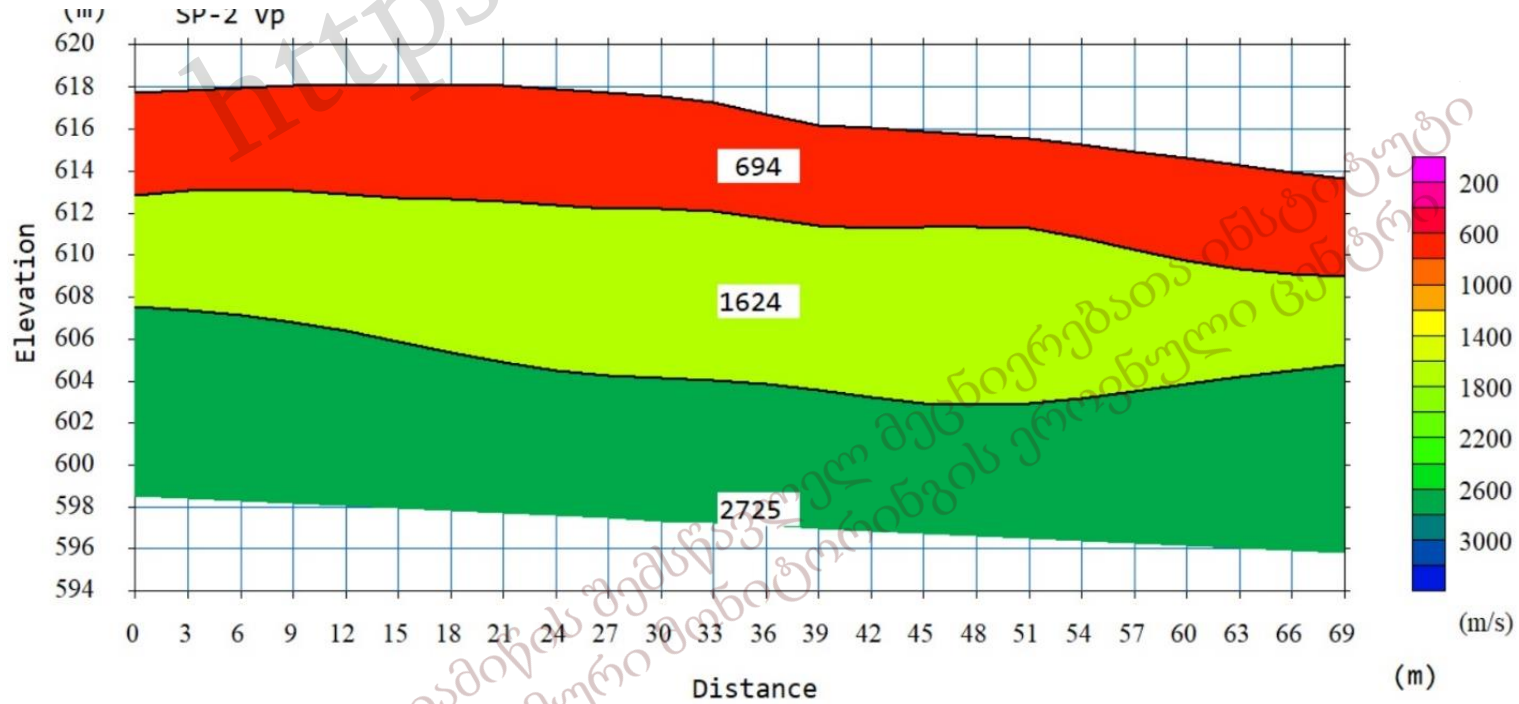
გეოფიზიკური ფენის ქვევით დაიკვირვება სუსტად გამოფიტული ძირითადი ქანი შემდეგი ფიზიკური მახასიათებლებით ($\rho \sim 70-100 \Omega$, $V_p = 2725-2908$ მ/წმ).



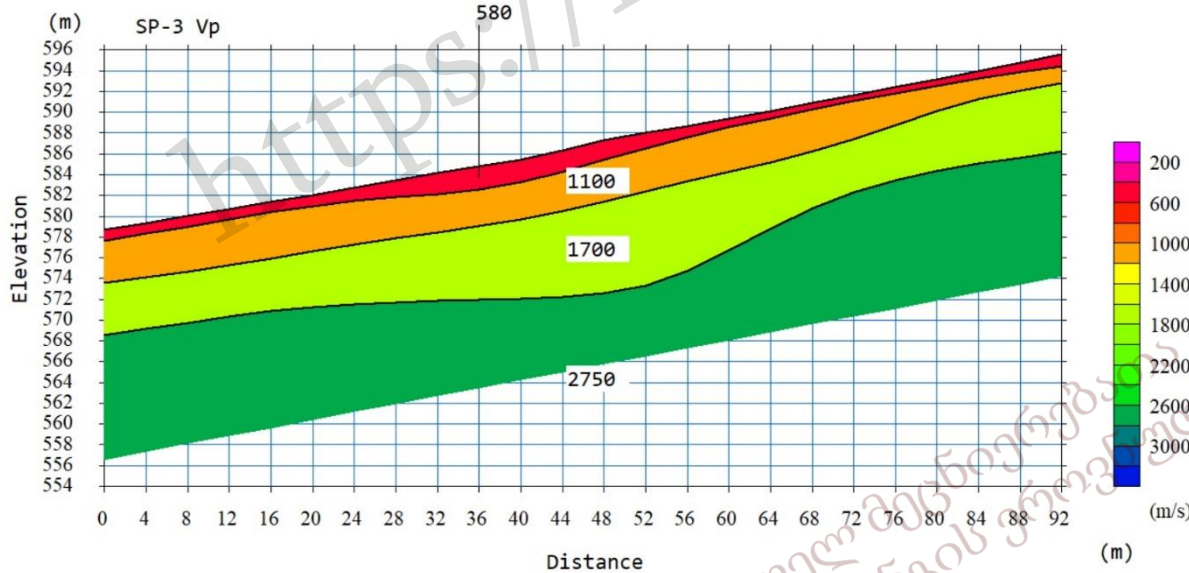
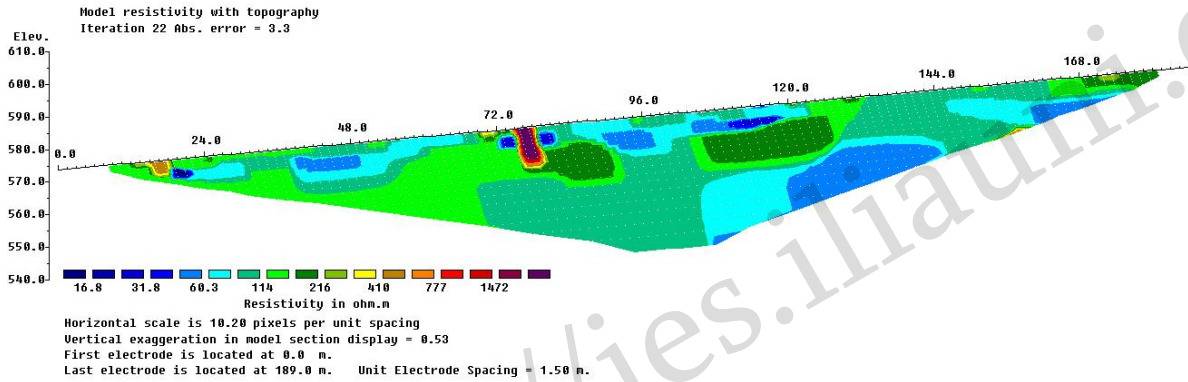
ელექტრული პროფილი EL-3 და სეისმური პროფილი SP-2



Horizontal scale is 20.40 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.52
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 189.0 m. Unit Electrode Spacing = 3.00 m.



დედაბიძის უმცროსი მესწავლე მეცნიერებათა ინსტიტუტი
სეისმური მონიტორინგის ეროვნული ცენტრი



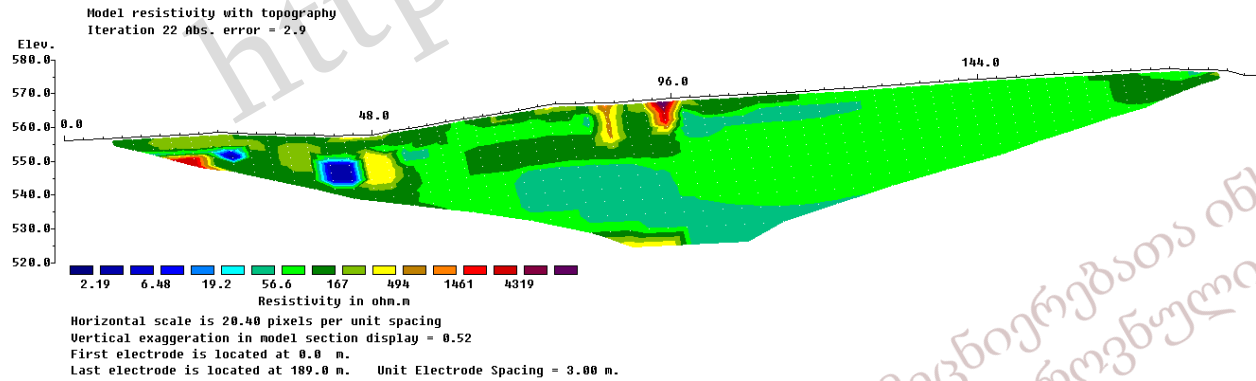
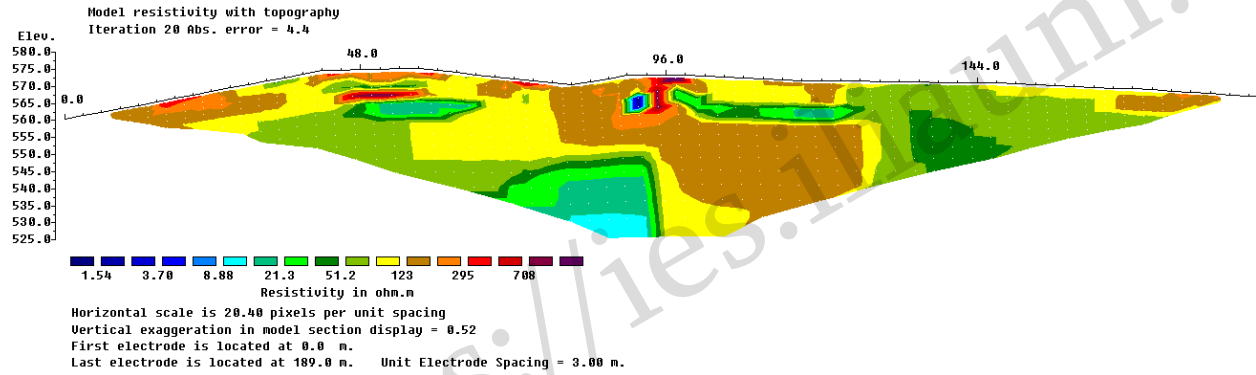
მახასიათებლებით $\rho \sim 60-160 \Omega$, $V_p = 2750$ მ/წმ.

EL-1 ელექტრულ და SP- 3 სეისმურ გადამკვეთ პროფილებში მკვეთრად გამოხატულია ძლიერ გამოფიტული, გამოფიტული და სუსტად გამოფიტული გეოლოგიური შრეები. პირველი გეოფიზიკური ფენა ორივე ჭრილში მერყეობს 3-6 მეტრის დიაპაზონში. ძლიერი გამოფიტვისა და დანაპრალების გამო წარმოდგენილია შემდეგი წინააღმდეგობითა და სეისმური სიჩქარით ($\rho \sim 60-120 \Omega$, $V_p = 580-1100$ მ/წმ). მეორე გეოფიზიკური ფენა გამოფიტულია და მისი სიმძლავრე ორივე ჭრილში შეადგენს 6-13 მეტრს. გამორჩევა შემდეგი წინააღმდეგობით და საშუალო სეისმური სიჩქარით ($\rho \sim 120-250 \Omega$, $V_p = 1700$ მ/წმ). მეორე გეოფიზიკური ფენის ქვევით დაიკვირვება სუსტად გამოფიტული ძირითადი ქანი შემდეგი ფიზიკური



დედაბიჭის შემსწავლელ მეცნიერებათა აკადემიის
სეისმური მონიტორინგის ეროვნული ცენტრი

ელექტრული პროფილი EL-2 / EL-5 და სეისმური პროფილი SP-4



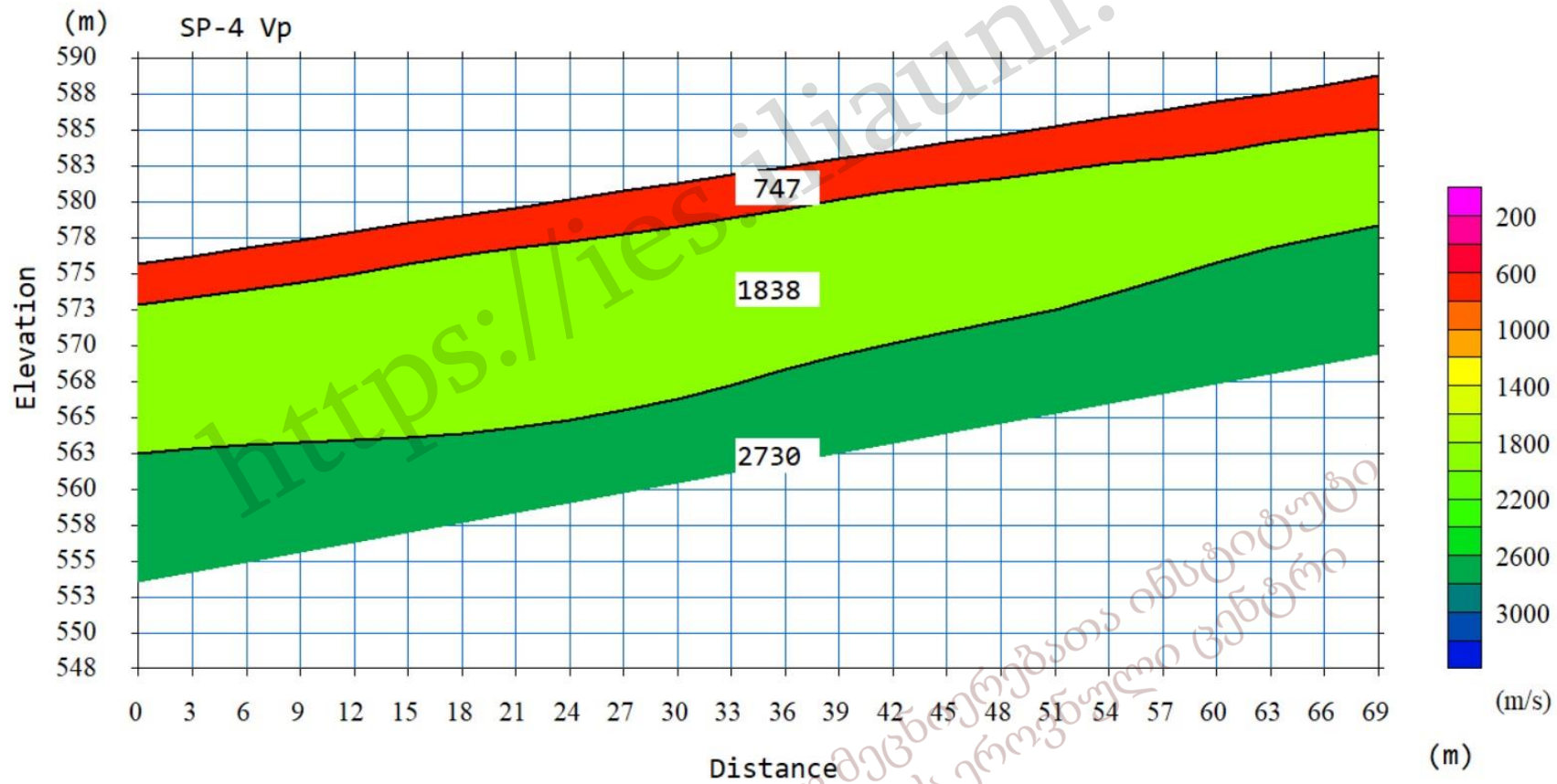
EL-2 / EL-5 ელექტრულ და SP-4

სეისმურ გადამკვეთ პროფილებში მკვეთრად გამოხატულია ძლიერ გამოფიტული, გამოფიტული და სუსტად გამოფიტული გეოლოგიური შრეები. პირველი გეოფიზიკური ფენა სამივე ჭრილში მერყეობს 3-6 მეტრის დიაპაზონში. ძლიერი გამოფიტვისა და დანაპრალების გამო წარმოდგენილია შემდეგი წინაღობით და საშუალო სეისმური სიჩქარით ($\rho \sim 120-300 \Omega$, $V_p=747$ მ/წმ). მეორე გეოფიზიკური ფენა გამოფიტულია და მისი სიმძლავრე სამივე ჭრილში შეადგენს 6-15 მეტრს. გამოირჩევა შემდეგი წინაღობით

და საშუალო სეისმური სიჩქარით ($\rho \sim 60-150 \Omega$, $V_p=1838$ მ/წმ). მეორე გეოფიზიკური ფენის ქვევით დაიკვირვება სუსტად გამოფიტული ძირითადი ქანი შემდეგი ფიზიკური მახასიათებლებით $\rho \sim 70-230 \Omega$, $V_p=2730$ მ/წმ.



https://ies.hug.edu.ge
 დედაბიჭის შემსწავლელი მეცნიერებათა ინსტიტუტი
 სეისმური მონიტორინგის პროექტი



ქვემოთაშენიანი ინჟინერული უნივერსიტეტი
 სეისმური მონიტორინგის ეროვნული ცენტრი

<https://ies.helianauni.edu.ge>

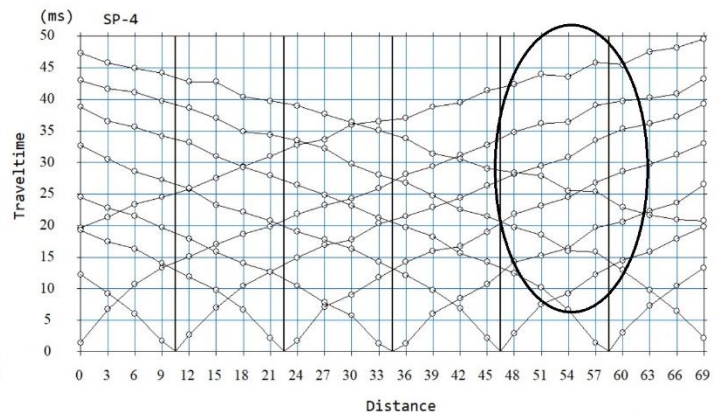
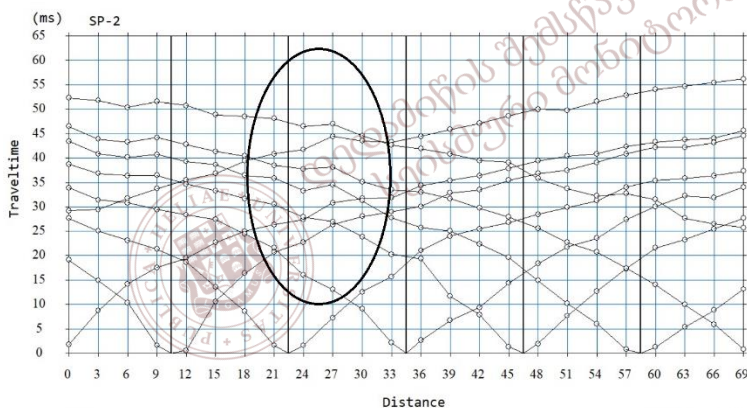
გეოფიზიკური კვლევების ანალიზი-დასკვნა:

განხორციელებული გეოფიზიკური კვლევებისა და მიღებული ელექტრულ/სეისმური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, მკაფიოდ დადასტურდა ჩვენს მიერ გამოთქმული წინასწარი ვარაუდი კვლევის პირველად შედეგებში, მაჭავარიანის ქუჩის მეწყერსაშიში ფერდობის სტაბილურობასთან დაკავშირებით.

ელექტრული ძიებით მიღებულ შედეგებში მკვეთრად გამოიხატება (EL-1, EL-2, EL-5) ნაპრალები, რომელიც ვიზუალურად ჩანს მეწყერის სხეულზე, ასევე დაიკვირვება მეწყერის სხეულის დანაპრალებული, ძლიერ გამოფიტული და გამოფიტული არეალები, რაც დასტურდება განხორციელებული გადამკვეთი და პარალელური სეისმური კვლევებით მიღებული სიჩქარეებით. იდენტიფიცირებული ძლიერ გამოფიტული და გამოფიტული გეოფიზიკური ფენების სიმძლავრეები გადამკვეთ ელექტრულ/სეისმური კვლევების ჭრილებში თითქმის იდენტურია და მთელი ფერდობის მასშტაბით რელიეფიდან გამომდინარე მერყეობს 9-18 მეტრის ფარგლებში.

აგრეთვე ვვარაუდობთ, რომ ფერდობის ერთერთი მოწყვეტის ხაზი გადის EL-4/EL-3 და SP-1/SP-2 პროფილების გადაკვეთის არეალში. ვინაიდან, ელექტრულ ჭრილში (EL-4) მკვეთრად გამოყოფილია მსგავსი გეოლოგიური სტრუქტურები განსხვავებული წინააღმდეგობებით, მათი ფიზიკური მდგომარეობიდან გამომდინარე. ამასთანავე გადამკვეთ სეისმურ ჭრილებში გვაქვს შემდეგი სურათი: ძლიერ გამოფიტული და გამოფიტული ძირითადი ქანები 9-13 მეტრის სიმძლავრით, რომელშიც გავრცელებული გრძივი ტალღის დროით მრუდზე (travel-time curve) ფიქსირდება შემოსვლის დროების ნაზრდის ნახტომისებური წანაცვლება, ხოლო შეუღლებულ (საპირისპირო) მრუდზე (Reciprocal travel-time) კი შემოსვლის დროების შემცირება, რაც მეტყველებს განლაგებული გეოლოგიური სტრუქტურების დეფორმაციაზე, როგორც ნასხლეტი ტიპის გადაადგილებაზე, ტექტონიკური რღვევის შემთხვევაში (იხ. SP-2 დროითი მრუდი). მსგავსი სურათი გვაქვს სეისმურ პროფილში SP-4.

SP-2 და SP-4 სეისმური ჭრილების დროითი მრუდი.



ამასთანავე მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ ჩატარებული გეოფიზიკური კვლევების შედეგები და მისი ანალიზი, გვაძლევს საშუალებას შევაფასოთ ძლიერ გამოფიტული და გამოფიტული ძირითადი გეოლოგიური ქანების მოცულობა. სწორედ ეს გეოლოგიური სტრუქტურები შეიძლება გახდეს მოწყვლადი და მეწყერსაშიში, დაცურებისათვის ხელსაყრელი გარემოპირობების შექმნისას. ვინაიდან, გზის მშენებლობის გამო ფერდობზე მოჭრილია ამგები ქანების გარკვეული მონაკვეთი, რის გამოც მის ზემოთ მდებარე ქანებს გამოცლილი აქვს ბუნებრივი საყრდენი და შესაბამისად, ძლიერი წვიმის ან მიწისძვრის შემთხვევაში მათი გრავიტაციულად დაძვრის ალბათობა იზრდება.

გეოდეზიური კვლევის მეთოდი:

გეოდეზიური კვლევის მეთოდი, კერძოდ GNSS (Global Navigation Satellite System) სისტემა გამოიყენება დედამიწის ქერქის დეფორმაციების დასათვლელად. მეწყერის ტანის ფარდობითი გადაადგილებისა და მიმართულების შესაფასებლად დავიწყეთ მაღალი სიზუსტის GNSS ტექნოლოგიებით, კერძოდ RTK (Real Time Kinematic) მეთოდით მეწყერის სხეულზე დაკვირვება. დაკვირვება ხდება წინასწარ შერჩეულ, შესაბამისი წესით მარკირებულ წერტილებზე. აპარატურული და მეთოდური ცდომილების შესამცირებლად, თითო წერტილზე, ყოველი აზომვისას ანათვლების აღება 2-5 წუთამდე მიმდინარეობს.

მეთოდის სპეციფიკიდან გამომდინარე პირველადი შედეგების დაზუსტებას სჭირდება გარკვეული დრო. მუდმივ რეჟიმში (ყოველდღიურად, ან 3 დღეში ერთხელ გარემო პირობებიდან გამომდინარე, როგორცაა ამინდი და CORS ქსელის მუშაობის სიზუსტე) მიმდინარეობს განმეორებითი აზომვები. შეზღუდული დროისა და რესურსის გამო, შესაძლოა მიღებულ შედეგებს ჰქონდეთ ცდომილება, რომლის შესამცირებლადაც აუცილებელია დაკვირვების პროცესის ხანგრძლივობა და დამატებითი აპარატურა.

თავდაპირველი აზომვები დავიწყეთ 23 მარტს, საკვლევ უბანზე შერჩეულ 11 წერტილზე რომელზეც 1 კვირის (23-29 მარტი) განმავლობაში მიმდინარეობდა დაკვირვება. (იხ. სურ 10.)

29 მარტს მიღებული წინასწარი შედეგებიდან გამომდინარე, გავიარეთ კონსულტაცია ჩვენს ამერიკელ კოლეგებთან (კევინ მაკკი, კრისტოფერ ბრიდსი) და არსებულ 11 წერტილს დაემატა ახალი წერტილები (სურ 11, ყვითელი ნიშნული) შედარებით სტაბილურ ლოკაციაზე. დაკვირვების წერტილებისა და შუალედური შედეგების სანახავად იხილეთ სურათი 9.

სურათ 10_ზე მოცემულია შედეგი, რომელიც აღწერს 40 საათის განმავლობაში მიღებულ ფარდობით გადაადგილებასა და მიმართულებას. განვმარტავთ: პირველ და მეორე ანათვალს შორის დროითი შუალედი არის 40 საათი. A ბლოკზე წერტილების ფარდობითი გადაადგილება, როგორც ვხედავთ შედარებით მცირეა და მერყეობს 0.46 დან 1.22 სანტიმეტრამდე, ხოლო B ბლოკზე გადაადგილება 40 საათის განმავლობაში დიდია და არის 7

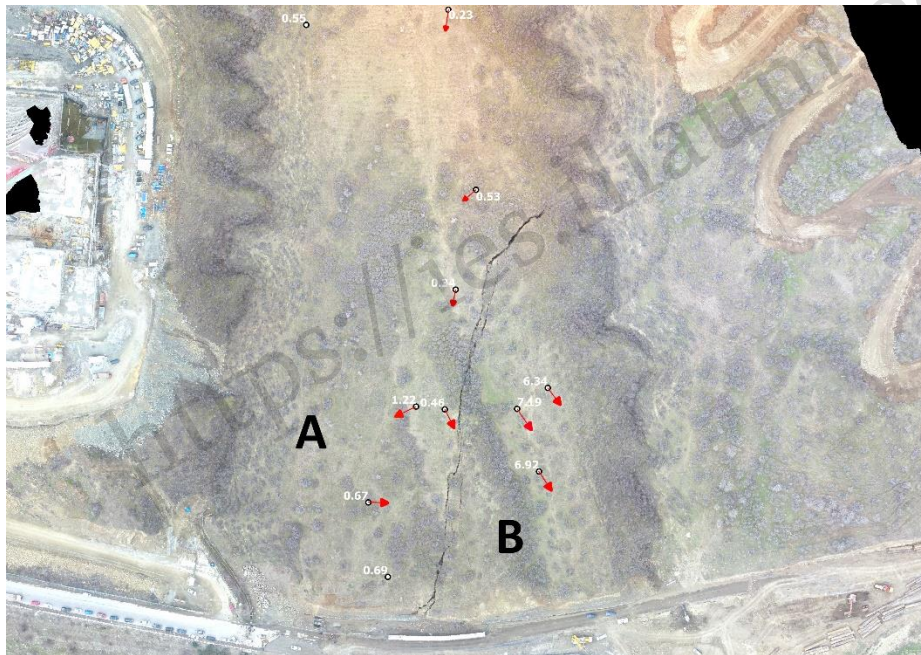
სანტიმეტრის რიგის. ანათვლების აღების დროს პირველ აზომვაზე აზომვის ცდომილება იყო 1 სანტიმეტრამდე რიგის, ხოლო 40 საათის შემდეგ 1.5 სანტიმეტრამდე რიგის. შესაბამისად B ბლოკის გადაადგილებას მეტი სიზუსტე გააჩნია, რაც შეეხება A ბლოკს ცდომილებიდან გამომდინარე, საჭიროებს დაზუსტებას. ჩვენ გამოვთქვით ვარაუდი, რომ A ბლოკიც შესაძლოა დინამიკაშია, ვინაიდან მიუხედავად ცდომილებისა ტრენდი დეფორმაციისა დაიკვირვება, რასაც აგრეთვე ამყარებს აეროფოტო მონიტორინგი; გეოფიზიკური კვლევები და გეოლოგიური აგეგმვა.

დაკვირვების მეორე ეტაპის დროს აზომვის ცდომილება გაიზარდა კლიმატური პირობებისა და CORS სისტემის გამო. შესაბამისად შევარჩიეთ ისეთი მონაცემები, რომლებიც კონკრეტულ დღეებში მინიმალურ ცდომილებას გვაძლევდა. კერძოდ, დავთვალეთ გადაადგილება მხოლოდ 4 წერტილზე 23 მარტიდან 29 მარტის ჩათვლით შუალედში. B ბლოკზე ფარდობითი გადაადგილება 1 კვირის განმავლობაში შეადგენს 22.5 - 23სმ (სურ. 11). ხოლო მარცხენა A ბლოკის ზემო წერტილებზე (23-29 მარტი) განმავლობაში დაფიქსირებული ფარდობითი გადაადგილება არის 2.15 სმ. პრობლემურ უბანზე შერჩეულ დანარჩენ 7 წერტილზე, მოცემული კვირის განმავლობაში, გადაადგილება არ ფიქსირდება ან იგი მეთოდის/აპარატურის ცდომილებაზე მცირეა. შესაბამისად, საჭიროა მასზე დაკვირვების გაგრძელება. გადაადგილებისა და მიმართულების შეფასებაში გამოყენებულია 23 და 29 მარტის მონაცემები, სადაც მეთოდის/აპარატურის ცდომილება მერყეობს 7-17 მმ (შერჩეულია ყველაზე დაბალი ცდომილების მქონე მონაცემები).

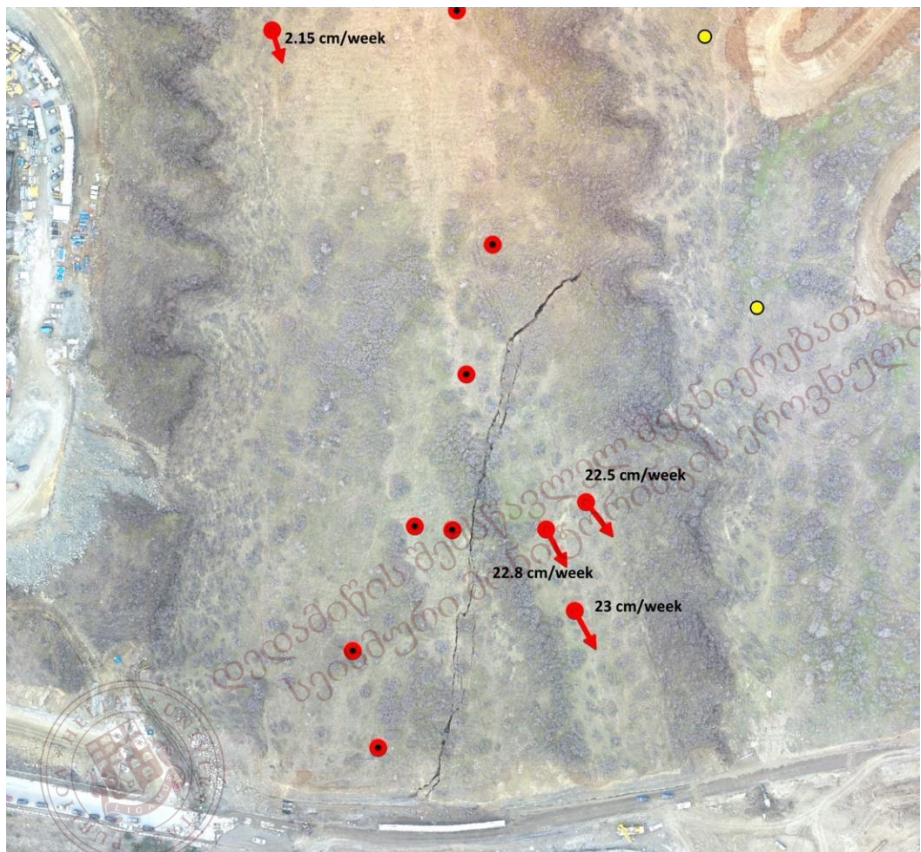
მეთოდის ცდომილება დამოკიდებულია: გამოყენებულ აპარატურაზე, ამინდზე, სატელიტების გეომეტრიულ განლაგება/რაოდენობასა და საყრდენ (reference) სისტემაზე, ამ შემთხვევაში CORS ქსელზე. შესაბამისად მეთოდის სპეციფიკიდან გამომდინარე, შესაძლოა ვერ მივიღოთ მოცემულ ცდომილებაზე უკეთესი შედეგი. ხანგრძლივ პერიოდში დაკვირვებისას, თუ მეწყრის გადაადგილება არ იქნება ცდომილებაზე მეტი, ვერ მოხერხდება დაზუსტებით ფარდობითი გადაადგილებისა და მიმართულების განსაზღვრა. სხეულის დინამიკაში მაღალი სიზუსტით შესაფასებლად, რეკომენდებულია გამოყენებულ იქნას პარალელურად სხვა მონიტორინგის სისტემა(ექსტენსომეტრი, ლიდარული მონიტორინგი, GNSS სისტემა ბადისებრი დაფარვით ონლაინ რეჟიმში), რომლითაც 24 საათის განმავლობაში, ონლაინ რეჟიმში მოხდება მონაცემების შეგროვება და რეალურ დროში ანალიზი.

გამომდინარე იქედან, რომ აღნიშნული პრობლემა წარმოადგენს ბლოკური ტიპის მეწყერს, ამ ეტაპზე, ჩატარებული გეოდეზიური დაკვირვებებით შესაძლებელია ვთქვათ, რომ მეწყრული სხეული ამჟამად დინამიკაშია და რეალურად, არასრულად ვაკვირდებით დეფორმაციით გამოხატულ სხეულზე არსებულ დაძაბულობის ველს.





სურათი 10. მეწყრის ტანზე გეოდეზიური აზომვების პირველადი შედეგები 23-25 მარტი.



სურათი 11. ფარდობითი გადაადგილება და მიმართულება 23 მარტიდან 29 მარტის ჩათვლით.

ისრებით მოცემულია მეწყერის ტანის გადაადგილების ფარდობითი მიმართულება, ხოლო ციფრებით ფარდობითი გადაადგილების მნიშვნელობა. შედეგის ტრენდი შესაბამისობაში მოდის აეროფოტო მონიტორინგთან, რომელსაც ასევე ვაწარმოებთ. შედეგების ანალიზი ემთხვევა ასევე ჩვენს მიერ ელექტროდიებით მიღებულ პროფილებს

სეისმური მონიტორინგი

მეწყერის ვიზრაციისა და სხეულის შესაძლო დაზარების მონიტორინგისათვის ჩვენმა ინსტიტუტმა დაამონტაჟა ჩვენს ხელთ არსებული აპარატურა. აპარატურის მწარმოებელია კომპანია Guralp, და სეისმოგრაფის მოდელია Guralp 6TD. ეს ხელსაწყო განკუთვნილია მიწისძვრის მონიტორინგისათვის და მისი სიხშირული და ტექნიკური მახასიათებელი არ არის ხელსაყრელი ძალიან მცირე მიწისძვრების, ბზარებისა და მიკრობზარების მონიტორინგისათვის. ჩვენს მიერ ამჟამად დაინსტალებულია 5 სეისმოგრაფი. იხილეთ სეისმოგრაფების განაწილება სურ. 12.



სურათი 12: მაჭავარიანის ქუჩის მეწყერზე სეისმურ სადგურთა განაწილება.

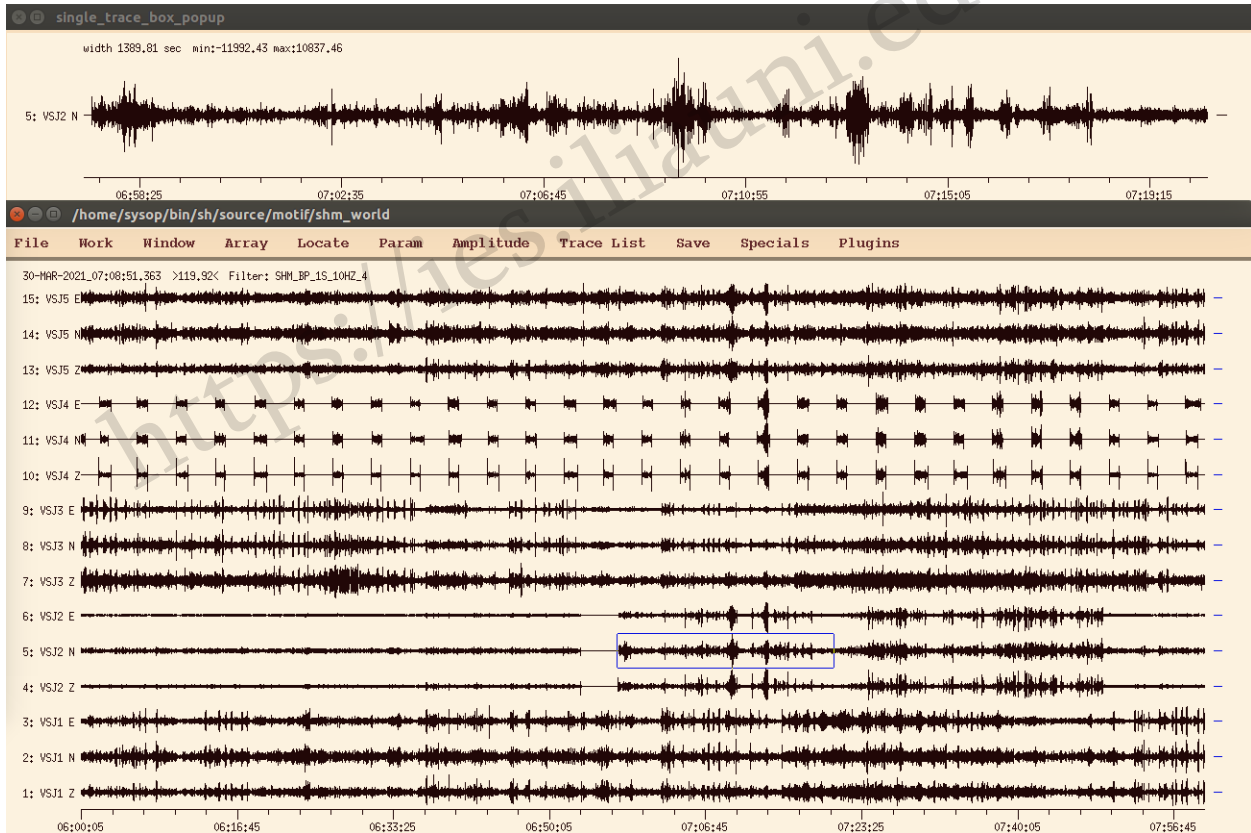
მონაცემები 24 საათის განმავლობაში ონლაინ რეჟიმში გადაიცემა სეისმური მონიტორინგის მონაცემთა ცენტრში, სადაც დღე-ღამის განმავლობაში მიმდინარეობს დაკვირვება.

დღის განმავლობაში გზაზე წარმოებული გამაგრებითი სამუშაოების გამო, მობილიზირებულია მძიმე ტექნიკა, რაც იწვევს გრუნტის ძლიერ ვიბრაციას. ეს კი თავისთავად მაღლა სწევს სეისმოგრაფის ჩანაწერზე ფონურ ხმაურს და შესაბამისად ვერ ხერხდება შესაძლო მიკრო ბზარების რეგისტრაცია. ამჟამად მიმდინარეობს დაკვირვება, თუ რა შეიძლება იყოს ღამით არსებული ჩანაწერების წყარო, რომელთა იდენტიფიცირება რიგ შემთხვევებში შეუძლებელია. მაგალითად ავტომობილის ვიბრაცია, ქარი, დაბზარვა და ასე შემდეგ. იხ. სურ. 10.

აღწერილი ვითარებიდან გამომდინარე, ვთანამშრომლობთ მერიის სამსახურებთან, რათა მაქსიმალურად უზრუნველყოთ ფონური ხმაურის დაწევა, ვიდრე შესაძლებელი იქნება სხვა ტექნიკური პარამეტრების მქონე სეისმოგრაფების ინსტალაცია მეწყრის სხეულზე. სავარაუდო ბზარის ჩანაწერზე ისაზღვრება მაგნიტუდა. ხდება თითოეული ჩანაწერის რეგისტრაცია და აღრიცხვა მონაცემთა ბაზაში. უნდა აღინიშნოს, რომ მსგავსი მონიტორინგი ჩვენი სამსახურისთვის ახალია და ველით ჩვენი ამერიკელი კოლეგებისაგან ინსტრუქციას, მსგავსი ჩანაწერების ინტერპრეტაციასა და მონიტორინგის გაუმჯობესებაზე.

მეწყრის მოწყვეტის პროგნოზირება რთული ამოცანაა. მისი მიღწევა გარკვეული (დაბალი) ალბათობით შესაძლებელია და დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, უმთავრესი არის სრულყოფილი მონიტორინგის სისტემები. ფერდის დაცურების შესაძლო პროგნოზირებისთვის ყველაზე მნიშვნელოვანი პარამეტრი როგორც მოგახსენეთ არის სხეულის გადაადგილების, სიჩქარისა და აჩქარების მონიტორინგი, რაც ჩვენს ხელთ არსებული ხელსაწყოების საშუალებით ვერ ხორციელდება. შესაბამისად ჩვენი გუნდის ამოცანა ამჟამად, დინამიკაში მოსული სხეულის მონიტორინგი და დამრული მასის სავარაუდო შეფასებაა, რათა მოხდეს რისკის შეფასება და შესაბამისი ღონისძიებების დასახვა.





სურათი 13: დღის განმავლობაში, მძიმე ტექნიკით წარმოებული მუშაობის გამო არსებული ფონური ხმაურის ჩანაწერი.

აეროფოტოგრამმეტრიული მონიტორინგი:

აეროფოტოგრამმეტრიული გადაღებები ხორციელდება ყოველ სამ დღეში. ანალიზისთვის ხარისხობრივი პარამეტრებიდან გამომდინარე შეირჩა 26 და 29 მარტის მასალები. გადაღებების საფუძველზე ფოტოგრამმეტრიული დამუშავებით შეიქმნა ციფრული სასიმაღლო მოდელები (DSM), აერო ფოტოები და ორთო ფოტოები. ორთო ფოტოების რეგისტრაციის შემდეგ, ორივე თარიღის გამოსახულებებზე მოხდა საყრდენი წერტილების იდენტიფიცირება ერთი მხრივ დამრულ ბლოკზე (პირობითი სახელი B) და მეორე მხრივ დანარჩენ ფერდზე (პირობითი სახელი A). A და B უბნებზე არსებულ საყრდენ წერტილებს შორის GIS-ში მოხდა დისტანციების გადათვლა ჯერ 26 მარტის ორთო ფოტოზე და შემდეგ 29 მარტის მასალაზე.

A და B ბლოკების საყრდენ წერტილებს შორის გადათვლილი მონაკვეთების სიგრძე კვლევის სამ დღიან მონაკვეთში გაიზარდა 7.8სმ-დან 16.5სმ-მდე, რაც 24 საათიან ინტერვალში საშუალოდ არის 2.6 და 5.5 სმ-ები. აღსანიშნია, რომ ნაპრაღის დასავლეთ სეგმენტის ზონაში A და B ბლოკების საყრდენ წერტილებს შორის ფარდობითი გადაადგილება ხდება 4.0-5.5

სმ/24სთ სიჩქარით, რაც თითქმის 2-ჯერ აღემატება ნაპრალის სამხრეთ-დასავლეთის ზონაში დაფიქსირებულ სიჩქარეებს. ვინაიდან საყრდენი წერტილების იდენტიფიცირება განხორციელდა GIS სისტემაში ვიზუალური ამოცნობით (იხ. სურ. 11), დისტანციების გადაზომვის ცდომილება 1 პიქსელის ფარგლებშია. პიქსელის ზომა არის 4.65სმ, რაც 24 საათიანი პერიოდისთვის გადათვლილ სიჩქარეში 1.55სმ-იან ცდომილებას იძლევა.

მონაცემების ანალიზით გამოიკვეთა B ბლოკზე სიჩქარეების არათანაბარი გადანაწილება და გადაადგილების როტაციული კომპონენტიც. ამასთან, როგორც სურათ 12-ზეა ნაჩვენები, ბლოკის ჩრდილო ნაწილის 1-ელ და მე-2 პროფილებზე გადაადგილება სავარაუდოდ საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით ხდება, მე-3 პროფილის აზიმუტის ცვლილება დაახლოებით 0 გრადუსია, მე-4 და მე-6 პროფილები საათის ისრის მიმართულების როტაციას აჩვენებს ხოლო მათ შორის არსებული მე-5 პროფილი კვლავ საათის ისრის საწინააღმდეგოდ გადაადგილება. ამის საფუძველზე ვვარაუდობთ, რომ B ბლოკის შემდგომი დანაწევრება, ფერდის დახრის პარალელური ბზარებით, გაგრძელდება. კერძოდ, ახალი ბზარების განვითარებას ვვარაუდობთ B ბლოკზე მესამე და მეხუთე პროფილებს და მეხუთე და მეექვსე პროფილებს შორის.



სურათი 14: ნაჩვენებია იდენტიფიცირებული საყრდენი წერტილები. ზედა ორი გამოსახულება აღებულია A ბლოკიდან, ხოლო ქვედა ორი - B ბლოკიდან. B ბლოკის 29 მარტის მასალაში ყვითელი მონაკვეთის დაბოლოებაზე დაკვირვებით ვიზუალურადაც შეინიშნება გადაადგილება.



სურათი 15: A და B ბლოკებს შორის გავლებული პროფილების მდებარეობა და მათზე დაფიქსირებული მონაცემები

დასკვნები და რეკომენდაციები:

1. გეოლოგიური, გეოდეზიური და გეოფიზიკური კვლევების საფუძველზე, ვასკვნიტ, რომ მაჭავარიანის ქუჩის ბლოკური მეწყერი დინამიკაშია.
2. მეწყრის გამომწვევი მიზეზები: მაჭავარიანის ქუჩაზე წარმოებული გზის გაფართოება-გაყვანის და წყალსადენის მილების რეაბილიტაციის დროს წარმოებული სამუშაოები (ფერდის დატვირთვა).
3. მაჭავარიანის ბლოკური მეწყრის სხეული განიცდის ინტენსიურ დეფორმაციას. დამაბულობის სრული ველის შესაფასებლად აუცილებელია აპარატურა, რომელიც დაკვირვების რეზოლუციას გაზრდის.
4. მაჭავარიანის ბლოკური მეწყრის სხეული დანაწევრებული და არაერთგვაროვანია, შესაბამისად მოწყვეტის შემთხვევაში, დიდი ალბათობაა არაერთგვაროვანი და დანაწევრებული მასა დაიძრას. გეოფიზიკურ პროფილებზე ცხადად დაიკვირვება შესაძლო მოწყვეტის ზედაპირები.

5. მეწყრის მოწყვეტის ფაზის შესაძლო იდენტიფიკაციისათვის საჭიროა სპეციალური აპარატურა, რომელიც მაღალი სიზუსტით მოგვცემს საშუალებას განვსაზღვროთ სხეულის გადაადგილება, სიჩქარე და აჩქარება. (ლიდარული გადაღება, ექსტენსომეტრი, ვიწრო სიხშირულსპექტრიანი სეისმომეტრები და სხვა).
6. მეწყრის დაძვრის შემთხვევაში, აუცილებელია განვიხილოთ ყველა შესაძლო ექსტრემალური სცენარი, რომელიც მოსახლეობის უსაფრთხოებას უზრუნველყოფს.
7. სრულყოფილი მონიტორინგისათვის აუცილებელია მეწყრის პერიმეტრის რეგულარული დაცვა, ზედმეტი ვიბრაციის, ფერდის დატვირთვის თავიდან ასაცილებლად და ფონური ხმაურის დასაწევად.
8. ბლოკური მეწყრის ხასიათის, გავრცელების არეალის ტოპოგრაფიიდან გამომდინარე, შედარებით მცირეა ალბათობა იმისა, რომ დაძვრული მასა გელოვანის გამზირამდე ჩავიდეს, მაგრამ მოსახლეობის უსაფრთხოების დაცვის მიზნით, მცირე ალბათობაც გასათვალისწინებელია.
9. ვინაიდან მეწყრის გავრცელების არეალის ზუსტი პროგნოზირება ხშირად შეუძლებელია, აუცილებელია გავრცელების სავარაუდო არეალიდან მოსახლეობის უსაფრთხო ადგილზე დროებით გადაყვანა.

