

პროექტული სამუშაო

ნიადაგის ეროზია

სსიპ კახეთის საჯარო სკოლა

პროექტული სტანდარტული პროგრამა ბაღის დიზაინი

სტუდენტი: გურამი ლომიგაშვილი

1. შესავალი

ნიადაგის ეროზია არის ბუნებრივი ან ადამიანის მიერ გამოწვეული პროცესი, რომლის დროსაც ნიადაგის ზედა ფენა ირეცხება ან ირღვევა. ეს მოვლენა ერთ-ერთი ყველაზე სერიოზული გარემოსდაცვითი პრობლემაა მსოფლიოში, რომელიც საფრთხეს უქმნის სოფლის მეურნეობას, ეკოსისტემებს და ადამიანის საცხოვრებელ გარემოს.

წინამდებარე კვლევის მიზანია გამოიკვლიოს, არსებობს თუ არა კავშირი (კორელაცია) ნალექების პირობებში დროსა და ნიადაგის ეროზიას შორის — კერძოდ, როგორ იცვლება ნიადაგის (სილის) მასის სიმაღლე წყლის მუდმივი ზემოქმედების შედეგად.

2. თეორიული ნაწილი — ნიადაგის ეროზია

2.1 რა არის ნიადაგის ეროზია?

ნიადაგის ეროზია (Soil Erosion) — ეს არის ნიადაგის ნაწილაკების გადაადგილება ერთი ადგილიდან მეორეზე ბუნებრივი ძალების (წყალი, ქარი) ან ადამიანის საქმიანობის გავლენით.



2.2 ეროზიის სახეები

- წყლისმიერი ეროზია — ნალექების, მდინარეების და ნაკადების გამოწვეული ნიადაგის ჩამოხრება
- ქარისმიერი ეროზია — ქარის გავლენით ნიადაგის ნაწილაკების გადაადგილება

- სიმძიმის ეროზია — მაღლობ რელიეფზე ნიადაგის მასების ჩამოშლა გრავერაციის გავლენით
- ანთროპოგენური ეროზია — ადამიანის ეკონომიკური საქმიანობის შედეგად გამოწვეული ეროზია

2.3 ეროზიაზე მოქმედი ფაქტორები

- ნალექების ინტენსივობა და ხანგრძლივობა
- ნიადაგის ტიპი და შემადგენლობა
- ვეგეტაციური საფარი (მცენარეების არსებობა ან არარსებობა)
- რელიეფის დახრილობა
- ქარის სიჩქარე

3. კვლევის ჰიპოთეზი

ჰიპოთეზა: ნალექების პირობებში, დროის გასვლასთან ერთად, ნიადაგის მასა მუდმივად შემცირდება — ანუ სიმაღლე და მოცულობა მცირდება. ვვარაუდობთ, რომ ეს კავშირი იქნება დადებითი (პირდაპირი კორელაცია): რაც მეტი დრო გავა, მით მეტი ეროზია მოხდება.

4. ექსპერიმენტის მეთოდოლოგია

4.1 მასალები

- სილა (ან ჩვეულებრივი მიწა) — დაახლოებით 500 გ
- წყალი — 50 მლ თითოეული დასხმისათვის
- სასწორი და სანტიმეტრიანი სახაზავი
- მცირე პლასტმასის ან ლითონის ვარდნა-საწინაო ზედაპირი
- მილიმეტრიანი ქაღალდი ან გრაფიკის დასახატად
- საათი ან სეკუნდომერი

4.2 პროცედურა

ექსპერიმენტი ჩატარდა შემდეგი ნაბიჯების მიხედვით:

1. სილა (ან მიწა) მოზედილ იქნა მყარ მასად, რომელსაც კლდის ან მომცრო მთის ფორმა მიეცა.
2. გაიზომა საწყისი სიმაღლე (13 სმ).
3. ყოველ 20 წამში დაისხა 50 მლ წყალი მასის თავზე (ნალექის სიმულაცია).
4. ყოველი დასხმის შემდეგ, 20 წამის ბოლოს, გაიზომა მასის ახალი სიმაღლე.
5. პროცედურა გაიმეორდა მანამ, სანამ მასა სრულად არ დაიშალა.
6. ყველა მონაცემი ჩაიწერა ცხრილში.

ძირითადი ნაწილი

სტატისტიკური კვლევების შედეგად, ხშირად ფიქსირდება ცვლადებს შორის, სხვადასხვა მონაცემთა ორი სიმრავლის ელემენტებს შორის კავშირი. აღნიშნული კავშირი ფუნქციური კავშირისგან იმით განსახვავდება, რომ შეიძლება დამოკიდებული იყოს შემთხვევით ფაქტორებზეც, (საკონკრეტო ცვლადზე/პარამეტრზე, რომლის კვლევაც ძალიან საინტერესოა). როდესაც სტატისტიკაში იკვლევენ ორ ცვლადს შორის კავშირს, აღნიშნულ კვლევებს უწოდებენ კორელაციურ კვლევებს.

კორელაცია (ლათინურად – correlation) – სიგევა ნიშნავს გარკვეულ ობიექტებს შორის კავშირს, დამოკიდებულებას.

სტატისტიკაში, როდესაც ვიკვლევთ ორ ცვლადს შორის კავშირს, აუცილებლად უნდა დავსვათ შემდეგი კითხვები:

1. არსებობს თუ არა კავშირი ორ ცვლადს (მონაცემთა ორ სიმრავლეს) შორის?
2. რა მიმართულება აქვს ამ კავშირს? (ზრდადია თუ კლებადი?)
3. რამდენად ძლიერია ეს კავშირი?

ნიმუში:

არის თუ არა კავშირი ადამიანის სიმაღლესა და მის ფეხის ზომას შორის?

განვიხილოთ ორი ცვლადი:

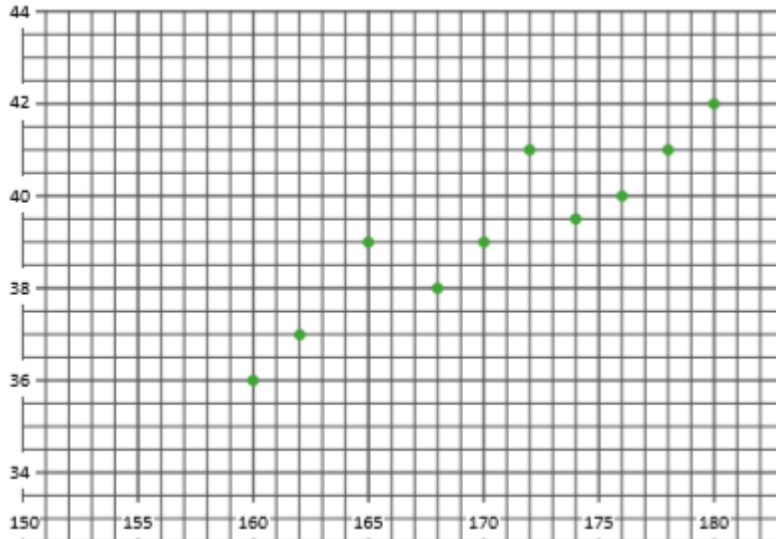
სიმაღლე და ფეხის ზომა.

გამოკითხვით შევაგროვოთ მონაცემები, რომლებიც განეკუთვნებიან რაოდენობრივი მონაცემების ტიპს.

10 ადამიანს ვკითხოთ სიმაღლე და ფეხის ზომა და დავადგინოთ, ადამიანის ფეხის ზომა როგორ არის დამოკიდებული სიმაღლეზე.

სიმაღლე (სმ)	ფეხის ზომა
160	36
162	37
165	39
168	38
170	39
172	41
174	39.5
176	40
178	41
180	42

ცხრილით მოცემული ინფორმაცია გადავიგანოთ საკოორდინატო სისტემაში. Ox ღერძზე გადავზომოთ სიმაღლე, ხოლო Oy ღერძზე კი ფეხის ზომა.



დავინახათ, რომ წერტილთა სიმრავლე არ არის განლაგებული წრფეზე, თუმცა თვალის მომით თუ გავაგლებთ წრფეს, მონაცემები იქნებიან წრფესთან ახლოს.

თვალის მომით აგებული საუკეთესო მისადაგების წრფე

ავარჩიოთ სიბრტყეზე ორი წერტილი, რომელზე გავლებული წრფეც მეტად ახლოს იქნება სხვა დანარჩენ მონაცემთან.

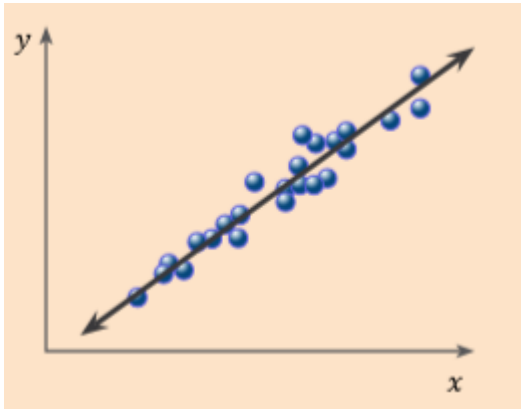
მონაცემების წარმოდგენის შემდეგ, ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ რაც უფრო მაღალია ადამიანი, ფეხის მომაც შედარებით დიდი ექნება. შეიძლება დავასკვნათ, რომ სიმაღლესა და ფეხის მომას შორის არსებობს კავშირი, დამოკიდებულება, რომელსაც სტატისტიკაში ვუწოდებთ **კორელაციას**.

ვიტყვი, რომ სიმაღლესა და ფეხის მომას შორის არსებობს წრფივი კორელაცია.

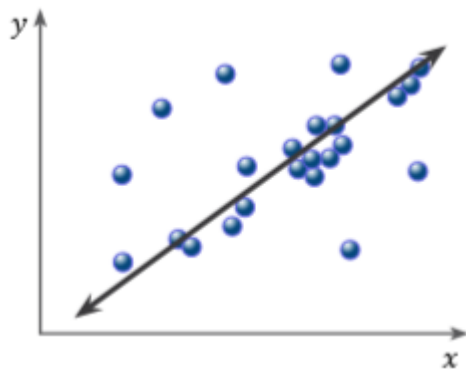
შესაძლებელია დავწეროთ მოცემული წრფის განტოლება. ამისათვის, შევარჩიოთ ორი წერტილი, მაგალითად, $(170; 39)$, $(176,40)$ და შევადგინოთ ორი წერტილზე გამავალი წრფის განტოლება. (იმუშავეთ დამოუკიდებლად).

განვიხილოთ კორელაციის სხვადასხვა შემთხვევები:

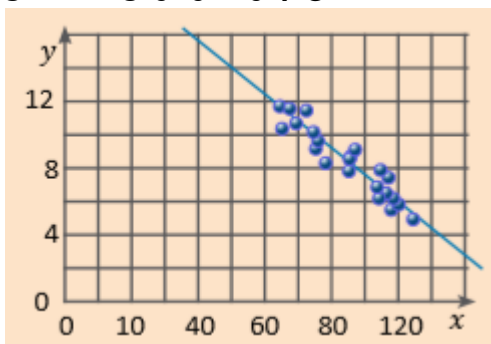
1. როდესაც წერტილები წრფესთან ახლოს მჭიდროდ არიან განლაგებული, თანაც ერთი ცვლადის ზრდას ახასიათებს მეორე ცვლადის ზრდა, ვამბობთ, რომ ცვლადებს შორის **ძლიერი დადებითი წრფივი კორელაციაა**.



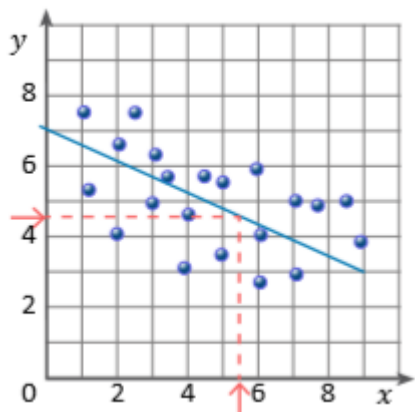
2. როდესაც წერტილების ნაწილი წრფესთან ახლოს არის, ნაწილი კი გაბნეულია, თუმცა ერთი ცვლადის ზრდას ახასიათებს მეორე ცვლადის ზრდა, ვამბობთ, რომ ცვლადებს შორის არის **სუსტი (ან ზომიერი) დადებითი წრფივი კორელაცია**.



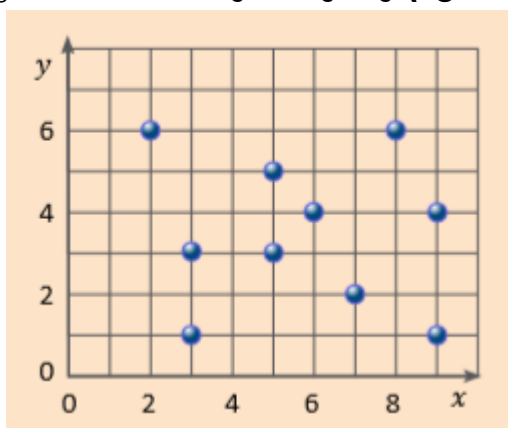
3. როდესაც წერტილები არის მჭიდროდ ახლოს წრფესთან, ერთი ცვლადის ზრდას კი ახასიათებს მეორე ცვლადის კლება, ვამბობთ, რომ ცვლადებს შორის არის **ძლიერი უარყოფითი წრფივი კორელაცია**.



4. როდესაც წერტილების ნაწილი წრფესთან ახლოს არის ნაწილი კი გაბნეულია, თუმცა ერთი ცვლადის ზრდას ახასიათებს მეორე ცვლადის კლება, ვამბობთ, რომ ცვლადებს შორის არის სუსტი (ან ზომიერი) უარყოფითი წრფივი კორელაცია.

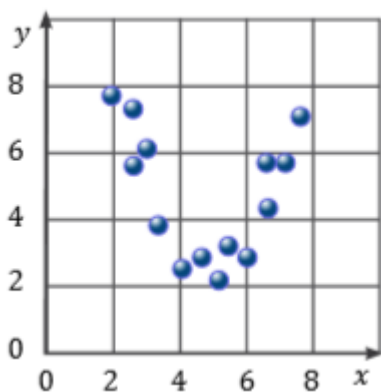


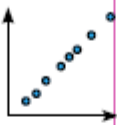
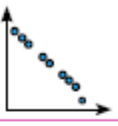
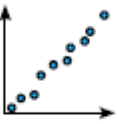
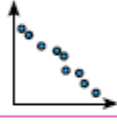
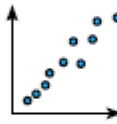
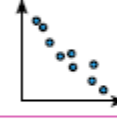
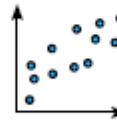
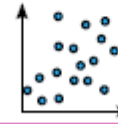
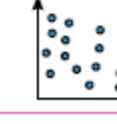
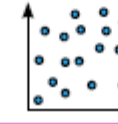
5. როდესაც წერტილები გაბნეულია საკოორდინატო სიბრტყეზე, მაშინ ვამბობთ, რომ ცვლადებს შორის არ არსებობს კორელაცია.



6. არაწრფივი კორელაცია.

თუ მონაცემები რაიმე წრფის გარშემო არაა გაბნეული, ასეთ შემთხვევაში ვამბობთ, რომ მონაცემებს შორის არ არის წრფივი კორელაცია. (არის კვადრატული დამოკიდებულება, რადგან გრაფიკს აქვს პარაბოლას ფორმა).



დადებითი კორელაცია			უარყოფითი კორელაცია		
$r = 1$	სრულყოფილი დადებითი კორელაცია		$r = -1$	სრულყოფილი უარყოფითი კორელაცია	
$0.95 \leq r < 1$	ძალიან ძლიერი დადებითი კორელაცია		$-1 < r \leq -0.95$	ძალიან ძლიერი უარყოფითი კორელაცია	
$0.87 \leq r < 0.95$	ძლიერი დადებითი კორელაცია		$-0.95 < r \leq -0.87$	ძლიერი უარყოფითი კორელაცია	
$0.7 \leq r < 0.87$	ზომიერად დადებითი კორელაცია		$-0.87 < r \leq -0.7$	ზომიერად უარყოფითი კორელაცია	
$0.5 \leq r < 0.7$	სუსტი დადებითი კორელაცია		$-0.7 < r \leq -0.5$	სუსტი უარყოფითი კორელაცია	
$0 \leq r < 0.5$	ძალიან სუსტი დადებითი კორელაცია		$-0.5 < r < 0$	ძალიან სუსტი უარყოფითი კორელაცია	



5. შეგროვებული მონაცემები

დრო	სიმაღლე (სმ)
საწყისი (0 წმ)	13 სმ
20 წმ	13 სმ
40 წმ	10 სმ
60 წმ	9.5 სმ
80 წმ	9 სმ
100 წმ	8.5 სმ
120 წმ	8 სმ
140 წმ	7 სმ
160 წმ	6 სმ
180 წმ	5 სმ
200 წმ	4 სმ
220 წმ	3 სმ
240 წმ	2 სმ
260 წმ	1 სმ
280 წმ	0 სმ (სრული დაშლა)



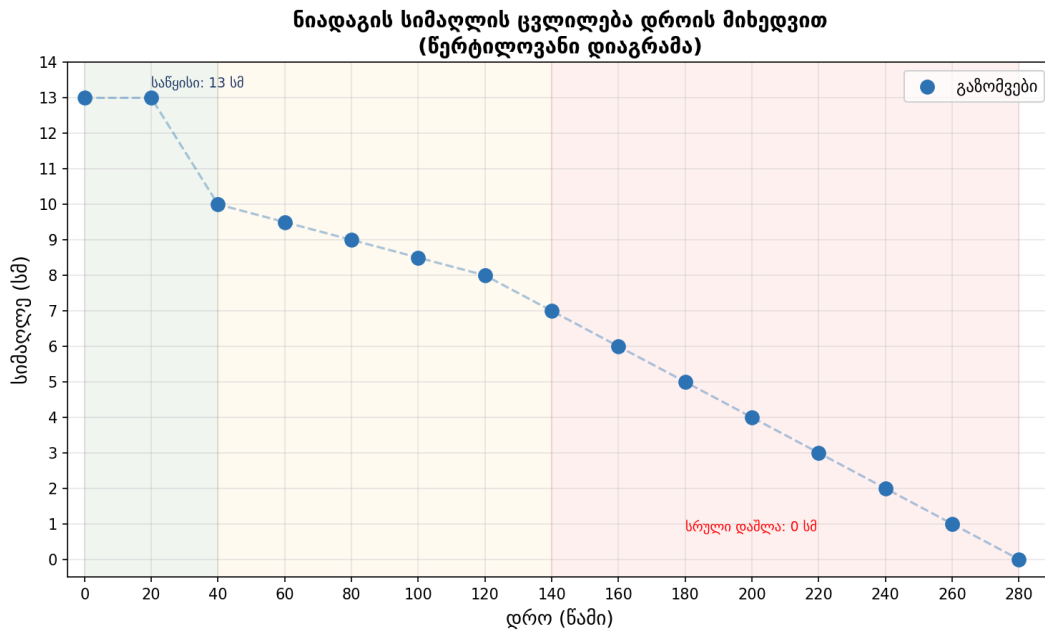
6. გრაფიკი და ანალიზი

მონაცემების საკოორდინატო სიბრტყეზე გადაგანის შემდეგ, X ღერძზე განლაგდა დრო (წამებში), Y ღერძზე კი სიმაღლე (სანტიმეტრებში). მიღებული წერტილოვანი დიაგრამა ნათლად აჩვენებს კლებადი ფუნქციის სახეს: სიმაღლე მუდმივად მცირდება დროის გასვლასთან ერთად.

გრაფიკის ანალიზი — სამი ფაზა:

- 0–40 წამი: სიმაღლე უცვლელია (13 სმ → 13 სმ → 10 სმ). პირველ 20 წამში ეროზია სრულად არ მომხდარა — ნიადაგი კარგად გაჯირითული იყო. 40 წამზე პირველი შესამჩნევი ვარდნა: 13 სმ-დან 10 სმ-მდე.

- 40–160 წამი: სიმაღლე სტაბილურად, თანაბარი ტემპით მცირდება (10 სმ → 6 სმ). ეს არის ეროზიის ძირითადი, ინტენსიური ფაზა — ყოველ 20 წამში დაახლოებით 0.5–1 სმ-ით ვარდება.
- 160–280 წამი: ეროზია კელავ სტაბილური ტემპით გრძელდება (6 სმ → 0 სმ), ყოველ 20 წამში 1 სმ-ით. სრული დაშლა მოხდა 280 წამზე.



დიაგრამა გვიჩვენებს რომ სიდიდეებს შორის არის ძლიერი უარყოფითი წრფივი კორელაცია. ექსპერიმენტის ჩატარების დროს წყალს რომ ვასხავთ მთის მსგავს სიმაღლეს, სიმაღლე იკლებს და დრო იზრდება.

კორელაციის კოეფიციენტი არის $r=-1$

7. კვლევის შედეგები — კითხვებზე პასუხები

I. რატომ არის მნიშვნელოვანი კვლევის დაგეგმვა და მონაცემების შეგროვება?

კვლევის დაგეგმვა გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სამეცნიერო სანდოობისა და ზუსტი დასკვნების გამოგანისთვის. თუ ექსპერიმენტი არ არის სათანადოდ დაგეგმილი, შეიძლება:

- მონაცემები იყოს არარელევანტური ან შეუღებელი
- შეცდომები გავლენას ახდენდეს საბოლოო დასკვნებზე
- შეუძლებელი გახდეს ექსპერიმენტის განმეორება სხვა მეცნიერის მიერ

მონაცემების სისტემატური შეგროვება კი საშუალებას გვაძლევს:

- დავადასტუროთ ან უარყოთ ჰიპოთეზა
- დავინახოთ ტენდენციები და კავშირები ცვლადებს შორის
- გავაკეთოთ სამეცნიერო პროგნოზები

II. არის თუ არა კავშირი ნალექებისა და ნიადაგის ეროზიას შორის?

კვლევამ ნათლად დაამტკიცა: დიახ, არსებობს მკვეთრი კავშირი (კორელაცია) ნალექების ხანგრძლივობასა და ნიადაგის ეროზიას შორის.

კვლევის შედეგები:

- რაც მეტი ღრო გადის ნალექების პირობებში, მით მეტი ეროზია ხდება
- კავშირი პირდაპირია (დადებითი კორელაცია): ღრო $\uparrow \rightarrow$ ეროზია $\uparrow$
- 0–20 წამზე ეროზია ჯერ არ იგრძნობა — ნიადაგს გარკვეული პერიოდი სჭირდება გაუღწევისთვის
- 40 წამიდან ეროზია თანაბარი, სტაბილური ტემპით მიმდინარეობს
- სრული დაშლა 280 წამში (4 წუთი 40 წამი) მოხდა

III. შეიძლება თუ არა მეცნიერებმა გამოთქვან ვარაუდი მთის ჩამოშლის ღრის შესახებ?

დიახ, მეცნიერებს შეუძლიათ ამის გაკეთება — ეს სფერო ეწოდება პრედიქტული მოდელირება (predictive modeling). სხვადასხვა მოდელებისა და მონაცემთა ბაზების გამოყენებით, მეცნიერები:

- ზომავენ ქანების სიმკვრივს, ნიადაგის ტიპს და ფორმირებას
- აღეწევენ თვალს ნალექების ისტორიულ სტაგისტიკას
- ითვალისწინებენ ტემპერატურის ცვლილებებს, გაყინვა-გაღების ციკლებს
- იყენებენ კომპიუტერულ სიმულაციებს — მაგ. RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

ეს ანალიზი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სტიქიური მოვლენების — მეწყრების, კლდეჩამოშლების — პრევენციისთვის.

IV. კიდევ რა მოვლენები ახდენს გავლენას ნიადაგის ეროზიაზე? როგორ გავაუმჯობესებ ექსპერიმენტს?

ეროზიაზე გავლენის მქონე დამატებითი ფაქტორები:

- ტყის გაჩეხვა — მცენარეები ნიადაგს ამაგრებენ ფესვებით
- ტემპერატურის ეხელები — გაყინვა-გაღობა ქანს ამსხვრევს
- ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა — ჭარბი სახნავი და ძოვება
- ქარი — ისეთ ადგილებში, სადაც მცენარეული საფარი არ არის
- ნიადაგის ქიმიური შემადგენლობა — თიხოვანი ნიადაგი წყლის მემოქმედებისადმი უფრო მდგრადია

ექსპერიმენტის გაუმჯობესების გზები:

- ვცადოთ სხვადასხვა ტიპის ნიადაგი (თიხა, ქვიშა, სილა) — შევადაროთ
- დავამატოთ მცენარის ფესვი — ვნახოთ, ამცირებს თუ არა ეროზიას

- შევცვალოთ ნიადაგის ფერდობის კუთხე
- გამოვიყენოთ სხვადასხვა ინტენსივობის წყლის ნაკადი
- ვცადოთ მეტი გამეორება (რეპლიკაცია) სიზუსტისთვის

8. დასკვნა

ექსპერიმენტმა ნათლად დაადასტურა, რომ ნალექების ხანგრძლივობასა და ნიადაგის ეროზიას შორის არსებობს პირდაპირი, მკვეთრი კავშირი. 15 გამოცდის შედეგად (0-დან 280 წამამდე) დადგინდა, რომ:

- 0–20 წამი: ნიადაგი მდგრადია, ეროზია არ ჩანს (13 სმ → 13 სმ)
- 40–280 წამი: სიმაღლე თანდათანობით, სტაბილური ტემპით მცირდება
- სრული დაშლა 280 წამში (4 წუთ 40 წამში) განხორციელდა

ეს კვლევა მნიშვნელოვანია, რადგან:

- გვეხმარება გავიგოთ, თუ რაგომ ხდება ღვარცოფები და მეწყრები
- გვიჩვენებს, თუ რაგომ არის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი მცენარეების შენარჩუნება
- გვასწავლის, რომ სამეცნიერო მონაცემების შეგროვება გვეხმარება მომავლის პროგნოზირებაში

ბუნებრივი კატასტროფების (მეწყრების, კლდეჩამოშლების) პრევენციისთვის, აღამიანებმა უნდა გაავადიეროთ ნიადაგი — დავრგოთ ხეები, შევამციროთ გყის გაჩეხვა, დავიცვათ მდელოები და შევქმნათ ანტიეროზიული ნაგებობები.