

# კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა





# გარემოსდაცვითი და აგრორული განათლება სკოლაში

დამხმარე სახელმძღვანელო ზოგადი განათლების საბაზო და საშუალო  
საფეხურის მასწავლებლებისთვის



გარემოს დაცვისა და სოფლის  
მეურნეობის სამინისტრო



სსიპ გარემოსდაცვითი  
ინფორმაციისა და  
განათლების ცენტრი

თბილისი  
2026

სახელმძღვანელო „გარემოსდაცვითი და აგრარული განათლება სკოლებში“ მომზადებულია საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სსიპ გარემოსდაცვითი ინფორმაციისა და განათლების ცენტრის მიერ.

ყველა უფლება დაცულია. ნაშრომის ხელახალი გამოცემა დასაშვებია მხოლოდ არაკომერციული და საგანმანათლებლო მიზნებისთვის საავტორო უფლების მქონე სუბიექტის წერილობითი ნებართვითა და წყაროს ზუსტი მითითებით.

## **სახელმძღვანელოს შექმნაზე მუშაობდა:**

**გიორგი ღამბაშიძე** - სოფლის მეურნეობის აკადემიური დოქტორი

„სახელმძღვანელო შემუშავდა სსიპ „გარემოსდაცვითი ინფორმაციისა და განათლების ცენტრის“ ორგანიზაციული და ინსტიტუციური ხელშეწყობით.“

**სახელმძღვანელო ელექტრონულად ხელმისაწვდომია ვებ-გვერდებზე:**

[WWW.ELIBRARY.MEPA.GOV.GE](http://WWW.ELIBRARY.MEPA.GOV.GE)

[WWW.EIEC.GOV.GE](http://WWW.EIEC.GOV.GE)

## წინასიტყვაობა

სახელმძღვანელო „გარემოსდაცვითი და აგრარული განათლება სკოლაში“ (საბაზო და საშუალო საფეხურის მასწავლებლებისთვის) - გარემოსდაცვითი ინფორმაციისა და განათლების ცენტრის მიერ დაწესებული გარემოსდაცვითი და აგრარული განათლების ხელშეწყობი პოლიტიკის გაგრძელებას წარმოადგენს. მისი მიზანია, მოსწავლეებს უზრუნველყოს უკეთესი და მდგრადი სამყაროს შექმნისკენ. იგი შლის ზღვარს გარემოსდაცვით და აგრარულ თეორიულ ცოდნასა და პრაქტიკას შორის, მკითხველს ეხმარება ადამიანის ქმედებებსა და ჩვენი პლანეტის ჯანმრთელობას შორის კავშირების სიღრმისეულ გაგებაში.

სახელმძღვანელო მწვავე გლობალური გამოწვევების გადასაჭრელად მოსწავლეებს აუცილებელ ცოდნასა და უნარ-ჩვევებს შესძენს. კლიმატის ცვლილების, ბიომრავალფეროვნების, ნარჩენების მართვის, ენერგორესურსების, წყლის, ოკეანის კონსერვაციის, მდგრადი მოხმარების, ცირკულარული ეკონომიკის, მდგრადი სოფლის მეურნეობის, მიწათსარგებლობისა და მდგრადი ქალაქების საკითხების შესწავლით, მოსწავლეები საჭირო კომპეტენციებით აღიჭურვებიან ინფორმირებული გადაწყვეტილებების მისაღებად და მდგრადი მომავლისკენ პასუხისმგებლიანი მოქმედებების განსახორციელებლად.

გარემოსდაცვითი, აგრარული განათლება და მდგრადობა ერთმანეთთან მჭიდრო კავშირშია. ბოლო წლების განმავლობაში მდგრადობის კონცეფცია სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რადგან მთელ მსოფლიოში ადამიანები უფრო მეტად აცნობიერებენ საზოგადოებისა და ეკონომიკური საქმიანობის გავლენას ბუნებრივ გარემოზე და მის უარყოფით შედეგებს. მდგრადობის მისაღწევად შეუცვლელია ინდივიდების როლი. მიზნის მისაღწევად აუცილებელია, ყველამ საკუთარი წვლილი შეიტანოს ეკომეგობრული პრაქტიკული უნარ-ჩვევების პოპულარიზაციაში. სახელმძღვანელოში განხილულია ის სფეროები, რომლებზეც ზრუნვა ძალზედ მნიშვნელოვანია.

„გარემოსდაცვითი და აგრარული განათლება სკოლაში“ წარმოადგენს დინამიური შინაარსის დამხმარე რესურსს VII-XII კლასის მასწავლებლებისთვის, რომელიც შემუშავებულია, რათა სკოლის საბაზო და საშუალო საფეხურის მოსწავლეებმა სიღრმისეულად გააცნობიერონ გარემოსდაცვითი და აგრარული საკითხები, იგრძნონ მოტივაცია, თავად გადადგან ნაბიჯები გარემოზე ზემოქმედების შესამცირებლად და გლობალურ გამოწვევებზე საპასუხოდ.

იმისათვის, რომ სახელმძღვანელოდან მიღებული ცოდნა იყოს პრაქტიკული და ცხოვრებაში გამოსაყენებელი, პროგრამის „გარემოსდაცვითი და აგრარული განათლება სკოლაში“ თითოეული თემატური ერთეული აერთიანებს თეორიასა და პრაქტიკულ სავარჯიშოებს. აქ მრავლად შეხვედებით პროექტზე დაფუძნებულ ისეთ სასწავლო იდეებსა და ანალიტიკურ აქტივობებს, რომლებიც მოსწავლეთა ასაკსა და ინტერესს ითვალისწინებს. სახელმძღვანელო დატვირთულია რეალური მაგალითებით, მათი შესწავლა ავითარებს კრიტიკულ აზროვნებას და პრობლემის გადაჭრის უნარს.

რესურსი დაეხმარება მასწავლებლებს ეროვნული სასწავლო პროგრამით განსაზღვრული პრიორიტეტული მიმართულებებისა და გარემოს დაცვის საკითხების სწავლებაში.

მოცემული მრავალფეროვანი მასალა განკუთვნილია, როგორც საბაზო და საშუალო საფეხურის მასწავლებლებისთვის, ისე მოსწავლეებისათვის. წიგნში მოცემული ინტერაქტიული სწავლებები და პრაქტიკული მაგალითები მოსწავლეებს აქტიურ, თანამედროვე გამოწვევებზე ინფორმირებულ, გლობალურ მოქალაქეებად ჩამოყალიბებას შეუწყობს ხელს და ისინი შეძლებენ, გაუმკლავდნენ ყოველდღიურ გარემოსდაცვით გამოწვევებსა და პრობლემებს.

# სარჩევი

კლიმატის ცვლილების პრობლემა	5
რა იწვევს გლობალურ დათბობას?	6
კლიმატის ცვლილება საქართველოში	12
კლიმატის ცვლილება და სოფლის მეურნეობა	15
კლიმატის ცვლილების გავლენა სოფლის მეურნეობაზე	15
სოფლის მეურნეობის გავლენა კლიმატის ცვლილებაზე	17
კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა და მისი მნიშვნელობა	19
წყლის მართვა კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის პირობებში	20
კლიმატის გავლენა ნიადაგზე	21
კლიმატგონივრული ს/ს პრაქტიკა	24
ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების მართვა	24
ნიადაგის წყალდაკავების უნარის გაუმჯობესება	28
თესლბრუნვა და ს/ს კულტურათა მრავალფეროვნების ზრდა	34
ორგანული სასუქების გამოყენება	35
პარკოსანი კულტურების წარმოების ზრდა	39
სინთეზური სასუქების გამოყენების ოპტიმიზაცია	41
აგრომეტყვეობის გამოყენება	42
საძოვრების მდგრადი მართვა	44
გამოყენებული ლიტერატურა	46

# კლიმატის ცვლილების პრობლემა

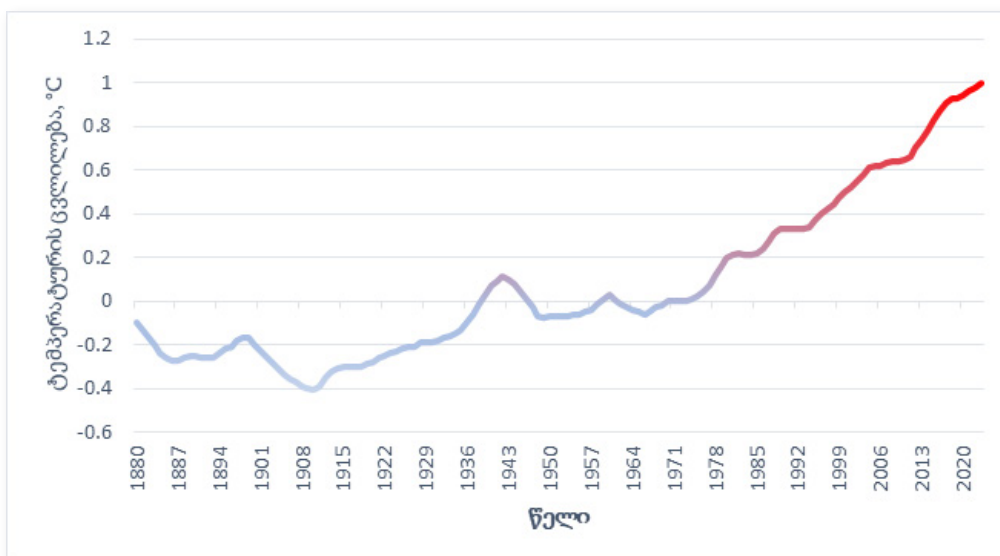
კლიმატის ცვლილება ჩვენი დროის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი საკითხია. შესამჩნევია, რომ ამინდი უფრო თბილი და სწრაფად ცვალებადი გახდა და სულ უფრო რთულია მისი პროგნოზირება წლის ნებისმიერი პერიოდისთვის.

ჩვენი პლანეტის კლიმატი იცვლება და ეს პროცესი დაჩქარდა, რასაც ადასტურებს არაერთი კვლევა. IPCC<sup>1</sup>-ის 2008 წლის ანგარიშის მიხედვით „კლიმატის ცვლილება წარმოადგენს ბუნებრივ მოვლენას, თუმცა ადამიანის აქტიურმა ზემოქმედებამ მნიშვნელოვნად შეცვალა პროცესის მსვლელობა და მიმართულება“.

ბოლო 130 წლის განმავლობაში დედამიწაზე საშუალო ტემპერატურა ერთი გრადუსით გაიზარდა, რაც მცირე ცვლილებად აღიქმება, თუმცა მსოფლიო მასშტაბით ის სერიოზულ საფრთხეს უქმნის პლანეტაზე მცხოვრებ ცოცხალ ორგანიზმებს, ადამიანების ჩათვლით.

## ბოლო 10 წელი ყველაზე თბილი პერიოდი იყო დედამიწაზე

გრაფიკი 1 აჩვენებს დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილების გრძელვადიან პერიოდს საშუალოსთან შედარებით - 1951 წლიდან 1980 წლამდე. ტემპერატურის შესახებ ჩანაწერების წარმოება დაიწყო 1880 წლიდან, მას შემდეგ 2023 წელი აღმოჩნდა ყველაზე თბილი (წყარო: NASA/GISS). მთლიანობაში, დედამიწა დაახლოებით 1,36°C უფრო თბილი იყო 2023 წელს, ვიდრე მე-19 საუკუნის ბოლოს (1850-1900) წინაინდუსტრიულ პერიოდში, ხოლო ბოლო 10 წელი ყველაზე თბილია ისტორიაში.



გრაფიკი 1 წყარო: NASA/GISS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისი პანელი

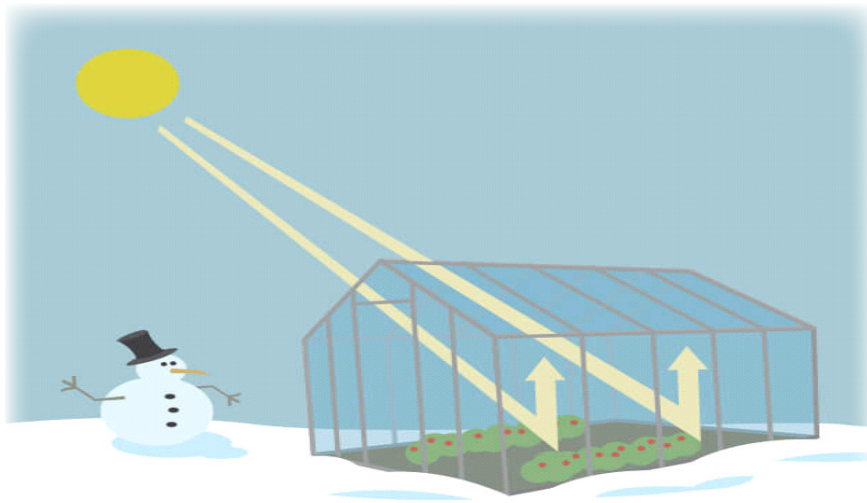
<sup>2</sup>Global Temperature | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet

## რა იწვევს გლობალურ დათბობას?

გლობალური დათბობა გამოწვეულია ეგრეთ წოდებული **სათბურის ეფექტის გაძლიერებით**, რომელსაც, თავის მხრივ, განაპირობებს ატმოსფეროში არსებული აირები. ჩვეულებრივ, სათბურის ეფექტი დადებითი მოვლენაა და დედამიწას უფრო თბილსა და საცხოვრებლად მისაღებს ხდის, ვიდრე ის მის გარეშე იქნებოდა.

სათბურის ეფექტის გაღწევით, დღის განმავლობაში მზის ენერჯის ხარჯზე, დედამიწა თბება, მსგავსად რეალური შუშის სათბურისა (სურათი 1), რომელიც გამოიყენება მაგ: ბოსტნეულის ან დეკორატიული მცენარეებისთვის, რომლებიც მეტ სითბოს საჭიროებს. ღამით დედამიწის ზედაპირი გრილდება და სითბოს ჰაერში აბრუნებს, მაგრამ სითბოს ნაწილის შეკავება ხდება ატმოსფეროში მყოფი სათბურის აირების მიერ, როგორც ეს სათბურში შუშის მეშვეობით ხდება. ეს პროცესი უნარჩუნებს დედამიწას თბილ და მყუდრო ტემპერატურას, საშუალოდ 14 გრადუს ცელსიუსს ( $^{\circ}\text{C}$ ), რაც დედამიწის საშუალო წლიური ტემპერატურაა.

სათბურის ეფექტის გამომწვევ აირებს სათბურის აირები ეწოდება. სათბურის აირებს მიეკუთვნება **ნახშირორჟანგი ( $\text{CO}_2$ )**, **მეთანი ( $\text{CH}_4$ )**, **აზოტის ქვეჟანგი ( $\text{N}_2\text{O}$ )**. არსებობს სხვა სათბურის აირებიც (მაგ: ფტორირებული აირები), თუმცა, ატმოსფეროში შედარებით დაბალი კონცენტრაციის გამო, მათი წვლილი სათბურის ეფექტში ნაკლებია.



სურათი 1 სათბურის ეფექტი წყარო: NASA/JPL-Caltech

**ნახშირორჟანგი ( $\text{CO}_2$ ):** ნახშირორჟანგი ატმოსფეროში ხვდება წიაღისეული საწვავის (ქვანახშირი, ბუნებრივი აირი და ნავთობი), მყარი ნარჩენების, მერქნისა და სხვა ბიოლოგიური მასალების დაწვის გზით, ასევე, გარკვეული ქიმიური რეაქციების შედეგად (მაგ: ცემენტის წარმოება).

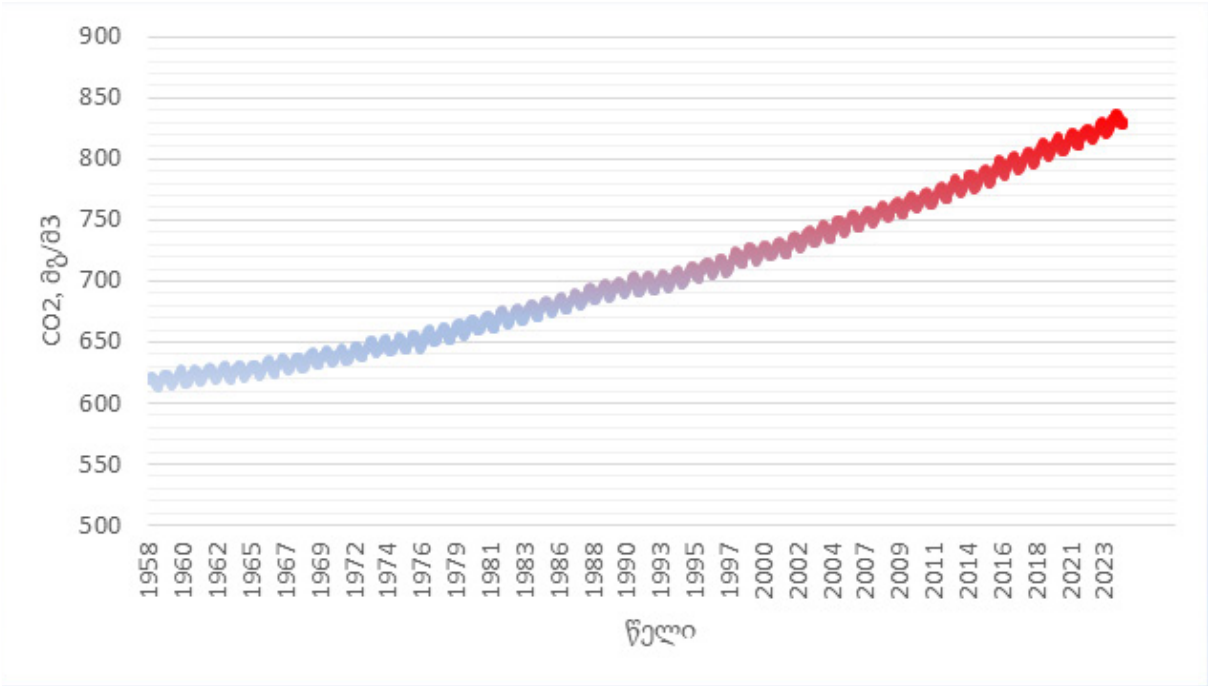
**მეთანი ( $\text{CH}_4$ ):** მეთანი გამოიყოფა ქვანახშირის, ბუნებრივი აირის, ნავთობის წარმოებისა და ტრანსპორტირების დროს. მეთანი, ასევე, წარმოიქმნება მეცხოველეობისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობით ნიადაგით სარგებლობისას, ასევე, მუნიციპალური მყარი ნარჩენების ნაგავსაყრელებზე ორგანული ნარჩენების დაშლის შედეგად.

**აზოტის ქვეჟანგი (N<sub>2</sub>O):** აზოტის ქვეჟანგი გამოიყოფა სასოფლო-სამეურნეო და სამრეწველო საქმიანობის დროს; წიაღისეული საწვავისა და მყარი ნარჩენების წვის პროცესში; ასევე, ჩამდინარე წყლების დამუშავებისას.

სათბურის აირებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია ნახშირორჟანგი, რადგან ყველაზე დიდი რაოდენობით სწორედ იგი გაიფრქვევა ატმოსფეროში. ადამიანის საქმიანობის შედეგად, 1750 წლიდან დღემდე, ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის შემცველობა 50%-ით გაიზარდა. გრაფიკ 2-ზე ნაჩვენებია ატმოსფერულ ჰაერში ნახშირორჟანგის შემცველობის 1958-2024 წლების მონიტორინგის შედეგები (გრაფიკი 2).

**ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის შემცველობა ყოველწლიურად საშუალოდ 3 მგ-ით იმატებს**

ამიტომ, მის მიერ გამოწვეული გლობალური დათბობის პოტენციალი აღებულია საბაზისო ერთეულად და 1-ს უტოლდება. შესაბამისად, დანარჩენი სათბურის აირების დათბობის პოტენციალის გამოთვლა ხდება ნახშირორჟანგთან შედარებით. ცხრილი 1-ში მოცემულია სათბურის აირების დათბობის პოტენციალი, რომლის მიხედვითაც, ატმოსფეროში გაფრქვეულ 1 გრ მეთანს 28-ჯერ მეტი დათბობის პოტენციალი აქვს, ვიდრე ამავე რაოდენობის ნახშირორჟანგს. აზოტის ქვეჟანგის შემთხვევაში კი, ეს მაჩვენებელი 265-ს შეადგენს.



გრაფიკი 2 წყარო: NOAA, მაუნა ლოას ობსერვატორია<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Carbon Dioxide | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet

აირი	გლობალური დათბობის პოტენციალი
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	265

ცხრილი 1 წყარო: IPCC <sup>4</sup>

მეთანს, ნახშირორჟანგის შემდეგ, ყველაზე დიდი წვლილი შეაქვს გლობალურ დათბობაში. მეთანის მოლეკულა უფრო მეტ სითბოს იჭერს, ვიდრე CO<sub>2</sub>-ის მოლეკულა, მაგრამ მეთანი შედარებით მცირე ხნით რჩება ატმოსფეროში (7-დან 12 წლამდე), ხოლო CO<sub>2</sub> შეიძლება ატმოსფეროში ათასობით წელი დაყოვნდეს<sup>5</sup>.

დღევანდელი მეთანის გაფრქვევების დაახლოებით 60% ადამიანის საქმიანობის შედეგია. ბუნებრივი პროცესები შეადგენს მეთანის გაფრქვევების 40%-ს, ამ მხრივ ყველაზე დიდი ბუნებრივი წყარო ტაობებია.

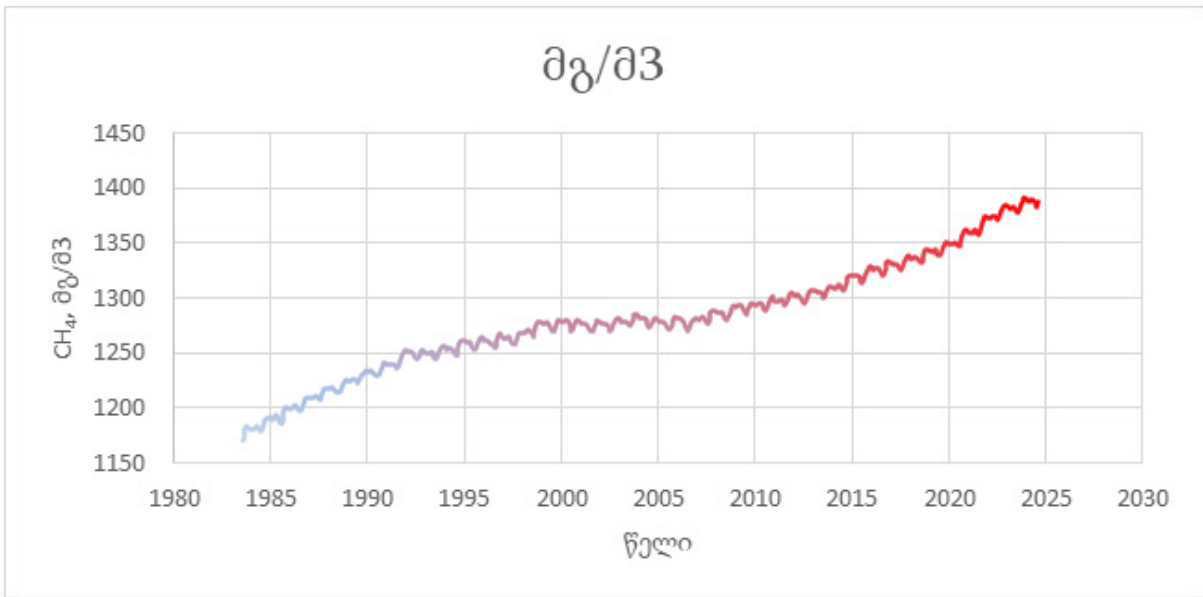
1750 წლიდან დღემდე მეთანის კონცენტრაცია ატმოსფეროში გაორმაგდა. მეცნიერთა ვარაუდით, აღნიშნული მატების შედეგად მეთანის გავლენის წილი კლიმატის დათბობაში 20-30 %-ს შეადგენს.

**ატმოსფეროში მეთანის შემცველობა ბოლო 200 წლის მანძილზე გაორმაგდა**

<sup>4</sup> IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [Stocker, T.F.,

<sup>5</sup> [Overview of Greenhouse Gases | US EPA](#)

ატმოსფეროში მეთანის შემცველობის ზრდის სწრაფი ტემპი კარგად ჩანს გრაფიკზე (გრაფიკი 3), რომელიც ასახავს 1984-2024 წლებში ჩატარებული გაზომვის შედეგებს.



გრაფიკი 3 წყარო: NOAA<sup>6</sup>

აზოტის ქვეჟანგი (N<sub>2</sub>O) წარმოადგენს სათბურის აირს და სტრატოსფერული ოზონის<sup>7</sup> დამშლელ ნივთიერებას, რომელიც ატმოსფეროში გროვდება წინაინდუსტრიული პერიოდიდან. ატმოსფერული N<sub>2</sub>O-ის კონცენტრაციამ თითქმის 25%-ით მოიმატა 1750-დან 2022 წლამდე<sup>8</sup>. ამავე პერიოდისთვის, IPCC-ის ანგარიშის თანახმად, N<sub>2</sub>O-ს შედარებითი წვლილი სათბურის აირების მთლიანი დათბობის ეფექტში 6.4%-ს შეადგენს<sup>9</sup>. ატმოსფერულ ჰაერში N<sub>2</sub>O-ს კონცენტრაციაზე მუდმივი მონიტორინგი წარმოებს მსოფლიო ლაბორატორიული ქსელის საშუალებით. გაზომვები ტარდება ზღვის ზედაპირზე. გაზომვების საშუალო მაჩვენებლები მოცემულია გრაფიკზე (გრაფიკი 4). 1980-დან 2020 წლამდე ჯამური გაფრქვევებიდან ანთროპოგენური გაფრქვევების წილი გაიზარდა 40%-ით, რომლის ძირითადი ნაწილი სოფლის მეურნეობის სექტორზე მოდის, სადაც ოთხივე ძირითადი წყაროდან N<sub>2</sub>O გაფრქვევა მნიშვნელოვნად გაზრდილია. ყველაზე მეტად ნიადაგიდან პირდაპირმა გაფრქვევებმა მოიმატა, რაც განპირობებულია ორგანული და სინთეზური მინერალური სასუქების გამოყენებით, რამაც 1980 წელს 1.1 მლნ ტონა შეადგინა, 2020 წელს კი 2.1 მლნ ტონამდე გაიზარდა. მას მოსდევს საძოვარზე დარჩენილი ცხოველური ნარჩენების წილი (თხევადი და მყარი ნაკვლის სახით), საიდანაც წლიურმა გაფრქვევამ 0.9 მლნ

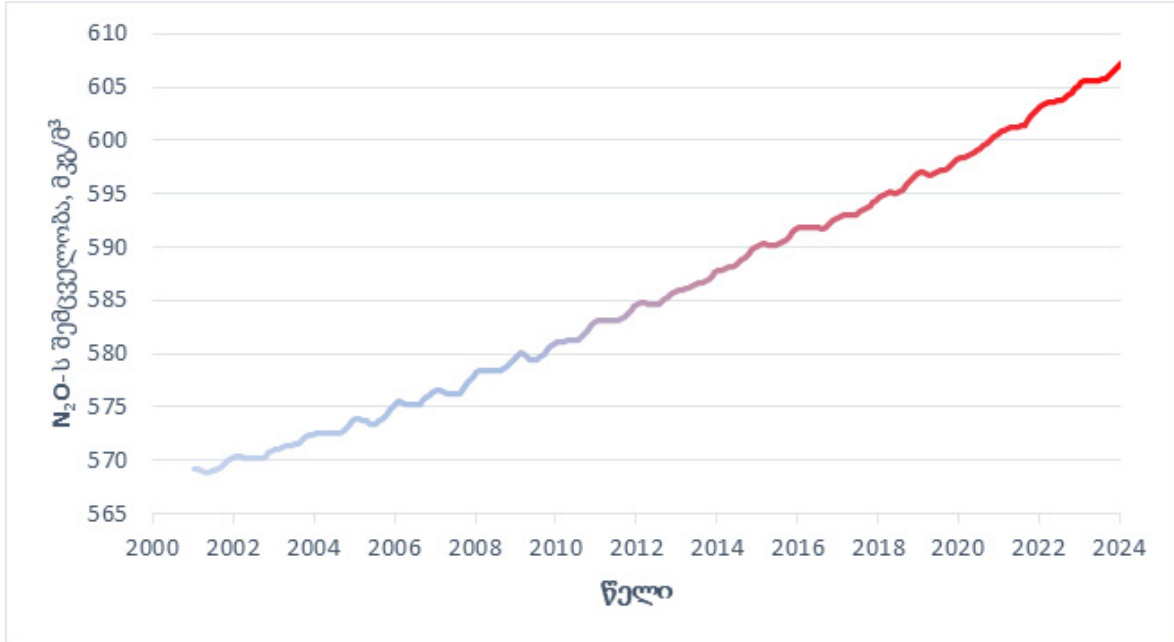
<sup>6</sup> Methane | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet

<sup>7</sup> სტრატოსფერული ოზონი - ოზონის მოლეკულები ატმოსფეროს ზედა შრეში - სტრატოსფეროში წარმოიქმნება და მათი ერთობლიობა ოზონის შრეს ქმნის, რომელსაც სტრატოსფერულ ოზონს უწოდებენ;

<sup>8</sup> Tian, H.; Pan, N.; Thompson, R. L.; Canadell, J. G.; Suntharalingam, P.; Regnier, P.; Davidson, E. A.; Prather, M.; Ciais, P.; Muntean, M.; Pan, S.; Winiwarter, W.; Zaehle, S.; Zhou, F.; Jackson, R. B.; Bange, H. W.; Berthet, S.; Bian, Z.; Bianchi, D.; Bouwman, A. F. Global Nitrous Oxide Budget (1980–2020). *Earth System Science Data* 2024, 16 (6), 2543–2604. <https://doi.org/10.5194/essd-16-2543-2024>.

<sup>9</sup> IPCC, 2023: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

ტონიდან (1980 წ.) 1.4 მლნ ტონამდე მოიმატა (2020 წ.). დაახლოებით, 10-ჯერ გაიზარდა აზოტის ქვეჟანგის გაფრქვევები აკვაკულტურიდან, სადაც გაფრქვევის წყარო წყალსატევებში მიმდინარე ნიტრიფიკაციის<sup>10</sup> და დენიტრიფიკაციის<sup>11</sup> პროცესებია<sup>12</sup>, 0.01 მლნ ტონიდან (1980 წ.) 0.12 მლნ ტონამდე (2020 წ.). შედარებით მცირედ მოიმატა გაფრქვევებმა ნაკელის მართვიდან, რომელმაც 0.24 მლნ ტონიდან 0.26 მლნ ტონამდე ზრდა აჩვენა.



გრაფიკი 4 წყარო: NOAA<sup>13</sup>

განხილულ სათბურის აირებთან ერთად მნიშვნელოვანია ატმოსფეროში არსებული წყლის ორთქლიც, რომელიც არ წარმოადგენს დათბობის გამომწვევ აირს, თუმცა იგი აძლიერებს სათბურის აირების მიერ გამოწვეულ დათბობას. წყლის ორთქლის მატება დაკავშირებულია გაზრდილი ტემპერატურის ზეგავლენით წყლის უფრო მეტ აორთქლებასთან, როგორც ხმელეთის, ისე წყლის ზედაპირიდან. თეორიული გათვლებით, ჰაერის ტემპერატურის ყოველი ერთი გრადუსით მატება იწვევს წყლის ორთქლის 7 %-ით ზრდას. თბილ ჰაერს უფრო მეტი წყლის ორთქლის დაკავება შეუძლია, რადგან მაღალი ტემპერატურის გამო იგი ადვილად არ განიცდის კონდენსაციას. წყლის ორთქლი აკავებს დედამიწის ზედაპირიდან გამოყოფილ სითბოს სხვა სათბურის აირების მსგავსად, რაც იწვევს უფრო მეტ დათბობას და შედეგად უფრო მეტი წყლის აორთქლებას. აღიშნული პროცესი, მეცნიერთა აზრით აორმაგებს დათბობის ეფექტს, რომელიც გამოწვეულია ნახშირორჟანგის მიერ<sup>14</sup>.

<sup>10</sup>ნიტრიფიკაცია - ნიტრიფიკატორი ბაქტერიის მიერ ამონიუმის ნიტრატებად გარდაქმნის პროცესი;

<sup>11</sup>დენიტრიფიკაცია - დენიტრიფიკატორი ბაქტერიების მიერ ნიტრატების დაშლის და თავისუფალი (მოლეკულური) აზოტის გამოყოფის პროცესი/ცესი;

<sup>12</sup>Hu, Z.; Lee, J. W.; Chandran, K.; Kim, S.; Khanal, S. K. Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O) Emission from Aquaculture: A Review. *Environmental Science & Technology* 2012, 46 (12), 6470–6480. <https://doi.org/10.1021/es300110x>.

<sup>13</sup> Lan, X., K.W.Thoning, and E.J. Dlugokencky: Trends in globally-averaged CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and SF<sub>6</sub> determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version 2024-12, <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10>

<sup>14</sup>Steamy Relationships: How Atmospheric Water Vapor Amplifies Earth's Greenhouse Effect - NASA Science

## პრაქტიკული სამუშაო

გამოთვალეთ ნახშირბადის გაფრქვევები თქვენი ყოველდღიური საქმიანობისგან!

საქმიანობა / ქულა	1	2	3	4	ქულა
ძირითადად საიდან მოდის თქვენ მიერ მოხმარებული სურსათი?	ადგილობრივი (თქვენ მიერ ან თქვენს საცხოვრებელთან ახლოს)	ძირითადად ადგილობრივი (ქვეყნის შიგნით, მაგრამ არ არის მოყვანილი ან წარმოებული თქვენთან ახლოს)	ძირითადად რეგიონალური (მეზობელი ქვეყნები)	საერთაშორისო (სურსათის ტრანსპორტირება ხდება საზღვაო ან საჰაერო გზით)	
რომელ ჩანთას იყენებთ საყიდლების დროს?	ბუნებრივი ქსოვილის ჩანთა, მაგ: ბამბის	ქაღალდის ჩანთა	პოლიეთილენის ან პოლიპროპილენის მრავალჯერადი ჩანთა მიგაქვთ შინიდან	პოლიეთილენის ჩანთას ყიდულობთ შენაძენთან ერთად	
ენერჯის რომელ წყაროს იყენებთ შინ ყველაზე ხშირად?	ელექტროენერჯია ან განახლებადი ბიომასა	თხევადი გაზი (პროპანი), ან ბიოგაზი	ბუნებრივი აირი (მეთანი)	ქვანახშირი, ნავთობპროდუქტები	
რა სახის ტრანსპორტს იყენებთ სკოლამდე მისასვლელად?	დადიხართ ფეხით, ან იყენებთ ველოსიპედს	საზოგადოებრივ ტრანსპორტს	სკოლის ავტობუსს	საკუთარ ავტომობილს	
როგორ ათავსებთ თქვენს საყოფაცხოვრებო ნარჩენებს?	აბარებთ გადასამუშავებლად, ან ამზადებთ კომპოსტს	ძირითადად გაიტანება მუნიციპალური დასუფთავების სამსახურების მიერ	უმეტესად მარხავთ ნიადაგში	ძირითადად წვავთ ნარჩენებს ან ყრით ღია სივრცეში	
სულ	5 ქულა - მცირე გაფრქვევები	6-10 საშუალო გაფრქვევები	11-15 მაღალი გაფრქვევები	16-20 ძალიან მაღალი გაფრქვევები	

ცხრილი 2

შენიშვნა: აღნიშნული ტესტი შედგენილია მხოლოდ სასწავლო მიზნებისთვის და სათბური აირების გაფრქვევების შეფასება მიახლოებითია

## კლიმატის ცვლილება საქართველოში

საქართველოს გეოგრაფიული მდებარეობა, რთული რელიეფი, მრავალფეროვანი ნიადაგური საფარი და თითქმის ყველა კლიმატური ზონის არსებობა, ქვეყანაში ქმნის კლიმატის ცვლილების ფართოდ გამოვლენის პირობებს. სოფლის მეურნეობის მდგრადობის გაზრდა და კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ზიანის შემცირება დიდ როლს თამაშობს სიღარიბის შემცირებისა და გარემოს დეგრადაციისგან<sup>15</sup> დაცვის საქმეში.

საქართველოში მეტეოროლოგიური დაკვირვების საფუძველზე ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შედარდა ორი 30-წლიანი პერიოდის, 1956-1985 და 1986-2015 წლების, ძირითადი კლიმატური პარამეტრები<sup>16</sup>. შედარებამ აჩვენა, რომ 1986-2015 წლებში ქვეყნის ტერიტორიაზე მიწისპირა ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა მომატებულია თითქმის ყველგან, მხარეების მიხედვით 0.25–0.58°C ფარგლებში. აღმოსავლეთ საქართველოში ყველაზე მეტი დათბობა აღინიშნა დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში, სადაც საშუალო ტემპერატურამ 0.73°C-ით მოიმატა, ხოლო დასავლეთ საქართველოში ყველაზე მეტად დათბა ფოთსა და ზუგდიდში, სადაც ტემპერატურის 0.63°C-ით მატება აღინიშნა. მომატებული ტემპერატურის ფონზე გაზრდილია გვალვიანი პერიოდების სიხშირის ალბათობა ზაფხულში.

**1986-2015 წლებში საქართველოში საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ 0.25-0.58°C-ით მოიმატა**

ქვეყნის მასშტაბით, ტემპერატურების მატების ხარჯზე დათბობა მიმდინარეობს, ძირითადად, ივნის-ოქტომბრის პერიოდში. ყველაზე მეტად დათბობა აღინიშნება აგვისტოში, რაც რეგიონების მიხედვით 1.15°C –1.57°C-ის ფარგლებში მერყეობს.

ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა დასავლეთ საქართველოში მომატებულია, გარდა გურიისა და აჭარის მაღალმთიანი ზონისა (გოდერძის უღელტეხილი). ყველაზე მეტად ნალექები გაზრდილია ფოთსა და ხულოში (15 %). აღმოსავლეთ საქართველოში ცალკეულ რაიონებში ნალექების რაოდენობა შემცირებულია, ყველაზე მეტად ნალექების შემცირება აღინიშნა თიანეთის მუნიციპალიტეტში (-18 %), ხოლო მატება დაფიქსირდა ლაგოდეხში (17 %).

გარკვეული ცვლილებები მოხდა ნალექების წლიური განაწილების მხრივ, კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოში უმეტეს რაიონებში, უხვნალექიანი გახდა მაისი, ნაცვლად მაისისა და ივნისისა, ანუ ზაფხულში ნალექებმა იკლო. ყველაზე მცირე ნალექით იანვარი გამოირჩევა.

დასავლეთ საქართველოს უმეტეს რაიონებში ყველაზე მშრალი თვეები ახლა უკვე გაზაფხულის დასაწყისში - მარტი-აპრილში აღინიშნება, ნაცვლად მაისისა, ხოლო ყველაზე უხვნალექიანი დეკემბრის ნაცვლად შემოდგომა - ოქტომბერ-ნოემბერი ან ზამთარია - იანვარი.

<sup>15</sup> გარემოს დეგრადაცია - გარემოს მდგომარეობის გაურესება, რომელიც შეიძლება სხვადასხვა ფაქტორით იყოს გამოწვეული;

<sup>16</sup> საქართველოს მეოთხე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების შესახებ გაეროს ჩარჩო კონვენციისადმი. თბილისი, 2020

შედარებით მცირე ცვლილებები აღინიშნა ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის მხრივ. ყველაზე მშრალი ჰაერი დაფიქსირდა ქვემო ქართლის რეგიონში (69 %) და საგარეჯოს მუნიციპალიტეტში (66 %), ხოლო ყველაზე ტენიანი (89 %) მთა საბუთზე<sup>17</sup>. ქვეყნის მასშტაბით ფარდობითი ტენიანობის მაჩვენებლების ცვლილება უმნიშვნელოა. შესამჩნევი მატება აღინიშნა თელავში (7%), ხოლო მაქსიმალური კლება - საგარეჯოში (-4%).

ქარის საშუალო სიჩქარე მთელ ტერიტორიაზე მცირდება (გარდა თბილისისა). მომატებულია ძლიერქარიანი დღეების (>15 მ/წმ) განმეორებადობა, ქვეყნის მთათაშორის ზოლში (ფოთიდან თბილისამდე), 2000-იანი წლებიდან აღინიშნება ასეთი დღეების გახშირება, რაც ყველაზე მკვეთრად გორში გამოვლინდა და 11-დღიანი მატებით აღინიშნა. ძალიან ძლიერქარიანი დღეების (> 25 მ/წმ) განმეორებადობის ზრდაც მხოლოდ გორში დაფიქსირდა.

## კლიმატის ცვლილება და საერთაშორისო თანამშრომლობა

ატმოსფეროში სათბურის აირების კონცენტრაციის ზრდისა და მისგან გამოწვეული გლობალური დათბობის შეჩერების მიზნით 1992 წელს, რიო დე ჟანეიროში, გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კონფერენციაზე „გარემო და განვითარება“ ხელი მოეწერა გაეროს კლიმატის ჩარჩო კონვენციას. კონვენცია წარმოადგენს საერთაშორისო ხელშეკრულებას, რომლის ხელმოწერია მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანა, მათ შორის საქართველოც.

2017 წლის 7 ივნისიდან საქართველოსთვის ძალაში შევიდა გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის „პარიზის შეთანხმება“ (რომელიც მიღებულია 2015 წელს), რომელიც მიზნად ისახავს კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული რისკებისა და ეკონომიკის სექტორებზე უარყოფითი ზემოქმედების მნიშვნელოვან შემცირებას, გლობალური საშუალო ტემპერატურის ზრდის 2°C-მდე შეზღუდვით და ქვეყნების უკეთ შეგუებას კლიმატის ცვლილებასთან და სათბურის აირების შემცირებასთან ისე, რომ არ შეიზღუდოს სურსათის წარმოება.

საქართველომ, 2015 წლის „პარიზის შეთანხმების“ მხარეთა კონფერენციამდე, **ეროვნულად განსაზღვრული წვლილის (NDC)** დოკუმენტის შემუშავებით, გამოხატა კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის გლობალურ ძალისხმევასთან შეერთების მზადყოფნა.

საქართველოს ეროვნულად განსაზღვრული წვლილის დოკუმენტში<sup>18</sup> ხაზგასმულია სოფლის მეურნეობის სექტორის მნიშვნელობა: „საქართველოს სოფლის მეურნეობის სექტორი უმნიშვნელოვანეს როლს თამაშობს ქვეყნის ეკონომიკაში. ქართველმა ფერმერებმა უნდა შეასრულონ საკვანძო როლი საზოგადოების ფუნდამენტური საჭიროების - უსაფრთხო, დაცული და ხელმისაწვდომი საკვების მიწოდების უზრუნველყოფაში“.

<sup>17</sup> მთა საბუთი - მდებარეობს ლიხის ქედის დასავლეთ ნაწილში, სიმაღლე 1248 მ

<sup>18</sup> ეროვნულ დონეზე განსაზღვრული წვლილი - სტრატეგიული მნიშვნელობის მქონე დოკუმენტი. აღნიშნული დოკუმენტის მიხედვითაც კლიმატის ჩარჩო კონვენციაზე ხელმოწერი ქვეყნები წარადგენენ ვალდებულებას, რომელსაც იღებს ცალკეული ქვეყანა

საქართველოს ეროვნულ დონეზე განსაზღვრული წვლილის (NDC) განახლებული დოკუმენტის<sup>19</sup> მიხედვით ქვეყანა „მხარს უჭერს დაბალნახშირბადიანი მიდგომების<sup>20</sup> განვითარებას სოფლის მეურნეობის სექტორში, კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობისა და აგრო-ტურიზმის წახალისების გზით“, რაც მნიშვნელოვანია მდგრადი სასოფლო-სამეურნეო წარმოების განვითარებისთვის.



<sup>19</sup> საქართველოს განახლებული ეროვნულ დონეზე განსაზღვრული წვლილი (NDC), 2021

<sup>20</sup> დაბალნახშირბადიანი მიდგომები - მიზნად ისახავს ადამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გამოყოფის შემცირებას და/ან სრულად აღმოფხვრას

## კლიმატის ცვლილების გავლენა სოფლის მეურნეობაზე

კლიმატის ცვლილების შედეგების გამოვლინებამ საქართველოში უკვე მოახდინა უარყოფითი ზემოქმედება ბუნებრივ რესურსებზე, ეკოსისტემებსა და ეკონომიკის თითქმის ყველა სექტორზე, განსაკუთრებით კი სოფლის მეურნეობაზე, რომელიც ბუნებრივად ყველაზე მგრძობიარეა კლიმატის ცვლილების მიმართ.

**სოფლის მეურნეობა ყველაზე მეტად მგრძობიარე კლიმატის ცვლილების მიმართ**

კლიმატის ცვლილება გავლენას ახდენს სოფლის მეურნეობის სექტორებზე მრავალი თვალსაზრისით და ეს ზემოქმედება განსხვავდება სხვადასხვა რეგიონში.

მოსალოდნელია, რომ კლიმატის ცვლილების შედეგად მომატებული ტემპერატურა და ატმოსფერული ნალექების ცვალებადობა შეცვლის ამინდის სეზონურ ხასიათს და გაზრდის ექსტრემალური მოვლენების სიხშირესა და ინტენსივობას, როგორებიცაა: წყალდიდობა, ძლიერი ქარები და გვალვა. კლიმატის ცვლილებები ხელს შეუწყობს სარეველა მცენარეებისა და ს/ს მცენარეთა და ცხოველთა მავნებლებისა და დაავადებების გავრცელებას.

კლიმატის ცვლილებამ შესაძლოა შეამციროს მოსავლიანობა, გამოიწვიოს მისი მკვეთრი ცვალებადობა, შეცვალოს **ს/ს კულტურების**<sup>21</sup> და/ან პირუტყვის ჯიშების **გაადგილება**<sup>22</sup> და განაპირობოს ს/ს ბიომრავალფეროვნების დაკარგვა.

კლიმატის ცვლილების შედეგად, **სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწების**<sup>23</sup> ნაწილი შეიძლება გამოუსადეგარი გახდეს ს/ს საქმიანობისთვის.

მსგავსი ცვლილებები პირდაპირ გავლენას მოახდენს სოფლის მეურნეობის წარმოებაზე, რაც, თავის მხრივ, შეამცირებს წარმოებული პროდუქციის რაოდენობას და ხარისხს, უარყოფითად აისახება ს/ს წარმოებიდან მიღებულ შემოსავლებსა და სასურსათო უსაფრთხოებაზე.

<sup>21</sup> ს/ს კულტურები - სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს მიეკუთვნება მცენარეები, რომელთა მოყვანა და წარმოება ხდება ადამიანის მიერ

<sup>22</sup> გაადგილება - ს/ს მცენარეთა და ცხოველთა სივრცობრივი განაწილება მათთვის შესაბამისი ნიადაგური და კლიმატური პირობების გათვალისწინებით

<sup>23</sup> სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწა - მიწის ყველა ის ნაკვეთი, რომლის გამოყენება კანონმდებლობით ნებადართულია სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებით (მაგ.: სახნავი, მრავალწლიანი ნარგავებით დაკავებული, საძოვრები, სათიბები, საკარმიდამო)

კლიმატის ცვლილებასთან უკეთ შეგუების და ს/ს წარმოების სარგებლიანობის შენარჩუნების მიზნით შემუშავებულია „კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის“<sup>24</sup> ეროვნული გეგმა სოფლის მეურნეობის სექტორისთვის<sup>25</sup>; რომლის თანახმად, საქართველოში კლიმატის მიმდინარე და სამომავლო ცვლილების უარყოფითი ზეგავლენა გამოიხატება შემდეგი მიმართულებებით:

- აგრო-კლიმატური ზონების ცვლილება.
- ს/ს კულტურების მოსავლიანობის შემცირება გვალვების<sup>26</sup>, ძლიერი ქარების, არათანაბრად გადანაწილებული ნალექების, სეტყვიანი დღეების, თბური ტალღებისა<sup>27</sup> და ევაპოტრანსპირაციის<sup>28</sup> ზრდის შედეგად.
- ნიადაგის ნაყოფიერების შემცირება და დეგრადაციის ინტენსივობის ზრდა, რასაც ხშირად კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ინტენსიური ექსტრემალური მოვლენები (მეწყერები, ღვარცოფები, წყალდიდობები, წყალმოვარდნები და ა.შ.) უწყობს ხელს.
- გასარწყავებელი მიწების ფართობის შემცირება და სარწყავ წყალზე მოთხოვნილების ზრდა.



<sup>24</sup> კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია - კლიმატის ცვლილებასთან შეგუება მის მიერ გამოწვეული უარყოფითი ზემოქმედების მინიმუმამდე შემცირების გზითმცენარეები, რომელთა მოყვანა და წარმოება ხდება ადამიანის მიერ

<sup>25</sup> კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის ეროვნული გეგმა სოფლის მეურნეობის სექტორისთვის. თბილისი, 2017

<sup>26</sup> გვალვა - გვალვა არის ხანგრძლივი პერიოდი ნალექების დეფიციტით, რასაც მოჰყვება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაზიანება და შედეგად, მოსავლის სრული ან ნაწილობრივი დანაკარგი;

<sup>27</sup> თბური ტალღები - უჩვეულოდ მაღალი ტემპერატურის შენარჩუნება, რამდენიმე დღისა და ღამის მანძილზე

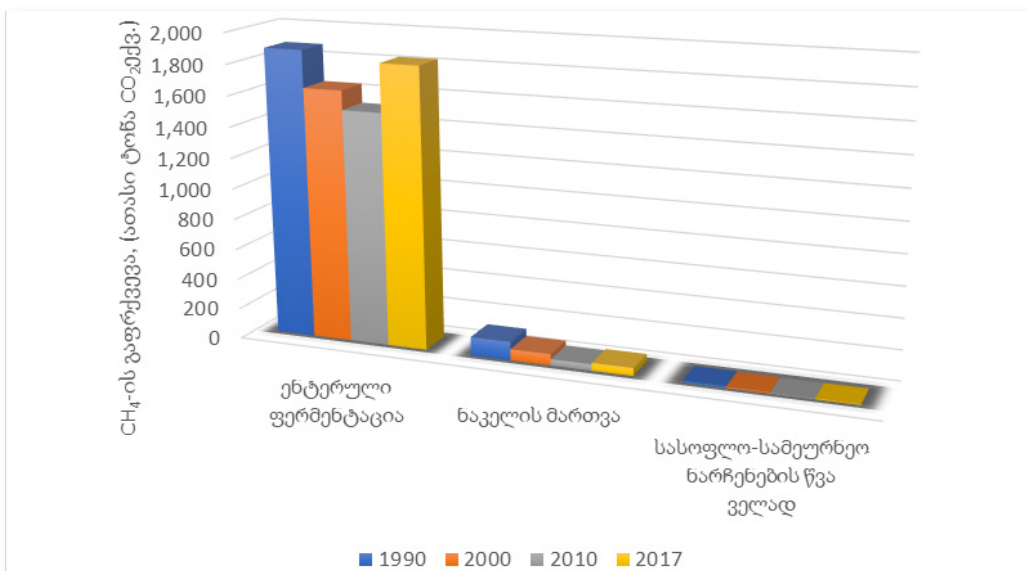
<sup>28</sup> ევაპოტრანსპირაცია - მცენარეების და ნიადაგის ზედაპირის მიერ ფართობის ერთეულიდან დროის გარკვეულ მონაკვეთში წყლის ჯამური აორთქლება

# სოფლის მეურნეობის გავლენა კლიმატის ცვლილებაზე

IPCC-ის ანგარიშის თანახმად, მსოფლიოში სათბურის აირების 22% სოფლის მეურნეობის სექტორიდან (რომელიც აერთიანებს სატყეო მეურნეობასა და მიწათსარგებლობის სხვა ფორმებს) გაიფრქვევა. აღნიშნული გაფრქვევები დაკავშირებულია როგორც ბუნებრივ პროცესებთან, ისე სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკასთან, რაც ართულებს მათ კონტროლსა და გაზომვას. თუ სურსათის წარმოებასთან დაკავშირებულ სრულ ციკლს და მასთან დაკავშირებულ ენერჯის დანახარჯებსაც გავითვალისწინებთ, რაც მოიცავს სურსათის წარმოებას, სურსათის გადამამუშავებას, შეფუთვას, გადაზიდვას, მომზადებასა და მოხმარებას, სურსათის დაკარგვისა და ნარჩენების ჩათვლით, გაფრქვეული სათბურის აირების წილი 37 %-ს აღწევს<sup>29</sup>.

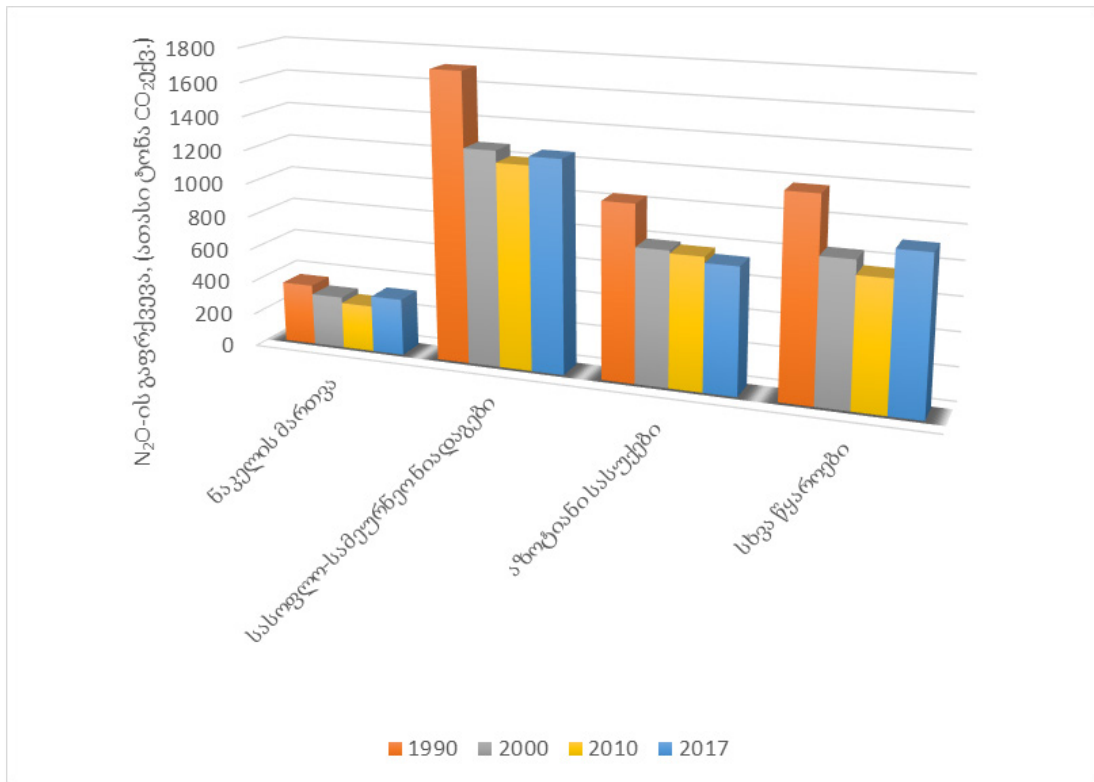
საქართველოში სოფლის მეურნეობის სექტორის წილი სათბურის აირების ჯამურ გაფრქვევებში 2017 წლის მდგომარეობით 19.6%-ს შეადგენს<sup>30</sup>. სოფლის მეურნეობის სექტორიდან სათბურის აირების გაფრქვევის ძირითადი წყარო მეცხოველეობა და მიწათმოქმედების დარგებია. მეცხოველეობაში გაფრქვევები დაკავშირებულია ცხოველების ნაწლავურ (ენტერულ) ფერმენტაციასთან<sup>31</sup> (რომელიც მეთანის ძირითადი წყაროა) და ნაკელის მართვასთან (გრაფიკი 5). მიწათმოქმედების დარგში სათბურის აირების ჭარბი გაფრქვევა ძირითადად დაკავშირებული ნიადაგების მართვისა და ორგანული და სინთეზური აზოტიანი სასუქების გამოყენების არასწორ პრაქტიკასთან (გრაფიკი 6), რომლებიც წარმოადგენს აზოტის ქვეჟანგის ძირითად წყაროს.

## საქართველოში სოფლის მეურნეობის სექტორის წილი სათბურის აირების ჯამურ გაფრქვევებში 19.6%-ს შეადგენს



გრაფიკი 5 მეთანის გაფრქვევა (ათასი ტონა CO<sub>2</sub>-ეკ) სოფლის მეურნეობის სექტორიდან 1990 -2017 წლებში. წყარო: მეოთხე ეროვნული შეტყობინება

<sup>29</sup>FAO. 2022. *FAO Strategy on Climate Change 2022–2031*. Rome.  
<sup>30</sup>სათბურის აირების ინვენტარიზაციის ეროვნული ანგარიში, საქართველო. თბილისი 2021  
<sup>31</sup>ნაწლავური (ენტერული) ფერმენტაცია - საკვების მონელების პროცესის ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი ნაწილი, რომლის შედეგად მცოხნავი ცხოველების შემთხვევაში გამოიყოფა მეთანი



გრაფიკი 6 აზოტის ქვეჟანგის გაფრქვევა (ათასი ტონა CO<sub>2</sub>-ექვ.) სოფლის მეურნეობის სექტორიდან 1990-2017 წლებში. წყარო: მეოთხე ეროვნული შეტყობინება

საქართველოში შემუშავებულია **დაბალემისიანი**<sup>32</sup> განვითარების სახელმძღვანელო დოკუმენტები, რომლებშიც განხილული და შეფასებულია ამ მიზნით განსახორციელებელი ღონისძიებები (შერბილების ღონისძიებები) სოფლის მეურნეობის სექტორში<sup>33,34</sup>.

IPCC-ის შეფასებით, სოფლის მეურნეობის გლობალური შემარბილებელი პოტენციალის უდიდესი ნაწილი დაკავშირებულია არა სოფლის მეურნეობიდან სათბურის აირების შემცირებასთან, არამედ არსებული (როგორც მცენარეულ ბიომასაში, ისე ნიადაგში დაგროვილი) ნახშირბადის მარაგის მართვასთან. ეს მოითხოვს ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებას, რაც გულისხმობს ნიადაგში **ნახშირბადის დაგროვების** ზრდას<sup>35</sup>, ნიადაგის დამუშავების შემცირებას, ძოვებისა და ნაკელის მართვის გაუმჯობესებას და **ორგანული ნიადაგების**<sup>36</sup> (განსაკუთრებით ტორფიანი ნიადაგების) და **დეგრადირებული მიწების**<sup>37</sup> აღდგენას.

სოფლის მეურნეობის დარგის კლიმატის ცვლილებასთან უკეთ შეგუებისა და მისი ზემოქმედების შერბილებისკენ მიმართული ღონისძიებები უფრო დეტალურად განხილულია მომდევნო თავებში.

<sup>32</sup> დაბალემისიანი - იგივე დაბალგამფრქვევიანი

<sup>33</sup> ემისიების შერბილების ღონისძიებები სოფლის მეურნეობის სექტორში. თბილისი, 2017

<sup>34</sup> საქართველოს დაბალემისიანი განვითარების გრძელვადიანი კონცეფცია, 2023

<sup>35</sup> ნიადაგში ნახშირბადის დაგროვება - ნიადაგში გვხვდება ორი სახის ნახშირბადი ორგანული და არაორგანული, რომელთაგან სს წარმოების და კლიმატის შერბილების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი ნიადაგში ორგანული ნახშირბადის დაგროვება

<sup>36</sup> ორგანული ნიადაგი - ორგანული ნივთიერებებით მდიდარი ნიადაგები არანაკლებ 20 % ორგანული ნახშირბადის შემცველობით ზედაპირიდან 40 სმ სიღრმეზე

<sup>37</sup> დეგრადირებული მიწა - მიწის დეგრადაცია განისაზღვრება როგორც მიწის ბიოლოგიური და/ან ეკონომიკური მწარმოებლურობის უნარის დაკარგვა. მიწის დეგრადაცია შეიძლება გამოწვეული იყოს როგორც ბუნებრივი მოვლენებით, ისე ადამიანის საქმიანობის შედეგად.

# კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა და მისი მნიშვნელობა

კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა არის მიდგომა, რომლის მიზანია გარდაქმნას სასოფლო-სამეურნეო სისტემები ისე, რომ ხელი შეუწყოს წარმოების განვითარებას და უზრუნველყოს სასურსათო უსაფრთხოება<sup>38</sup> კლიმატის ცვლილების ფონზე.

## კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა მიზნად ისახავს:

- ◆ სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობისა და შემოსავლების მდგრად ზრდას.
- ◆ კლიმატის ცვლილებისადმი შეგუებასა და მედეგობის ამაღლებას.
- ◆ სათბურის აირების გაფრქვევების შემცირებას და/ან სრულად აღმოფხვრას.

კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა უზრუნველყოფს საშუალებებს, რომლებიც დაეხმარება სოფლის მეურნეობაში დასაქმებულ პირებს უკეთ განსაზღვრონ სოფლის მეურნეობის სტრატეგიები, რომლებიც შესაფერისია მათი ადგილობრივი პირობებისთვის.

კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა ეფუძნება მდგრადი სოფლის მეურნეობის მიდგომებს, იყენებს ეკოსისტემის, მიწისა და წყლის მდგრადი მართვის პრინციპებს და ითვალისწინებს რესურსებისა და ენერჯის გამოყენების შეფასებებს სასოფლო-სამეურნეო წარმოებასა და სასურსათო სისტემებში.

კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა გულისხმობს ტექნოლოგიებისა და პრაქტიკის შეფასებას, გამოყენებას და მათი გავრცელების ხელშეწყობას სახნავ-სათეს მიწებზე, სათიბ-საძოვრებზე, ტყეებში, ოკეანეებსა და მტკნარი წყლის ეკოსისტემებში.

კლიმატგონივრული ღონისძიებები იყოფა ორ ჯგუფად, ნაწილი მიმართულია კლიმატის ცვლილებისადმი შეგუებასა და მის მიმართ მედეგობის ამაღლებისკენ, ხოლო ნაწილი მიმართულია სასოფლო-სამეურნეო წარმოების პირობებში სათბურის აირების გაფრქვევების შემცირებისკენ ანუ კლიმატის ცვლილების შერბილებისკენ. ხშირ შემთხვევაში კლიმატგონივრული მეთოდები გავლენას ახდენს როგორც კლიმატის ცვლილებებთან შეგუებაზე, ისე მის შერბილებაზე.

<sup>38</sup> სასურსათო უსაფრთხოება - სასურსათო უსაფრთხოება არის ყველა ადამიანის ფიზიკური და ეკონომიკური ხელმისაწვდომობა აქტიური და ჯანმრთელი ცხოვრების შენარჩუნებისათვის საჭირო რაოდენობისა და კვებითი ღირებულების მქონე უვნებელ სურსათზე

## წყლის მართვა კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის პირობებში

წყალი გადამწყვეტ როლს ასრულებს საკვების წარმოებასა და ეკოსისტემების მართვაში, წყლის მართვა კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის სტრატეგიების მნიშვნელოვანი კომპონენტია. სოფლის მეურნეობისთვის წყლის მართვაში კლიმატის ცვლილების მიმართ მედეგობის და მისი შერბილების ვარიანტების განხორციელება მოითხოვს კლიმატის ცვლილების პოტენციური ზემოქმედების შეფასებას წყლის რესურსებზე და სოფლის მოსახლეობის დაუცველობაზე ამ ზემოქმედების მიმართ. მსოფლიო მასშტაბით მოხმარებული მტკნარი წყლის მთლიანი რაოდენობის, დაახლოებით, 70 % სოფლის მეურნეობის სექტორზე მოდის. არსებული მონაცემებით, კლიმატის ცვლილების გამო წყლის რაოდენობისა და ხარისხის ცვლილებები მოსალოდნელია, განსაკუთრებით მშრალ რეგიონებში. მტკნარი წყლის რესურსებზე მზარდი მოთხოვნილება განპირობებულია არამარტო კლიმატის ცვლილებით, არამედ სხვა ფაქტორებითაც, მათ შორის აღსანიშნავია მოსახლეობის რიცხოვნობის ზრდა, ეკონომიკური განვითარება, ცვლილებები მიწათსარგებლობაში და ურბანიზაცია.

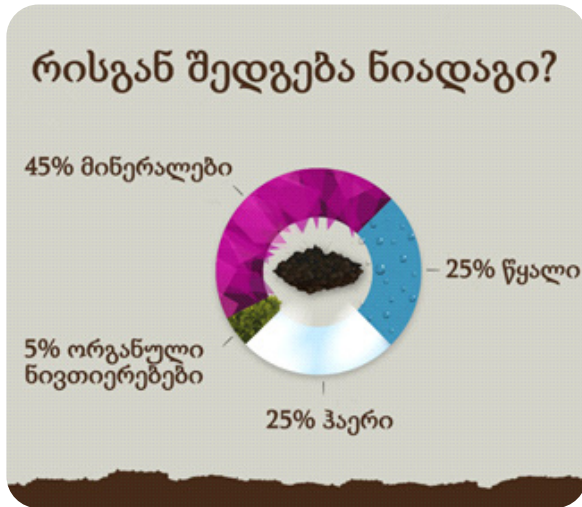
**მსოფლიოში მოხმარებული მტკნარი წყლის დაახლოებით 70 % სოფლის მეურნეობაში გამოიყენება**

მსოფლიოში ს/ს მიწების მხოლოდ 20 პროცენტი ირწყვება, სადაც ინტენსიური ს/ს წარმოება მიმდინარეობს. შესაბამისად, ამ ფართობებზე უფრო მეტ სინთეზურ სასუქსა და მცენარეთა ქიმიური დაცვის საშუალებებს იყენებენ, ვიდრე ურწყავ პირობებში. ამიტომაც, კლიმატგონივრული მიდგომების გამოყენებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სარწყავ პირობებში, რადგან გაუმჯობესებული პრაქტიკის მეშვეობით სათბურის აირების შემცირების შესაძლებლობები, ურწყავ მიწებთან შედარებით, გაცილებით მეტია.

**კლიმატის ცვლილებასთან შეგუების და მის მიმართ მედეგობის ზრდის მიზნით არსებული კლიმატგონივრული მიდგომებია:**

- ნიადაგის წყალდაკავების უნარის ამაღლება.
- ნიადაგიდან წყლის უსარგებლო დანაკარგის შემცირება.
- თესლბრუნვების შემოღება და ს/ს კულტურათა მრავალფეროვნების ზრდა.
- ს/ს წარმოების კალენდრის მისადაგება შეცვლილ კლიმატთან.
- წყალ და ენერგოდამზოგი რწყვის მეთოდებისა და ტექნოლოგიების გავრცელება.

# კლიმატის გავლენა ნიადაგზე



სურათი 2 ნიადაგის საშუალო შემადგენლობა

კლიმატი<sup>39</sup> წარმოდგენს ერთ-ერთ ნიადაგწარმოქმნელ ფაქტორს, შესაბამისად, მისი ნებისმიერი სახის ცვლილება გავლენას ახდენს ნიადაგზე.

ნიადაგი შედგება მინერალური, ორგანული, თხევადი, აიროვანი ნივთიერებებისგან.

კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგის ზოგიერთი მახასიათებელი, როგორცაა: ნიადაგის სტრუქტურა<sup>40</sup>, ტექსტურა, ორგანული ნივთიერებების შემცველობა, საკვები ნივთიერებები, ნიადაგში მცხოვრები ორგანიზმები, pH და კათიონური გაცვლის უნარი.

ზემოთხსენებული თვისებები საშუალებას აძლევს ნიადაგს შეასრულოს მისი ფუნქციები. მათ შორის, გლობალური დათბობისა და წყალზე მოთხოვნილების ზრდის ფონზე, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს მისი უნარი დააკავოს წყალი.



სურათი 3

<sup>39</sup> კლიმატი - იგივე ჰავა, ამინდის მრავალწლიური რეჟიმი რომელიმე მხარეში

<sup>40</sup> ნიადაგის სტრუქტურა - ეწოდება ნიადაგს სხვადასხვა ზომის, ფორმისა და შედგენილობის აგრეგატების ერთობლიობას

ნიადაგის სტრუქტურას ქმნის ნიადაგში არსებული სხვადასხვა ზომისა და ფორმის აგრეგატების<sup>41</sup> ერთობლიობა, რომელშიც ნიადაგის შემადგენელი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკები არის გაერთიანებული. სტრუქტურა განაპირობებს ნიადაგში ფორების არსებობას, მათ ზომასა და რაოდენობას, რაც უზრუნველყოფს ნიადაგში ჰაერისა და წყლის გადაადგილებას. ნიადაგის ფორიანობა დამოკიდებულია როგორც ნიადაგის სტრუქტურაზე, ასევე, ტექსტურაზე. ნიადაგის ფორების წყლით სრულად შევსება იწვევს ჰაერის გადაადგილების შეფერხებასა და ფესვთა სისტემის უუანგბადოდ დატოვებას, ხოლო წყლის ნაკლებობისას ფორების უმეტესობა ჰაერით ივსება და მცენარე იწყებს ჭკნობას.

ნიადაგის სხვადასხვა ტიპს და ტექსტურას<sup>42</sup> აქვს წყალგამტარობისა და წყალდაკავების განსხვავებული უნარი. ქვიშიანი ნიადაგები ადვილად ატარებს წყალს ქვიშის დიდი მარცვლებისა და მსხვილი ფორების სიმრავლის გამო. შესაბამისად, მათ აქვთ დაბალი წყლის შეკავების უნარი და მცირე რაოდენობით აგროვებენ ორგანულ ნივთიერებებსა და მცენარის საკვებ ელემენტებს, ვიდრე ნიადაგები, რომლებსაც აქვთ მტვრისა<sup>43</sup> და თიხის<sup>44</sup> მაღალი შემცველობა. გააჩნია დიდი ოდენობით წვრილი ფორები და უკეთ აკავებს წყალსა და საკვებ ნივთიერებებს.

ნიადაგში წყალი, ძირითადად, სამი სახით არსებობს: ჰიგროსკოპული<sup>45</sup>, კაპილარული<sup>46</sup> და გრავიტაციული<sup>47</sup>. მცენარე, უმეტესად, კაპილარულ წყალს იყენებს, რადგან ჰიგროსკოპული წყალი მიუწვდომელია მცენარისთვის ნიადაგის ნაწილაკების მიერ მისი ძლიერი შთანთქმის გამო, ხოლო გრავიტაციული წყალი სწრაფად გადაადგილდება ნიადაგის ღრმა ფენებში და მცენარეს მხოლოდ მისი მცირე ნაწილით სარგებლობა შეუძლია. ამასთან, მცენარის ზრდა-განვითარებისთვის საუკეთესოა, როდესაც ნიადაგში, დაახლოებით, თანაბრადაა გადანაწილებული წყალი და ჰაერი, კერძოდ, წვრილ ფორებში წყალია, ხოლო მსხვილ ფორებში ჰაერი.

<sup>41</sup> აგრეგატი - ნიადაგის შემადგენელი ნაწილაკების (თიხის, მტვრის, ქვიშის) დაკავშირებით (შეწებებით) მიღებული სხვადასხვა ზომის და ფორმის ერთეული მექანიკური ელემენტები. აგრეგატების წარმოქმნას ნიადაგში მნიშვნელოვნად განაპირობებს ორგანული ნივთიერებების (ჰუმუსის) შემცველობა

<sup>42</sup> ტექსტურა - ნიადაგის თვისება, რომელიც განპირობებულია მასში ქვიშის, მტვრის და თიხის ნაწილაკების შემცველობის თანაფარდობით

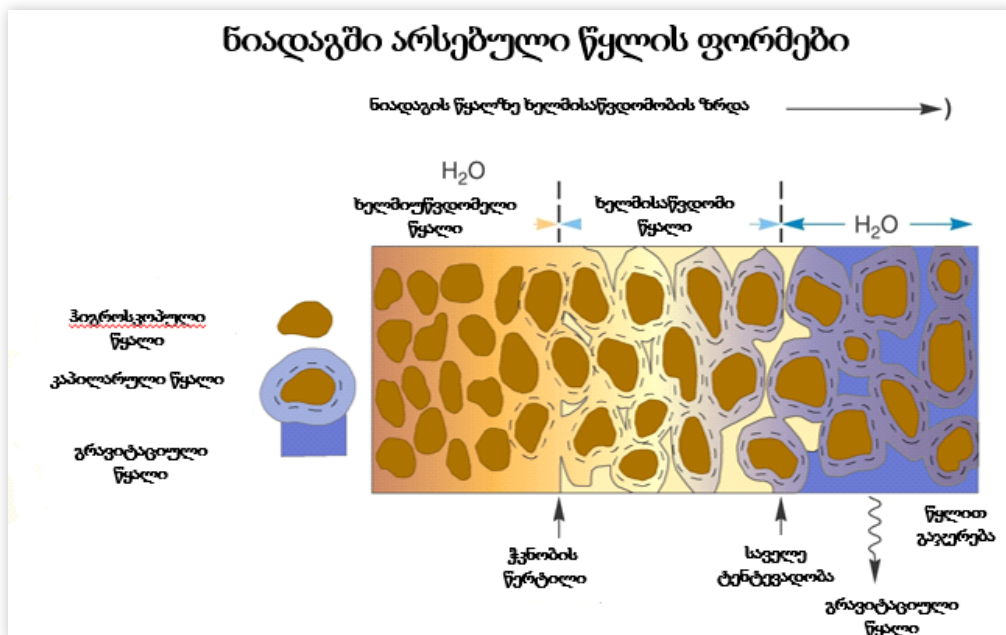
<sup>43</sup> მტვერი - 0.002-დან 0.2 მმ-მდე ზომის ნაწილაკები

<sup>44</sup> თიხა - 0.002 მმ-ზე ნაკლები ზომის ნაწილაკები

<sup>45</sup> ჰიგროსკოპული წყალი - ნიადაგის ნაწილაკებთან მჭიდროდ დაკავშირებული (შთანთქმული) წყალი, რომლის დაკარგვა არ ხდება ბუნებრივ პირობებში და ხელმიუწვდომელია მცენარისთვის

<sup>46</sup> კაპილარული წყალი - ნიადაგის მცირე ზომის ფორებში დაკავებული წყალი, რომელიც ხელმისაწვდომია მცენარისთვის

<sup>47</sup> გრავიტაციული წყალი - ნიადაგის მსხვილ ფორებში არსებული წყალი, რომელიც არ კავდება ნიადაგში და გადაადგილდება სიღრმეში გრავიტაციული ძალით



სურათი 4 წყლის ხელმისაწვდომობა ნიადაგში

სასოფლო-სამეურნეო სარგებლობაში მყოფ ნიადაგებზე კლიმატის ცვლილებამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს ნიადაგის სიჯანსაღეზე და გააუარესოს მცენარის ზრდა-განვითარებისთვის საჭირო პირობები.

გლობალურ დატობასთან ერთად, რომელიც კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია, ცალკეულ რეგიონებში თანმდევით მოსალოდნელი მოვლენაა წლიური ატმოსფერული ნალექების შემცირება და/ან თავსება წვიმების სახით მოსვლა, აორთქლებისა და ტრანსპირაციის<sup>48</sup> გაზრდა. აღნიშნული ცვლილებების შედეგებია:

- ჰაერის მომატებული ტემპერატურა აჩქარებს ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების დაშლას (მინერალიზაციას<sup>49</sup>), განსაკუთრებით ნიადაგის ზედაპირთან ახლოს, რაც ამცირებს ნიადაგში წყლის დაკავების, ნახშირბადის დაგროვების უნარებს და აქვეითებს ნიადაგის ნაყოფიერებას.
- შემცირებული ნალექიანობა ან მათი არათანაბარი განაწილება, გახშირებული და მკაცრი გვალვები ამცირებს ნიადაგის შესაძლებლობას შეუფერხებლად მიაწოდოს მცენარეს წყალი და საკვები ნივთიერებები;
- გვალვიან პერიოდში ხდება ნიადაგის ზედაპირის გამოშრობა, ქერქის წარმოქმნა და დასკდომა, რაც ზრდის ნიადაგიდან წყლის დანაკარგებს, აუარესებს მცენარის წყლით და საკვებით უზრუნველყოფას;
- უფრო ინტენსიური ნალექი და/ან ძლიერი ქარი ზრდის ნიადაგის წყლისმიერი<sup>50</sup> და/ან ქარისმიერი ეროზიის<sup>51</sup> განვითარების საფრთხეს, რაც იწვევს ნიადაგის მალაღნაყოფიერი ფენების დაკარგვას და მისი ნაყოფიერების დაქვეითებას.

<sup>48</sup> ტრანსპირაცია - მცენარეების მიერ (უმეტესად მისი ფოთლებით) წყლის ფიზიოლოგიური აორთქლება. ამ პროცესის მეშვეობით გადაადგილდება წყალი და მასში გახსნილი მინერალური ნივთიერებები ფესვებიდან ფოთლებისაკენ. ასრულებს თერმორეგულაციის ფუნქციას, იცავს რა მცენარეებს გადახურებისაგან.

<sup>49</sup> მინერალიზაცია - ორგანული ნივთიერებების დაშლა ქიმიურ ელემენტებად ან დაბალმოლეკულურ ნაერთებად (არასრული დაშლის შემთხვევაში), რასაც უმეტესად ახორციელებენ ბაქტერიები და უმდაბლესი სოკოები.

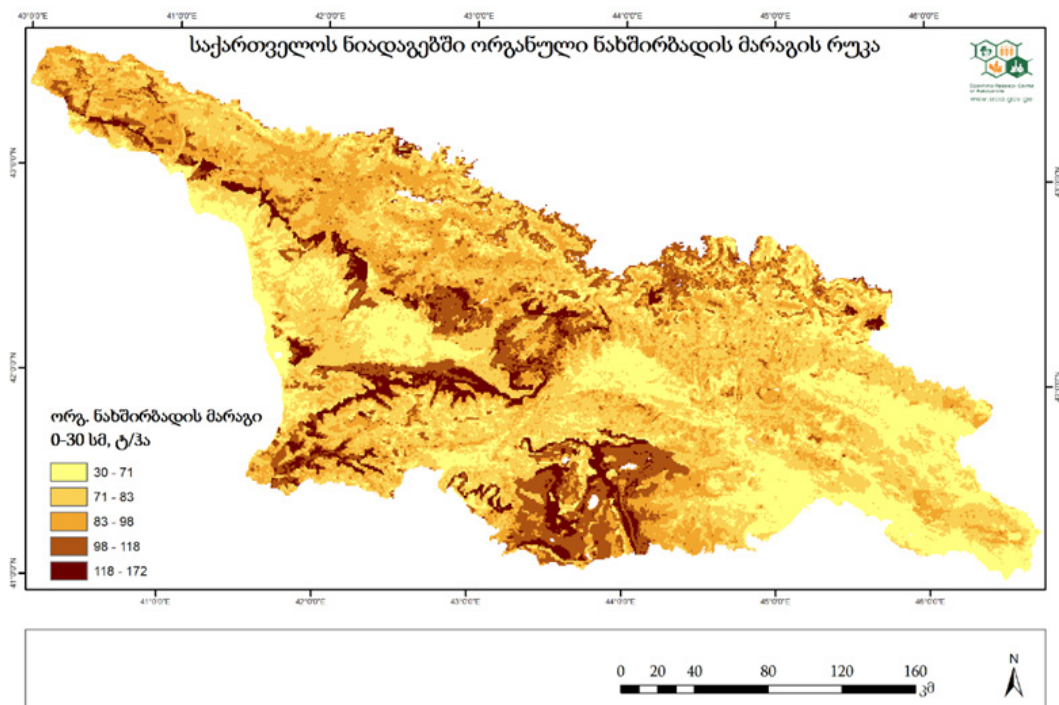
<sup>50</sup> წყლისმიერი ეროზია - ნიადაგის ზედა ფენის ჩამორეცხვა და/ან გადარეცხვა წყლის (წვიმის, თოვლის ნალბობი წყლის, ა.შ.) ზემოქმედებით

<sup>51</sup> ქარისმიერი ეროზია - ზედაპირიდან ნიადაგის ახვევა ან ატაცება და გადაადგილება ქარის ზემოქმედებით. ქარისმიერი ეროზიის საფრთხე წარმოქმნება 6 მ/წმ-ზე მაღალი ქარის სიჩქარის პირობებში, როდესაც ნიადაგის ზედაპირი გამომშრალი და გაშიშვლებულია

## ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების მართვა

ნიადაგს გააჩნია ორგანული ნახშირბადის (Cორგ) ყველაზე მნიშვნელოვანი მარაგი ხმელეთის ეკოსისტემაში, რაც განსაკუთრებით ზრდის ნიადაგის როლს კლიმატის ცვლილების შერბილებისკენ მიმართული ღონისძიებების წარმატებით განხორციელებაში.

საქართველოს ნიადაგებში Cორგ-ის მარაგის ციფრული რუკის (რუკა 1) მიხედვით Cორგ-ის საშუალო რაოდენობა ერთ ჰექტარ ფართობზე ნიადაგის 0-30 სმ-იან ფენაში შეადგენს 84 ტ/ჰა-ს, ხოლო რეგიონების მიხედვით ყველაზე მაღალი მაჩვენებლით იმერეთის რეგიონი გამოირჩევა - 93 ტ/ჰა (სურათი 3), რომელსაც მცირედით ჩამორჩება სამცხე-ჯავახეთის (92 ტ/ჰა) და აჭარის (91 ტ/ჰა) რეგიონები. ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი ქ. თბილისის ტერიტორიაზეა - 68 ტ/ჰა.



რუკა 1

ნიადაგში Cორგ-ის მარაგის შენარჩუნებასა და ამაღლებაზე ბუნებრივ ფაქტორებთან ერთად გავლენას ახდენს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების პირობებში ფერმერის მიერ გამოყენებული ნიადაგის მართვის პრაქტიკა, რომელსაც განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს კლიმატის ცვლილების პირობებში.

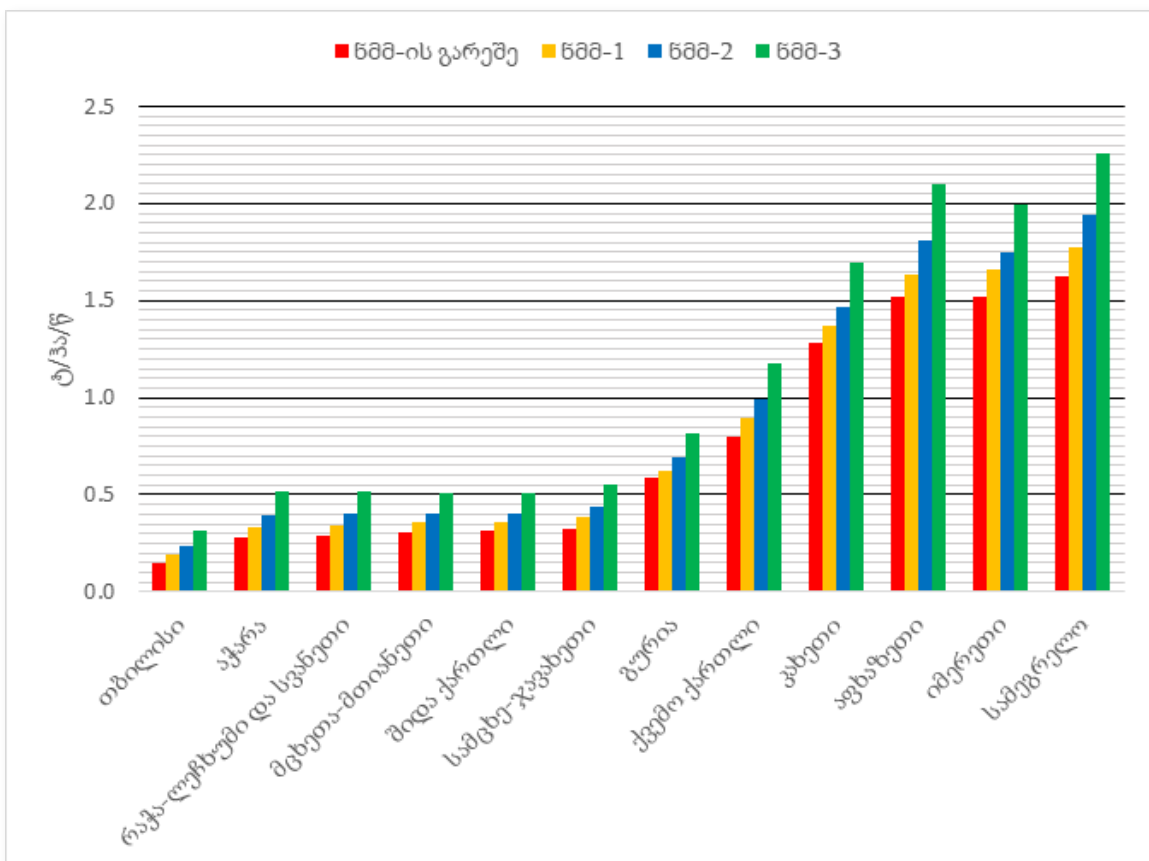
საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრის ნიადაგის ნაყოფიერების კვლევის სამსახურის მიერ შექმნილია საქართველოს ნიადაგებში ორგანული დაგროვების პოტენციალის შეფასების რუკები<sup>52</sup>. მათზე ასახულია ქვეყნის მასშტაბით ნიადაგში ნახშირბადის დაგროვების შესაძლებლობები 2020-2040 წლების პერიოდისთვის ნიადაგის მართვის გაუმჯობესების პირობებში (რუკა 1) და მის გარეშე, (რუკა 3) ანუ უცვლელად შენარჩუნების შემთხვევაში. ორგანული დაგროვების შედარებით მაღალი პოტენციალი აქვს დასავლეთ საქართველოს ნიადაგებს, განსაკუთრებით სამეგრელოს, აფხაზეთისა და იმერეთის რეგიონებს (გრაფიკი 7). აღმოსავლეთ საქართველოში ორგანული დაგროვება ყველაზე მეტად კახეთისა და ქვემო ქართლის რეგიონებშია შესაძლებელი. შედეგების მიხედვით, ნიადაგის მდგრადი მართვის პირველი სცენარის („ნმმ-1“) პირობებში (გრაფიკი 7), რომელიც ნიადაგის მინიმალურ გაუმჯობესებას და ნიადაგში შეტანილი ორგანული სასუქების ჯამური რაოდენობის 5%-ით გაზრდას გულისხმობს, ქვეყნის მასშტაბით, 1 ჰა ფართობზე ნიადაგის 0-30 სმ-იანი ფენაში ყოველწლიურად შესაძლებელია, საშუალოდ, 0.1 ტ ორგანული დაგროვება, რაც ჯამურად ს/ს დანიშნულების მიწებზე გადათვლით (დაახლოებით 3 მლნ ჰა<sup>53</sup>), 0.3 მლნ ტონა ორგანულ ნახშირბადს შეესაბამება და ექვივალენტურია 1.1 მლნ ტ CO<sub>2</sub>-ის (0.3 ორგ. C\*3.67≈1.1 მლნ ტ CO<sub>2</sub>), რომლის შებოჭვა (სეკვესტრი) მოხდება ატმოსფეროდან<sup>54</sup>. აღნიშნული ღონისძიებით შესაძლებელია ს/ს საქმიანობის პირობებში ნიადაგიდან გაფრქვეული აირების (1.603 მლნ ტ CO<sub>2</sub> ექვ.) 69%-ის კომპენსაცია.

**საქართველოს ს/ს სარგებლობის ნიადაგებში ყოველწლიურად 1.1 მლნ ტ CO<sub>2</sub>-ის ექვივალენტური რაოდენობის ნახშირბადის დაგროვებაა შესაძლებელი**

<sup>52</sup>FAO GloSIS

<sup>53</sup>საქართველოს ბუნებრივი რესურსები და გარემოს დაცვა, 2021. სტატისტიკური პუბლიკაცია, თბილისი, 2022;

<sup>54</sup>ლამბაშიძე, გ.; კენჭიაშვილი, ნ.; გვენცაძე, გ.; თარხნიშვილი, მ.; ბერუაშვილი, გ.; ცეცხლაძე, თ. საქართველოს ნიადაგებში ორგანული ნახშირბადის დაგროვების პოტენციალი. ნიადაგების მსოფლიო დღისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის შრომათა კრებული. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, გამომცემლობა „აგრო“, თბილისი, 2022

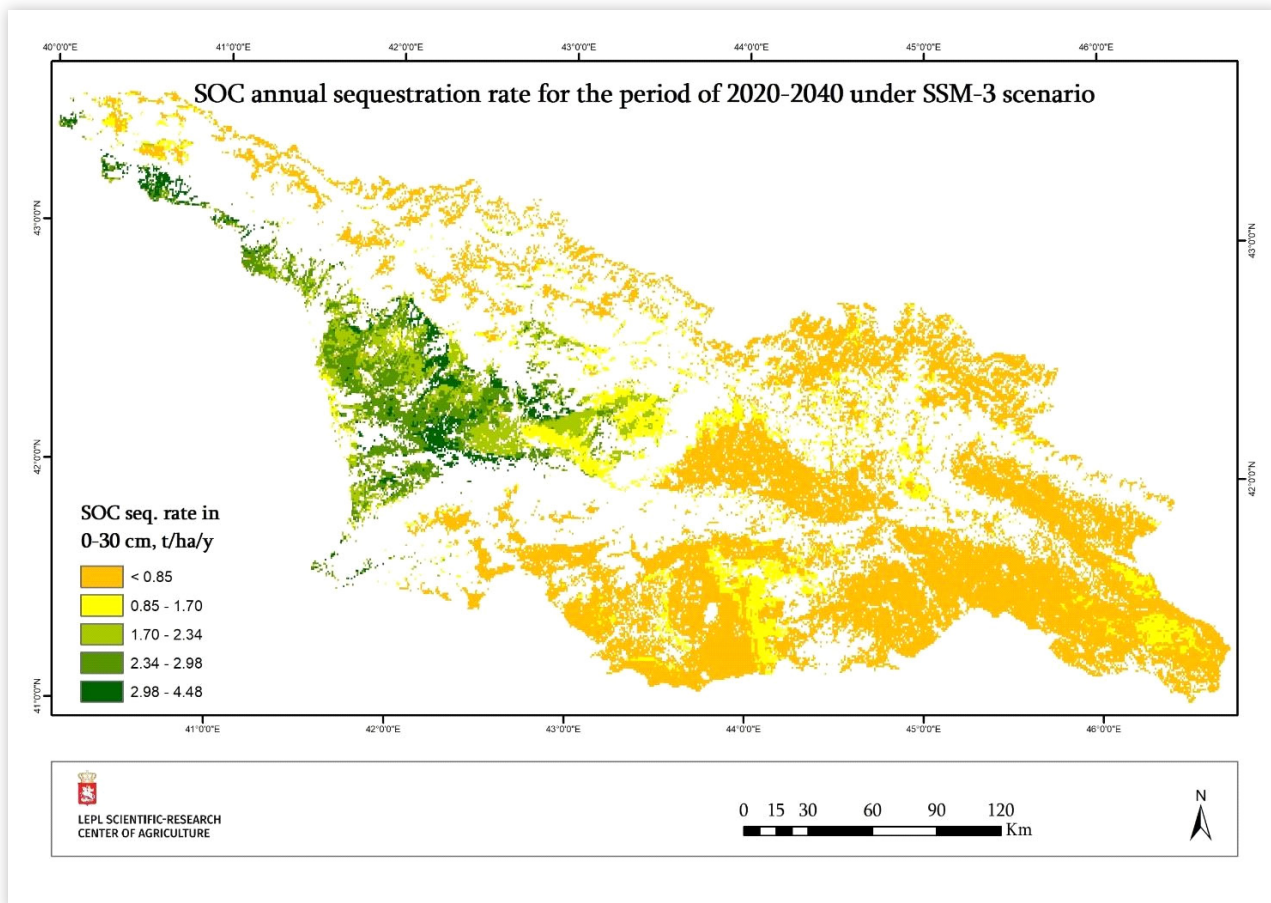


გრაფიკი 7 ნიადაგში C-ის დაგროვების წლიური მაჩვენებელი 2020-2040 წლებისთვის 4 შესაძლო სცენარის მიხედვით: 1) „ნმმ-ის გარეშე“ - ნიადაგის მდგრადი მართვის გარეშე; 2) „ნმმ-1“ - ნიადაგის მდგრადი მართვის პირობებში ორგანული სასუქების გამოყენების 5 %-ით გაზრდით; 3) „ნმმ-2“ - ნიადაგის მდგრადი მართვის პირობებში ორგანული სასუქების გამოყენების 10 %-ით გაზრდით; 4) „ნმმ-3“ - ნიადაგის მდგრადი მართვის პირობებში ორგანული სასუქების გამოყენების 20 %-ით გაზრდით.

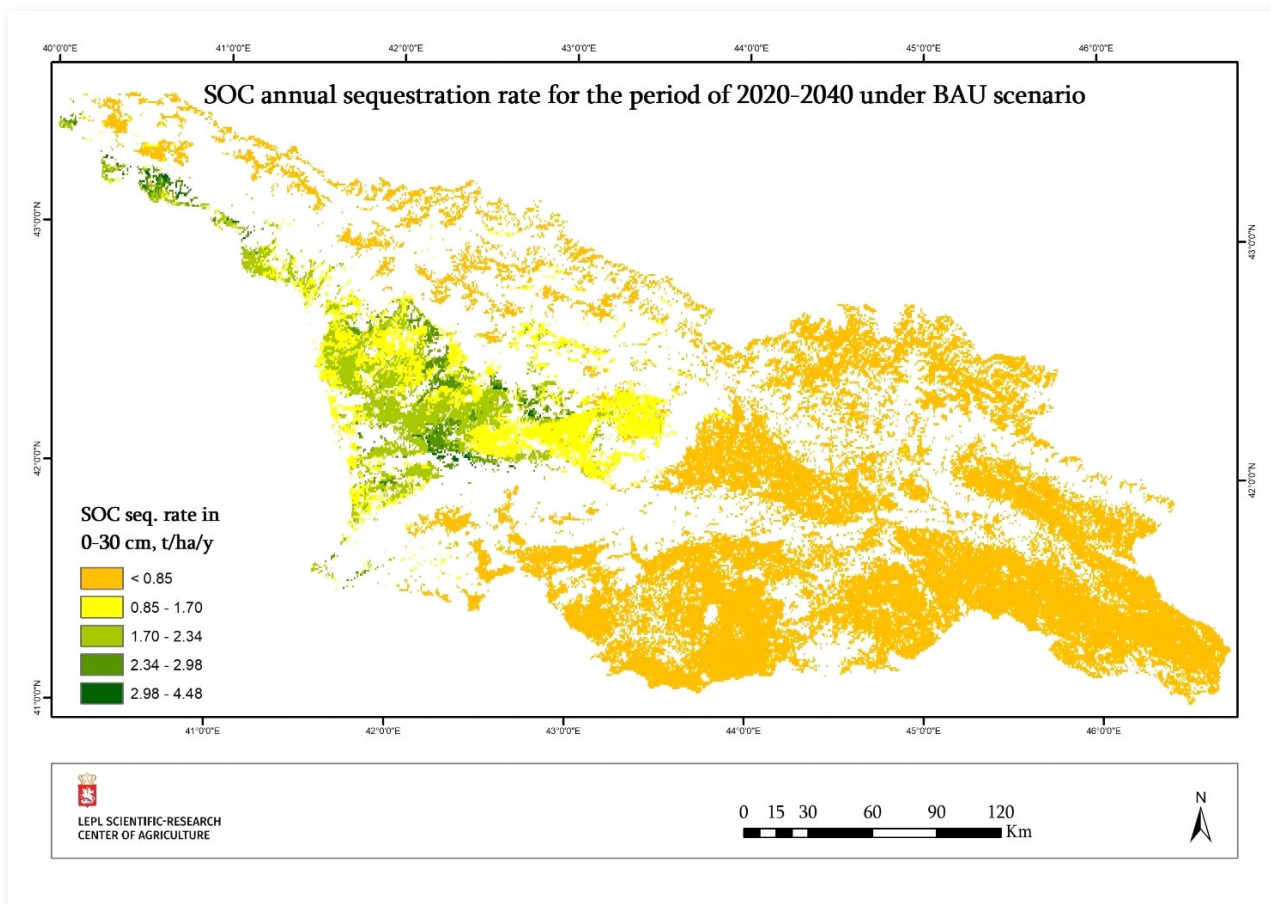
ნიადაგის ორგანული ნივთიერებები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნიადაგის ნაყოფიერებისა და ხარისხის ამაღლებაში ქიმიური, ფიზიკური და ბიოლოგიური მახასიათებლების გაუმჯობესებით:

- ◆ ქიმიური: ნიადაგის ორგანული ნივთიერებები მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ნიადაგის უნარს შეინახოს და მიაწოდოს აუცილებელი საკვები ნივთიერებები (როგორებიცაა: აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი, კალციუმი და მაგნიუმი) მცენარეს და შეზღუდოს წვდომა ტოქსიკურ ელემენტებზე. იგი ეხმარება ნიადაგს შეინარჩუნოს სტაბილური pH მაჩვენებელი.
- ◆ ფიზიკური: ნიადაგის ორგანული ნივთიერებები აუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას. ეს კი ხელს უწყობს ნიადაგის ეროზიის კონტროლს და აუმჯობესებს წყლის ინფილტრაციის<sup>55</sup> და წყალდაკავების შესაძლებლობებს, რითაც ქმნის უკეთეს საცხოვრებელ გარემოს მცენარისა და ნიადაგში მცხოვრები ორგანიზმებისათვის.
- ◆ ბიოლოგიური: ნიადაგის ორგანული ნივთიერებები არის ნახშირბადის ძირითადი წყარო, რომელიც აძლევს ენერჯიასა და საკვებ ნივთიერებებს ნიადაგში მცხოვრებ ორგანიზმებს. იგი ხელს უწყობს ნიადაგის ფუნქციონირებას, რადგან აუმჯობესებს მიკროორგანიზმების აქტივობას ნიადაგში და შეუძლია აამაღლოს ბიომრავალფეროვნება. ნახშირბადის შებოჭვა ნიადაგში, ასევე, ამცირებს CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფას ატმოსფეროში, რითაც ამცირებს კლიმატის ცვლილებაზე უარყოფით ზემოქმედებას.

<sup>55</sup> ინფილტრაცია - წყლის ჩაჟონვა (გადაადგილება) ნიადაგში ზედაპირიდან სიღრმისკენ



რუკა 2



რუკა 3

## ნიადაგის წყალდაკავების უნარის გაუმჯობესება

ნიადაგში წყლის დაკავება დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, მათ შორის მოსულ ნალექებზე, ნიადაგის სიღრმეზე, ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების შემცველობაზე, ნიადაგის ტექსტურასა და სტრუქტურაზე.

ნიადაგის ზოგიერთი თვისება, როგორცაა ნიადაგის ტექსტურა (მექანიკური შედგენილობა), არ შეიძლება შეიცვალოს. (ნიადაგის ტექსტურა არის სხვადასხვა ზომის მინერალური ნაწილაკების (ქვიშა, მტვერი და თიხა) ფარდობითი წილი. იგი გავლენას ახდენს ნიადაგის წყალდაკავების და საკვები ნივთიერებების დაგროვებისა და გაცვლის უნარზე). სხვა თვისებები როგორცაა ორგანული ნივთიერებების შემცველობა და სტრუქტურა შეიძლება შეიცვალოს და გაუმჯობესდეს.

ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების, რომლის შემადგენლობაშიც საშუალოდ 58 % ორგანული ნახშირბადაა, შემცველობის გაზრდა შესაძლებელია ნიადაგში ორგანული სასუქების შეტანით, რაც გაზრდის ნიადაგის წყალდაკავების უნარს და გაუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას.

ნიადაგში Cორგ-ის სტაბილურ, ჰუმუსის სახით არსებულ, ფორმებს, შეუძლიათ ნიადაგში მცენარისთვის ხელმისაწვდომი წყლის მარაგი საკუთარ წონაზე 1.5-1.7-ჯერ მეტით გაზარდონ. ცხრილი 3-ში მოცემული მაგალითის მიხედვით ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობის ყოველი 1%-ით ზრდა ნიადაგში მცენარისთვის ხელმისაწვდომ წყლის მარაგს 5,4 ლიტრით ზრდის 1 მ<sup>2</sup> ფართობზე ზედა 0-30 სმ-იან ფენაში. ერთ ჰექტარზე გადანგარიშებით, დამატებით დაგროვილი წყლის მოცულობა 54 000 ლიტრს უტოლდება. წყლის ამ რაოდენობას შეუძლია ზაფხულის პერიოდში დამატებით, ერთი დღით, მოამარაგოს ს/ს კულტურები (1 ჰა-ზე) საჭირო რაოდენობის წყლით. ამასთან, ნიადაგში დამატებით დაგროვილი ჰუმუსის სახით თითოეულ ჰექტარზე ატმოსფეროდან შებოჭოს დაახლოებით 77 ტ ნახშირორჟანგი, რაც შეამცირებს მის გავლენას გლობალურ დათბობაზე და შეარბილებს კლიმატის ცვლილებას.

ნიადაგის ჰუმუსის ზრდა	დამატებული ჰუმუსი	მცენარისთვის ხელმისაწვდომი წყლის ნამატი		დამატებული ჰუმუსი	ნიადაგში დაგროვილი ჰუმუსის ექვივალენტი CO <sub>2</sub>
%	კგ/მ <sup>2</sup>	ლიტრი/მ <sup>2</sup>	ლიტრი/ჰა	ტ/ჰა	ტ/ჰა
1	3.6	5.4	54000	36	77
2	7.2	10.8	108000	72	153
3	10.8	16.2	162000	108	230
4	14.4	21.6	216000	144	307

ცხრილი 3 ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობის (%) ზრდის გავლენა მცენარისთვის ხელმისაწვდომი წყლის მარაგის მატებაზე 0-30 სმ-იან ფენაში საშუალო სიმკვრივის ნიადაგის (1.2 გ/სმ<sup>3</sup>) პირობებში<sup>56</sup>

<sup>55</sup> Libohova, Z.; Seybold, C.; Wysocki, D.; Wills, S.; Schoeneberger, P.; Williams, C.; Lindbo, D.; Stott, D.; Owens, P. R. Reevaluating the Effects of Soil Organic Matter and Other Properties on Available Water-Holding Capacity Using the National Cooperative Soil Survey Characterization Database. *Journal of Soil and Water Conservation* 2018, 73 (4), 411–421. <https://doi.org/10.2489/jswc.73.4.411>.

## პრაქტიკული სამუშაო

### ნიადაგში ნახშირბადი დაგროვების პოტენციალის და წყალდაკავების უნარის შეფასება

1. საცხოვრებელი ადგილის ან ს/ს დანიშნულების მიწის ნაკვეთის მდებარეობის და გრაფიკი 7-ზე მოცემული მაჩვენებლების მიხედვით შეაფასეთ:
2. დაახლოებით რა რაოდენობის ნახშირორჟანგის ექვივალენტი ორგანული ნახშირბადის დაგროვება შესაძლებელია ნიადაგის 0-30 სმ-იან ფენაში 1 ჰა ფართობზე ნიადაგის მდგრადი მართვის პირობებში ორგანული სასუქების გამოყენების 20 %-ით გაზრდით.
3. აღნიშნული გაუმჯობესების შედეგად დამატებით რა რაოდენობის წყლის დაკავება იქნება შესაძლებელი ნიადაგის 0-30 სმ-იან ფენაში 1 ჰა ფართობზე.

### ნიადაგის მინიმალური დამუშავება

დღეისათვის გავრცელებული პრაქტიკა გულისხმობს ნიადაგის ხვნას (საშუალოდ 20-30 სმ სიღრმეზე) ბელტის გადაბრუნებით, რომელსაც თან სდევს დამატებით ერთ ან რამდენიმე ოპერაცია, რომელიც მიმართულია ნიადაგის თესვისთვის მოსამზადებლად. იგი ეფექტური საშუალებაა სარეველების შესამცირებლად, თუმცა, უარყოფითად მოქმედებს ნიადაგის მიკროორგანიზმებზე, არღვევს ბუნებრივ წყალს და ჰაერგამტარ არხებს, რომლებიც შექმნილია ნიადაგში მცხოვრები ცხოველური ორგანიზმების (მაგ: ჭიაყელების) მიერ, აჩქარებს ორგანული ნივთიერებების დაშლას და გამოყოფს ნახშირორჟანგს ( $CO_2$ -ს). მას შეუძლია წარმოქმნას გამკვრივებული ფენა, რომელიც აფერხებს მცენარის ფესვების ზრდას და წვიმის წყლის გადაადგილებას ნიადაგის ღრმა ფენებში, რაც შეიძლება გახდეს ნიადაგის დატბორვის და მასში ანაერობული პროცესების დაწყების მიზეზი, რომლის დროსაც ატმოსფეროში გამოიყოფა მეთანი ( $CH_4$ ). კვლევების თანახმად, 15-20 სმ სიღრმეზე ნიადაგის დამუშავების შედეგად სიმინდის წარმოების პირობებში საშუალოდ 29 ტონა  $CO_2/წ$  გამოიყოფა ატმოსფეროში, ხოლო საშემოდგომო ხორბლის წარმოებისას - დაახლოებით 8 ტონა  $CO_2/წ$ <sup>57</sup>.

### ნიადაგის ნულოვანი დამუშავება

ნიადაგის ნულოვანი დამუშავება არის ნიადაგის მინიმალური დამუშავების ერთ-ერთი პრაქტიკა, რომლის დროსაც ნიადაგის მექანიკური დამუშავება არ ხდება და ს/ს კულტურები ითესება პირდაპირ დაუმუშავებელ ნიადაგში. სარეველების კონტროლი მიიღწევა ჰერბიციდების გამოყენებით და/ან მულჩირებით. ს/ს კულტურათა ნარჩენები რჩება ზედაპირზე ეროზიისგან ნიადაგის დასაცავად.

<sup>57</sup>Li, Z.; Zhang, Q.; Li, Z.; Qiao, Y.; Du, K.; Yue, Z.; Tian, C.; Leng, P.; Cheng, H.; Chen, G.; Li, F. Responses of Soil  $CO_2$  Emissions to Tillage Practices in a Wheat Maize Cropping System: A 4-Year Field Study. *Field Crops Research* 2023, 294, 108832–108832. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108832>.

## ნიადაგის მინიმალური დამუშავება

ნიადაგის მინიმალური დამუშავების სისტემა გულისხმობს ნიადაგის დამუშავების მეთოდებს, ჩვეულებრივ, არაუმეტეს 15 სმ სიღრმემდე. იგი ნიადაგის დამუშავებისთვის იყენებს სხვადასხვა, შედარებით მსუბუქ მეთოდს და გამორიცხავს ხვნას, რომლითაც ამცირებს ნიადაგზე უარყოფით ზემოქმედებასა და საწვავის დანახარჯებს. ნიადაგის ნულოვანი დამუშავებასთან შედარებით, უკეთ ამზადებს ნიადაგს დასათესად და უპირატესობას ფლობს სარეველების კონტროლის მხრივ.

### ნიადაგის ნულოვანი და მინიმალური დამუშავების უპირატესობები:

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
ამცირებს ნიადაგის ეროზიას	✓	✓
ხელს უწყობს ნიადაგის ზედა ფენაში ორგანული ნახშირბადის დაგროვებას	✓	✓
ამცირებს წყლის დანაკარგებს და ამაღლებს ნიადაგის წყალდაკავების უნარს	✓	
აღადგენს ნიადაგის სტრუქტურას	✓	
აუმჯობესებს ს/ს კულტურათა მოსავლიანობას	✓	
აუმჯობესებს ნიადაგში მცხოვრები ორგანიზმების საცხოვრებელ გარემოს	✓	
ამცირებს ნიადაგის დამუშავებაზე გაწეულ დანახარჯებს, მათ შორის საწვავის ხარჯს		✓
ამცირებს სათბურის აირების გაფრქვევას		✓

ცხრილი 4

### ნიადაგის ნულოვანი დამუშავების ნაკლოვანებები

- ზრდის ჰერბიციდების გამოყენების საჭიროებას.
- საჭიროებს სპეციალურ ს/ს მანქანებს.
- შესაძლოა, ხელი შეუწყოს ს/ს კულტურათა დაავადებების გავრცელებას.
- ნაკლებად მისაღებია თიხის მაღალი შემცველი ნიადაგებისთვის.
- გამოუსადეგარია ჭარბტენიანი ნიადაგებისთვის.
- გამოუსადეგარია ნიადაგებისთვის ცუდი წყალგამტარობით.
- ნაკლებად მისაღებია ქერქის წარმოქმნისა და დასკდომისკენ მიდრეკილი ნიადაგებისთვის.
- საწყის ეტაპზე შეიძლება, გამოიწვიოს მოსავლიანობის შემცირება, რომელიც აღდგება 3 წლის შემდეგ.

## ნიადაგის მინიმალური დამუშავების ნაკლოვანებები

- ნაკლებად მისაღებია ჭარბტენიანი ნიადაგებისთვის.
- ნაკლებად მისაღებია ნიადაგებისთვის ცუდი წყალგამტარობით.

## პრაქტიკული სამუშაო

- საკარმიდამო ნაკვეთში ან სკოლის ეზოში მოძებნეთ ორ განსხვავებულ პირობებში მყოფი ნიადაგი. ერთი, რომელიც მუდმივად მუშავდება (იხვნება ან იბარება) და მეორე, რომელიც ხელუხლებელია და მასზე ბუნებრივი მცენარეულობაა (დაფარული ბალახებით) ან ხის ფოთლებითაა დაფარული (მაგ: ქარსაფრის, გამწვანების ზოლის ქვეშ). აიღეთ ბარი ან საბაღე ნიჩაბი და ამოჭერით 20 სმ x 20 სმ სიგრძე-სიგანის და 10-15 სმ სიღრმის ორმო. ამოღებული ნიადაგი ცალკე დაყარეთ მუყაოს ნაჭერზე. შეადარეთ აღებული ნიადაგის ნიმუშები შეფერილობის, ტენიანობის, მცენარეთა ფესვების რაოდენობის, ჭიაყელების ან სხვა ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის მიხედვით. თქვენი აზრით, რა განაპირობებს არსებულ სხვაობებს და რა როლს შეიძლება ასრულებდნენ კლიმატის ცვლილებებთან შეგუებისა და მისი შერბილების კუთხით (დავალება შესაძლებელია შესრულდეს როგორც ინდივიდუალურად, ისე ჯგუფებად).

## ნიადაგის მულჩირება

ნიადაგში ტენის შენარჩუნების მნიშვნელოვანი ღონისძიებაა მულჩირება. მულჩირების გამოყენება ეფექტურია მრავალწლიანი კულტურების ქვეშ, ასევე, ბოსტნეული კულტურების წარმოებისას. მულჩირებისას უპირატესობა მიენიჭება თივის ან ნამჯისგან დამზადებულ მულჩს, რომლისთვისაც საჭირო მასალა უფრო ხელმისაწვდომია ადგილზე. მულჩირებისთვის გამოყენებული თივა არ უნდა შეიცავდეს სარეველა მცენარეების თესლს, რაც მიიღწევა ბალახის ყვავილობის პერიოდში გათიბვით. მულჩირება უნდა გაკეთდეს მრავალწლიანი კულტურების ქვეშ გაზაფხულზე სარეველების აღმოცენებამდე, ხოლო ბოსტნეული კულტურების შემთხვევაში ჩითილების გადარგვის ან აღმონაცენის სათანადო სიმაღლის მიღწევის შემდეგ. ნიადაგის ეროზიისგან დაცვის მიზნით მულჩირება, მოზამთრე კულტურებში, შეიძლება შემოდგომითაც მოსავლის აღების შემდეგ (მაგ: საშემოდგომო ხორბალი ან საფარი კულტურები). ამ დროს ჩვეულებრივ გამოიყენება ს/ს კულტურათა ნარჩენები, რომლითაც იფარება ნიადაგის ზედაპირი.

**მცენარეული წარმოშობის მასალით ნიადაგის მულჩირების უპირატესობები:**

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
ამცირებს სარეველების ზრდასა და ჰერბიციდების გამოყენების საჭიროებას	✓	
ამცირებს ტენის დანაკარგს	✓	
იცავს ნიადაგს მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებისაგან და ამცირებს ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციას	✓	✓
ამცირებს ნიადაგის წყლისმიერ და ქარისმიერ ეროზიას	✓	✓
ხელს უწყობს ნიადაგში ორგანული ნახშირბადის დაგროვებას ორგანული ნარჩენების დაშლის გზით	✓	✓
ხელს უშლის ნიადაგის ზედაპირზე ქერქის წარმოქმნასა და ზედაპირული ჩამონადენის შემცირებას	✓	✓
აუმჯობესებს ნიადაგში წყლის ინფილტრაციას	✓	
ქმნის უკეთეს პირობებს ფესვთა სისტემის განვითარებისათვის	✓	

ცხრილი 5

**მცენარეული წარმოშობის მასალით ნიადაგის მულჩირების ნაკლოვანებები:**

- ნაკლებად მისაღებია ჭარბტენიანი ნიადაგებისთვის.
- არასასურველია ჭარბტენიან რეგიონებში.
- ამცირებს ნიადაგის ტემპერატურას გაზაფხულზე.
- შესაძლოა ხელი შეუწყოს სოკოვანი დაავადებების გავრცელებას.
- ქმნის თავშესაფარს ზოგიერთი მავნებლისთვის.

## პრაქტიკული სამუშაო

### ნიადაგის მულჩირება

- ◆ საკარმიდამო ნაკვეთში ან სკოლის ეზოში შეარჩიეთ 1 მ<sup>2</sup> ფართობი, რომელზეც შესაძლებელია მულჩის მოწყობა. უმჯობესია შეირჩეს ისეთი ნაკვეთი, რომელიც პერიოდულად მულჩდება (იხვნება ან იხარება) და ვაკე მდებარეობა გააჩნია. დავალების შესრულება უმჯობესია ბოსტნეული კულტურებით დაკავებულ ფართობზე, თუმცა მისი არქონის შემთხვევაში შესაძლებელია გამოიყენოთ მრავალწლოვანი კულტურებით (მაგ: ხეხილის ბალი ან ვენახი) ან დეკორატიული მცენარეებით დაკავებული ნაკვეთიც.
- ◆ თუ დასამულჩად შერჩეული ფართობი ძლიერ დასარეველიანებულია, გაასუფთავეთ იგი ს/ს იარაღების გამოყენებით. შეაგროვეთ სამულჩე მასალა, რომელიც ყველაზე უფრო ხელმისაწვდომია ადგილზე. მულჩისთვის შეიძლება გამოიყენოთ თივა (თესლისგან თავისუფალი), ნამჯა, ჩალა, ხის ნაფოტი. მოაწყვეთ 5-10 სმ სისქის მულჩის ფენა შერჩეულ ფართობზე. მულჩის სისქე დამოკიდებულია სამულჩედ გამოყენებულ მასალასა და კლიმატურ პირობებზე. რაც უფრო მშრალ პირობებში მდებარეობს ნაკვეთი, მით უფრო სქელია მულჩის ფენა, ხოლო ტენით შედარებით უზრუნველყოფილ და/ან გრილ რეგიონებში - შედარებით თხელი. ასევე, რაც უფრო მცირე ზომისა სამულჩე მასალა (მაგ: თივა), მით უფრო თხელია მულჩი, ხოლო რაც უფრო მსხვილია მასალა, უფრო სქელია მულჩი (მაგ: ჩალა). ჩვეულებრივ, მულჩი ეწყობა გაზაფხულზე სარეველების აღმოცენებამდე ან შემოდგომით, ს/ს კულტურების მოსავლის აღების შემდეგ, ზამთარში ნიადაგის დაცვის მიზნით. თუ ნიადაგი მშრალია, მორწყეთ 10-20 ლ წყლით, ამდენივე წყალი დაასხით მის მეზობლად იმავე ზომის ფართობს, მულჩის ეფექტის უკეთ დასანახად. 7-10 დღის შემდეგ შეამოწმეთ მულჩის ეფექტი ნიადაგსა და მცენარეზე. დააკვირდით, რა სხვაობას ამჩნევთ ნიადაგის ზედაპირს და/ან მცენარეს. ჩაიწერეთ დაკვირვების შედეგები და შეეცადეთ, ახსნათ მიზეზი.
- ◆ დავალება უმჯობესია, შესრულდეს ჯგუფებად.

### საფარი კულტურების გამოყენება

მულჩთან ერთად მრავალწლიანი კულტურების რიგთაშორისებში შესაძლებელია ე.წ. ცოცხალი მულჩის გამოყენება, რაც მიიღწევა საფარი კულტურების თესვით. საფარი კულტურების ნათესი შეიძლება მოეწყოს მხოლოდ პარკოსნებისგან ან მათთან მარცვლოვანი ბალახების კომბინირებით. საფარი კულტურები ტენის შენარჩუნებასთან ერთად აჯანსაღებს ნიადაგს, აუმჯობესებს მის სტრუქტურას, ხოლო მათში პარკოსნების (ცერცველა, ცულისპირა, სამყურა და სხვა.) არსებობა უზრუნველყოფს ნიადაგში ბიოლოგიური აზოტის დაგროვებას, რაც აუმჯობესებს ძირითადი კულტურის აზოტით კვებას.

სახნავ ფართობებზე საფარი კულტურის გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა აქვს საგაზაფხულო კულტურების შემთხვევაში, როდესაც შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში და ადრე გაზაფხულზე ნიადაგი მცენარეულობის გარეშე რჩება. საფარ კულტურებს შეუძლია, დაიცვას ნიადაგი ამ პერიოდში ეროზიული მოვლენებისგან, შეინარჩუნოს მასში ტენიანობა, შეზღუდოს სარეველების განვითარება, მოახდინოს ბიოლოგიური აზოტის ფიქსაცია და, ამასთან, იძლევა მნიშვნელოვანი რაოდენობის მწვანე მასას, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია როგორც მწვანე სასუქად, ისე ცხოველთა მწვანე საკვებად, ასევე, მულჩისა და მაღალი კვებითი ღირებულების თივის დასამზადებლად.

## საფარი კულტურების გამოყენების უპირატესობები

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
პარკოსნების ჩართვისას, ნიადაგს ამდიდრებს აზოტით სიმბიოზური აზოტფიქსატორი ბაქტერიების დახმარებით		✓
საფარ კულტურებს გააჩნია ცხოველთა საკვები ღირებულება	✓	
საფარი კულტურების შერეულ ნათესებს (პარკოსნები და მარცვლოვნები ერთად) ახასიათებს გვალვამძლეობა და მაღალი პროდუქტიულობა	✓	
იცავს ნიადაგს ეროზიისგან	✓	✓
ინარჩუნებს ტენს ნიადაგში	✓	

ცხრილი 6

## საფარი კულტურების გამოყენების ნაკლოვანებები

- დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან.

## თესლბრუნვა და ს/ს კულტურათა მრავალფეროვნების ზრდა

ნიადაგის ნაყოფიერების მართვასა და კლიმატის ცვლილებების განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება თესლბრუნვებს, რაც გულისხმობს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მეცნიერულად დასაბუთებულ მორიგეობას დროსა და სივრცეში.

### თესლბრუნვის ძირითადი ამოცანებია:

- ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდება და კვების ელემენტების რაციონალური გამოყენება.
- მოსავლის გაზრდა და მემცენარეობის პროდუქციის ხარისხის ამაღლება.
- ს/ს ფართობების დასარეგლიანებისა და მცენარეების მავნებლებითა და დაავადებებით დაზიანების შემცირება.
- ქარისმიერი და წყლისმიერი ეროზიისაგან უარყოფითი გავლენის თავიდან აცილება.

თესლბრუნვასთან ერთად მნიშვნელოვანია ს/ს კულტურათა სახეობრივი და ჯიშობრივი მრავალფეროვნების ზრდა. კერძოდ, გვალვამდამდე სახეობებისა და ჯიშების შერჩევა და ჩართვა თესლბრუნვებში, განსაკუთრებით, მათი გავრცელების ხელშეწყობა მშრალ რეგიონებში.

**თესლბრუნვისა და ს/ს კულტურათა მრავალფეროვნების ზრდის უპირატესობები:**

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
მაგნებლებისა და დაავადებების შემცირება	✓	
სარეველების შემცირება	✓	
ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესება	✓	
ნიადაგის ეროზიის შემცირება	✓	✓
ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლება	✓	✓
ხელს უწყობს მოსავლიანობის ზრდას	✓	

ცხრილი 7

**თესლბრუნვის ნაკლოვანებები:**

- საჭიროებს წინასწარ დაგეგმვას.
- საწყის ეტაპზე ზრდის დანახარჯებს.
- რთული განსახორციელებელია მცირე ზომის ფართობებზე.

**ს/ს კულტურათა მრავალფეროვნების ზრდის ნაკლოვანებები:**

- საჭიროებს ახალი კულტურების და/ან ჯიშების მოვლა-მოყვანის ტექნოლოგიების გაცნობას ფერმერებისთვის.
- ახალი კულტურების და/ან ჯიშებისგან, განსაკუთრებით მრავალწლოვნებისგან, სარგებლის მიღება გარკვეულ დროს საჭიროებს.

## ორგანული სასუქების გამოყენება

მცენარის ზრდა-განვითარებისთვის საჭირო რომელიმე საკვები ელემენტის ნაკლებობამ შეიძლება შეამციროს მოსავლიანობა ან გააუარესოს წარმოებული პროდუქციის ხარისხი. შესაბამისად, პროდუქტიულობის ასამაღლებლად იზრდება სინთეზური სასუქების გამოყენება, რაც დროთა განმავლობაში იწვევს ეფექტიანობის შემცირებას, რადგან საკვები ნივთიერებების დიდი ნაწილი არ მოიხმარება ს/ს კულტურების მიერ, არამედ ხვდება მიწისქვეშა წყლებსა და მდინარეებში ან ქროლდება ატმოსფეროში. სინთეზური სასუქების მოხმარების ზრდა იწვევს მისი წარმოების მოცულობის ზრდას, რაც დაკავშირებულია ატმოსფეროში სათბური აირების გაფრქვევასთან. ერთი კგ სინთეზური აზოტიანი სასუქების წარმოებისას გამოიყოფა 1-დან 10

კგ CO<sub>2</sub>-ექვ. სათბურის აირები, რაც დამოკიდებულია სასუქის ტიპზე და გამოყენებულ ტექნოლოგიაზე. ფოსფორიანი სასუქების წარმოებისას ეს მაჩვენებელი 1-1,5 კგ CO<sub>2</sub>-ექვ. შეადგენს<sup>58</sup>.

აღნიშნულის გათვალისწინებით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ორგანული სასუქების გამოყენების ზრდას, როგორცაა: კომპოსტი, ნაკელი ან მწვანე სასუქები. ორგანულ სასუქებს მთელი რიგი უპირატესობა გააჩნია სინთეზურ სასუქებთან შედარებით, მათ შორის აღსანიშნავია მათი კლიმატმეგობრულობა.

ორგანული სასუქების (ნაკელი, კომპოსტი, მწვანე სასუქები) გამოყენების უპირატესობები

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
აუმჯობესებს ნიადაგის ნაყოფიერებას	✓	✓
უზრუნველყოფს მცენარეს ყველა საჭირო საკვები ელემენტით	✓	
აუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას	✓	
ზრდის ნიადაგში ორგანული ნახშირბადის მარაგს	✓	✓
ამაღლებს ნიადაგის წყალდაკავების უნარს	✓	
ხელს უწყობს ნიადაგის სიჯანსაღეს და მასში მცხოვრები ორგანიზმების მრავალფეროვნებას	✓	✓
ორგანული სასუქების მიღება შესაძლებელია მეურნეობის შიგნით არსებული რესურსებით		✓

ცხრილი 8

**ორგანული სასუქების (ნაკელი, კომპოსტი, მწვანე სასუქები) გამოყენების ნაკლოვანებები**

- საჭიროა დიდი ოდენობით, სინთეზურ სასუქებთან შედარებით, საკვები ელემენტების დაბალი შემცველობის გამო;
- კომპოსტის მომზადება შედარებით ხანგრძლივი პროცესია;
- მეურნეობას შესაძლოა, არ გააჩნდეს საკმარისი რაოდენობის ორგანული ნარჩენები (მაგ: ნაკელი) ან ორგანული ნარჩენების კომპოსტირების შესაძლებლობა;
- მწვანე სასუქების გამოყენება დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან.



<sup>58</sup> Walling, E.; Vaneekhaute, C. Greenhouse Gas Emissions from Inorganic and Organic Fertilizer Production and Use: A Review of Emission Factors and Their Variability. Journal of Environmental Management 2020, 276, 111211. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111211>.

## პრაქტიკული სამუშაო

### კომპოსტის დამზადება

- საკარმიდამო ნაკვეთში ან სკოლის ეზოში შეარჩიეთ 2-3 მ<sup>2</sup> ფართობი, რომელზეც შესაძლებელია კომპოსტის დამზადება. მეურნეობებში წარმოქმნილი ორგანული ნარჩენების გამოყენებით შესაძლებელია ორგანული სასუქის კომპოსტის დამზადება.
- შეაგროვეთ კომპოსტის დასამზადებელი მასალა და ადგილზე ხელმისაწვდომი მასალა: ნაკელი (საქონლის, ღორის, ქათმის, ცხენის, ცხვრის), ჩალა (დაქუცმაცებული 10-15 სმ ზომაზე), ნამჯა, თივა (მარცვლის არშემცველი), მწვანე ბალახი (მარცვლის არშემცველი), ხის ნაფოტი, წვრილი ტოტები (წვრილად დაჭრილი), ხეხილის/ვაზის ანასხლავი (დაავადებების არშემცველი), ფოთლები, სამზარეულოს მცენარეული ნარჩენები, ლობიოს ან სხვა პარკოსნის ფურჩი, კვერცხის ნაჭუჭი, ნაცარი (მცირე რაოდენობით, მაქსიმუმ საერთო მოცულობის 3%), ყველა სახის მწვანე მასა, გარდა შხამიანი და ეკლიანი მცენარეებისა.
- კომპოსტის მასალის შეგროვებისას მნიშვნელოვანია მშრალი (მაგ: ჩალა, ნამჯა, ხმელი თივა, ნაფოტი, ხმელი ტოტები და ა.შ.) და ნედლი მასალის (ნებისმიერი სახის მწვანე მასა, სამზარეულოს მცენარეული ნარჩენები, ნაკელი და ა.შ.) თანაფარდობის დაცვა; 1 წილ მშრალ მასაზე უნდა მოდიოდეს 3 წილი ნედლი მასა (მოცულობის მიხედვით), შესაძლებელია 1:4-თან შეფარდებაც, განსაკუთრებით კომპოსტის დამზადებისას წლის თბილ პერიოდში. მოცულობის ადვილად განსაზღვრის მიზნით გამოიყენეთ ერთი და იგივე ჭურჭელი, რომლითაც ზუსტად დაიცავთ თანაფარდობას.



სურათი 5 კომპოსტის მოწყობა ყუთში

კომპოსტის გროვა არ უნდა იყოს ძალიან პატარა, სასურველია იყოს მინიმუმ 1 მ<sup>3</sup> მოცულობის. გროვის სიმაღლე არაუმეტეს 1.5 მ, სიგრძე შეუზღუდავი. გროვის მოწყობა შესაძლებელია, როგორც ხით შეკრული დასაშლელი ყუთის საშუალებით, ისე უბრალო გროვის სახითაც.



სურათი 6 კომპოსტის გროვის მოწყობა

კომპოსტირების პროცესის ნორმალური წარმართვისთვის აუცილებელია ტენი და ჟანგბადი, რომლის უზრუნველსაყოფადაც საჭიროა ტენიანობის მუდმივი შემოწმება ე.წ. მუჭის ტესტით (გროვის შუაგულიდან აიღეთ საკომპოსტე მასა და მუჭი შეკარით, თუ თითებს შორის წვეთები გამოვა ე.ი. ჭარბი ტენი აქვს და საჭიროა მშრალი მასის დამატება და გადაბრუნება/არევა; თუ მასალა მშრალია და მუჭის გაშლისას ადვილად იშლება, მაშინ საჭიროა წყლის დამატება).

კომპოსტის გროვის მოწყობისას ჩაინიშნეთ თარიღი და პირველი სამი კვირის განმავლობაში გროვა კარგად გადაურეთ ნიჩაბის საშუალებით, ამის შემდგომ აღნიშნული პროცედურა გაიმეორეთ ყოველ ორ კვირაში ერთხელ.

კომპოსტის დასამზადებლად საშუალოდ 3-4 თვეა საჭირო, თუმცა კომპოსტირების დრო ძალზე დამოკიდებულია პროცედურების სწორ დაცვასა და კარგად მოვლაზე. ასევე, გასათვალისწინებელია წელიწადის დრო, როდესაც ვიწყებთ კომპოსტირებას, რაც უფრო დაბალია ატმოსფეროს ტემპერატურა, მით უფრო ნელა წავა კომპოსტირების პროცესი, ამიტომ სასურველია კომპოსტირება გაზაფხულზე ან ზაფხულში დაიწყოთ, რომ აცივებამდე კომპოსტი მზად იყოს ნაკვეთში შესატანად.

იმისათვის, რომ დარწმუნდეთ თქვენ მიერ მოწყობილ გროვაში კომპოსტირების პროცესის დაწყებაში, შეგიძლიათ, გროვის ზედაპირზე 10-15 სმ-ის სიღრმეში ხელით შეამოწმოთ გროვის ტემპერატურა, რომელიც გაცილებით მაღალი იქნება ატმოსფეროს ტემპერატურაზე, რაც მიუთითებს კომპოსტირების პროცესის დაწყებაზე. ტემპერატურა ამ დროს 70-80 გრადუსს აღწევს, თუმცა დროთა განმავლობაში იგი თანდათან იკლებს და 2 კვირის შემდეგ 40-45 გრადუსამდე ეცემა. კომპოსტირების პროცესი შეიძლება შეწყდეს წყლის ნაკლებობების ან ჭარბი წყლის პირობებში.

კომპოსტი დაამზადეთ საცხოვრებელიდან/სკოლიდან მოშორებით გაბატონებული ქარის მიმართულების გათვალისწინებით. ამასთან, უმჯობესია, წყლის მოტანა არ გიწვედეთ შორი მანძილიდან. თუ კომპოსტის გროვას ატმოსფერული ნალექისგან დაიცავთ, ეს გაგიადვილებთ ტენიანობის რეგულირებას გროვაში, ხოლო მსგავსი გადახურვის არ არსებობის პირობებში, საჭიროა, კომპოსტის გროვას ზემოდან გადავაფაროთ ჩალა, ნამჯა ან ხმელი თივა და ეს საფარი შევინარჩუნოთ კომპოსტის დამზადებამდე, რითაც მნიშვნელოვნად დააჩქარებთ კომპოსტის დამზადებას და აამაღლებთ კომპოსტის ხარისხს.

კომპოსტირების პროცესი სრულდება, მაშინ, როდესაც გროვის შიგნით ტემპერატურა დაეცემა, უსიამოვნო სუნი სრულიად გაქრება და კომპოსტი შეიძენს ნეშომპალისა და ნიადაგისთვის დამახასიათებელ სასიამოვნო სუნს. რაც უფრო მიახლოებული იქნება კომპოსტი სრულ სიმწიფესთან, მით უფრო საგრძნობი იქნება იგი. მიღებული კომპოსტი, შეგიძლიათ, შეიტანოთ ნიადაგში ნაყოფიერების ასამაღლებლად 1-3 კგ 1 მ<sup>2</sup>-ზე (დავალება უმჯობესია შესრულდეს ჯგუფებად).

## პარკოსანი კულტურების წარმოების ზრდა

პარკოსნები ცნობილია მათი უნარით, კოჟრის ბაქტერიების მეშვეობით გარდაქმნან ატმოსფერული აზოტი მცენარისთვის ხელმისაწვდომ აზოტის ფორმებად. აღნიშნული პროცესი საშუალებას აძლევს პარკოსნებს, თითქმის სრულად (დამოკიდებული ს/ს კულტურასა და აზოტფიქსაციის დონეზე) დაიკმაყოფილოს მათი მოთხოვნილება აზოტზე, რითაც გამოირიცხება ან მინიმუმამდე მცირდება აზოტიანი სასუქების გამოყენების საჭიროება. პარკოსნების მოსავლის აღების შემდეგ კოჟრის ბაქტერიების მიერ ფიქსირებული აზოტის მხოლოდ მცირე ნაწილი (საშუალოდ 30-55 კგ) რჩება ნიადაგში, რომელიც შეიძლება გამოიყენოს მომდევნო კულტურამ.

პარკოსანი კულტურები განსხვავდება აზოტის ფიქსაციის უნარით, რომელიც დიდ ფარგლებში მერყეობს როგორც ნიადაგურ-კლიმატური პირობების, ისე ს/ს პრაქტიკის გათვალისწინებით.



დასახელება	ატმოსფეროდან ფიქსირებულია ზოტი კგ/ჰა/წ
ცერცვი	118.6-311.0
ბარდა	36.6-125.3
ცერცველა	107-131
ცულისპირა	104-149
ხანჭკოლა	53.1-64.1
მუხუდო	21.0-103.6
ოსპი	23.0-86.8
ლობიო	16.3-71.9
ძაძა	36-75
სოია	90-95
იონჯა	103-209
წითელი სამყურა	35.4-389

ცხრილი 9 მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ჩატარებული ცდების ფარგლებში მიღებული პარკოსანი კულტურების მიერ ფიქსირებული აზოტის მაჩვენებლები

კვლევებით დადგინდა, რომ მარცვლეული კულტურებისგან შემდეგ დათესილ პარკოსნებს უფრო მაღალი აზოტფიქსაციის უნარი აქვთ, ვიდრე ანეულად დატოვებულ ნიადაგზე თესვისას<sup>59</sup>, შესაბამისად, სასურველია მათი ჩართვა თესლბრუნვაში მარცვლოვანი კულტურების შემდეგ, ასევე, შერეულ ნათესებში (მაგ: სიმინდი-სოია, სიმინდი-ლობიო, და ა.შ.) ან/და მრავალწლოვანი კულტურების რიგთაშორისებში საფარი კულტურების სახით მათი გამოყენება.

აზოტფიქსაციის წარმატებით წარმართვისთვის მნიშვნელოვანია, რომ ნიადაგი უზრუნველყოფილი იყოს ფოსფორით, კალიუმით, ასევე, გოგირდითა და მიკროელემენტებით.

**პარკოსანი კულტურების წარმოების გაფართოების უპირატესობები**

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
ნიადაგს ამდიდრებს აზოტით სიმბიოზური აზოტფიქსატორი ბაქტერიების დახმარებით		✓
პარკოსან მარცვლეულს გააჩნია სასურსათო და ცხოველთა საკვები ღირებულება	✓	
პარკოსანთა უმეტესობას ახასიათებს გვალვაგამძლეობა	✓	

ცხრილი 10

<sup>59</sup> Kebede, E. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2021, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.767998>.

# სინთეზური სასუქების გამოყენების ოპტიმიზაცია

1. ამონიუმის შემცველი სასუქების ნაცვლად შარდოვანაზე დაფუძნებული აზოტიანი სასუქების გამოყენება.

## უპირატესობები

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
ამცირებს აზოტის ქვეჟანგის გაფრქვევას ატმოსფეროში		✓

ცხრილი 11

## ნაკლოვანებები

- არ არის მისაღები მჟავე ნიადაგებისთვის (pH<6.5).
- ტუტე (pH>7.5) და კარბონატულ ნიადაგებზე ზედაპირული შეტანისას შესაძლებელია მასში შემავალი აზოტის >40% აქროლდეს ამიაკის სახით.

2. გახანგრძლივებული მოქმედების აზოტშემცველი სასუქების გამოყენება.

## უპირატესობები

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
ამცირებს აზოტის ქვეჟანგის გაფრქვევას ატმოსფეროში		✓
ამცირებს ნიტრატების მოხვედრას მიწის-ქვეშა წყლებში		✓
ამაღლებს სასუქის ეფექტიანობას		✓

ცხრილი 12

## ნაკლოვანებები

- სხვა სასუქებთან შედარებით ძვირადღირებულია.

3. სასუქების ეტაპობრივი მიწოდება მცენარის ფესვთა სისტემის აქტიურ ზონასთან ახლოს ფერტიგაციის გზით.

### უპირატესობები

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
აქროლადი და ჩარეცხვითი დანაკარგების შემცირება		✓
სასუქების ეფექტიანობის ზრდა		✓

ცხრილი 13

### ნაკლოვანებები

- დაკავშირებულია საფერტიგაციო სისტემის მოწყობისა და მოვლის დანახარჯებთან.
- არ არის მისაღები ყველა ს/ს კულტურისთვის.

## აგრომეტყველობის გამოყენება

ინტენსიური ს/ს წარმოების პირობებში წამყვანი ადგილი უჭირავს მონოკულტურებს, განსაკუთრებით მარცვლეულის (მაგ: ხორბალი, ქერი, სიმინდი, სხვა) შემთხვევაში. მსგავსი სისტემები საჭიროებს დიდი ოდენობით სინთეზურ მინერალურ სასუქებსა და პესტიციდებს. ამასთან, მოსავლის აღების შემდეგ ს/ს კულტურათა ნარჩენები სრულად გამოაქვთ ნაკვეთიდან ან წვავენ. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია ქარსაფრებისა და მწვანე ბუფერული ზონების მოწყობა. კლიმატის მიმდინარე და მოსალოდნელი ცვლილების გათვალისწინებით მომატებულია ძლიერი ( $\geq 15$  მ/წ) და ძალიან ძლიერი ქარების ( $\geq 25$  მ/წ) სიხშირის ალბათობა, რომელთაგან სახნავ-სათესი ფართობების დაცვის ეფექტურ საშუალებას ქარსაფრებისა და მწვანე ბუფერული ზონების მოწყობა წარმოადგენს.



**ქარსაფარი ზოლების უპირატესობები**

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
აუმჯობესებს მიკროკლიმატს	✓	
იცავს ნიადაგს ქარისმიერი ეროზიისგან	✓	✓
ამცირებს ნიადაგიდან წყლის უსარგებლო დანაკარგებს	✓	
ხელს უწყობს ს/ს კულტურების მოსავლიანობისა და პროდუქციის ხარისხის ამაღლებას		✓
ხელს უწყობს ბიომრავალფეროვნების ზრდას. ქმნის საცხოვრებელ გარემოს სასარგებლო მწერებისა და ფრინველებისთვის	✓	✓
ამცირებს პესტიციდების მოხმარებას	✓	✓
წარმოადგენს საჩრდილობელს პირუტყვისთვის ცხელ ამინდში	✓	
ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციის ხელშეწყობა ქარსაფრებსა და ბუფერულ ზოლებში მრავალწლოვანი პარკოსნების (ბუჩქოვნებისა და ხე-მცენარეების) გამოყენებით		✓

ცხრილი 14

**ქარსაფარი ზოლების ნაკლოვანებები**

- ქარსაფრებისა და ბუფერული ზონების მოწყობა და მოვლა მოითხოვს ფინანასურ და შრომით დანახარჯებს.
- დადებითი შედეგები მიიღწევა რამდენიმე წლის შემდეგ.

## საძოვრების მდგრადი მართვა

საძოვრების მნიშვნელოვანი ნაწილი განიცდის ჭარბ და უსისტემო ძოვებას და მცენარეთა ბიომრავალფეროვნების შემცირებას, საძოვრების არასწორი მართვის გამო. შედეგად, ქვეითდება მცენარეთა თვითაღდგენის უნარი, მცირდება ნიადაგში Cორგ-ის მარაგი, ადგილი აქვს წყლის-მიერ და ქარისმიერ ეროზიას, ქვეითდება ნიადაგის ნაყოფიერება, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს საძოვრების მედეგობას მომატებული ტემპერატურისა და გახშირებული გვალვების პირობებში.

ნაკვეთმორიგეობითი ძოვება წარმოადგენს საძოვრების მდგრადი მართვის ერთ-ერთ ყველაზე წარმატებულ მიდგომას, რომლის დროსაც მცირე ზომის დანაყოფზე იზრდება პირუტყვის რიცხოვნობა, თუმცა 1-3 დღემდე მცირდება ძოვების ხანგრძლივობა, რის შედეგად საძოვარზე არსებულ მცენარეულ საფარს უფრო მეტი დრო აქვს აღდგენისთვის და მინიმუმამდე მცირდება შერჩევითი ძოვება, რაც საძოვრის არათანაბრად დატვირთვას, საძოვრების დასარეველიანებასა და სახეობრივი მრავალფეროვნების შემცირებას იწვევს. აღნიშული მეთოდი ეტაპობრივად აღადგენს საძოვარს და აუმჯობესებს მის პროდუქტიულობას.

### ნაკვეთმორიგეობითი ძოვების უპირატესობები

	კლიმატის ცვლილებებისადმი მედეგობის ამაღლება	კლიმატის ცვლილების შერბილება
საძოვრის პროდუქტიულობის ამაღლება	✓	✓
მცენარეული საფარის აღდგენა და სახეობრივი მრავალფეროვნების ზრდა	✓	✓
ნიადაგის დაცვა ეროზიისგან	✓	✓
პირუტყვის ავადობის შემცირება	✓	
პირუტყვის პროდუქტიულობის ზრდა	✓	

ცხრილი 15

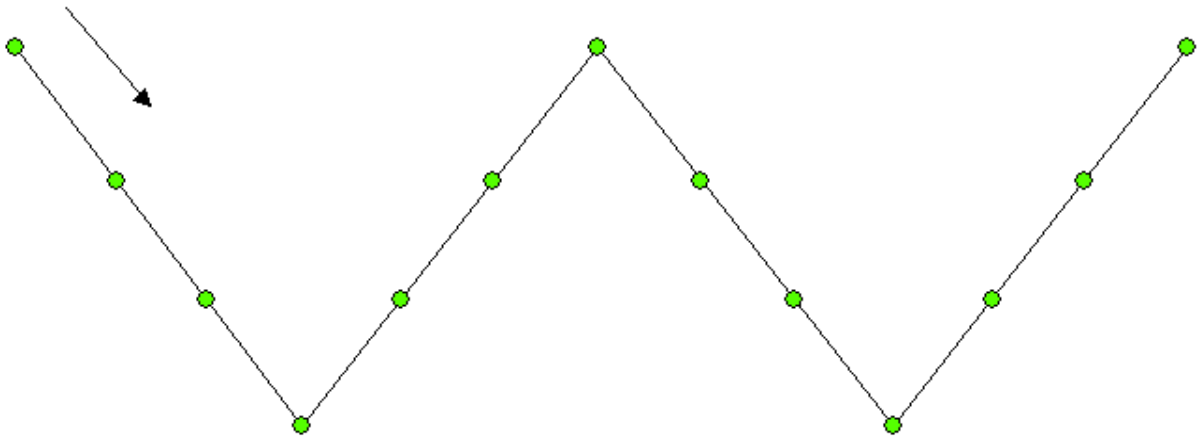
### ნაკვეთმორიგეობითი ძოვების ნაკლოვანებები

- საჭიროებს საძოვრის მდგომარეობის წინასწარ შეფასებასა და დაგეგმვას ფართობისა და პირუტყვის რიცხოვნობის გათვალისწინებით.
- ნაკვეთმორიგეობითი ძოვების შემოღება დაკავშირებულია ფინანსურ დანახარჯებთან, განსაკუთრებით, საწყის ეტაპზე, მაგ: ელექტრო ღობის მოწყობა, დამატებითი საკვებით უზრუნველყოფის საჭიროება.

## პრაქტიკული სამუშაო

### საძოვრის პროდუქტიულობის შეფასება

- აღნიშნული მეთოდი დაფუძნებულია მცენარის სიმაღლის მოსავლიანობასთან დაკავშირების პრინციპზე. სამუშაოს შესასრულებლად საჭიროა 50 სმ სიგრძის სახაზავი. შეარჩიეთ დაახლოებით 100 მ<sup>2</sup>-ის ზომის ბალახეული მცენარეულობით დაფარული ნაკვეთი (საძოვარი ან სათიბი) სკოლის ან საცხოვრებლის მახლობლად (სიმარტივისთვის აიღეთ მართკუთხა ფორმის ნაკვეთი, გაზომეთ მისი სიგრძე და სიგანე და გამოთვალეთ ზუსტი ფართობი). გაიარეთ საძოვარზე ზიგზაგისებურად და ჩაწერეთ მცენარის სიმაღლე ყოველი 2-3 მეტრის ინტერვალით (სქემა 1). უნდა დაფიქსირდეს, როგორც მცენარეულობისგან თავისუფალი (შიშველი ზედაპირით) და მეჩხერი ადგილები, ასევე, ხშირი, კარგად განვითარებული ბალახნარიც, რადგან მათი გამორიცხვა მიგვიყვანს არასწორ შედეგამდე.



სქემა 1 საძოვარზე ზიგზაგისებურად გადაადგილების სქემა, ბალახის სიმაღლის გაზომვის ადგილების მითითებით

- სიმაღლის მონაცემების შეგროვების შემდეგ გამოთვალეთ ბალახის საშუალო სიმაღლე (ჩაწერილი ყველა სიმაღლის ჯამი გაყოფილი გაზომვების რაოდენობაზე), მაგალითად, თუ ბალახის საშუალო სიმაღლე შეადგენს 20 სმ-ს და ლიტერატურული მონაცემებით, ცნობილია, რომ მცენარის სიმაღლის თითოეულ სანტიმეტრზე მშრალი ნივთიერების დაგროვება საშუალოდ 2.5 გ-ს შეადგენს 1 მ<sup>2</sup> ფართობზე. მშრალი ნივთიერების ჯამური რაოდენობის გამოსათვლელად ბალახნარის საშუალო სიმაღლეს (20 სმ) გავამრავლებთ მშრალი ნივთიერების დაგროვების მაჩვენებელზე (2.5 გ), შედეგად მივიღებთ 1 მ<sup>2</sup>-ზე მშრალი ნივთიერების რაოდენობას - 50 გ-ს (20X25=50 გ). მიღებული შედეგი გადაითვალეთ 1 ჰა ფართობზე და მიღებული მასა გადაიყვანეთ კილოგრამებში. გამოთვალეთ რამდენი სული მეწველი ძროხის გამოკვება იქნება შესაძლებელი აღნიშნულ საძოვარზე (1 ჰა-ზე გადაანგარიშებით), თუ გავითვალისწინებთ, რომ ერთი სული დღეში საკვებად დაახლოებით 10 კგ მშრალ მასას საჭიროებს.

## გამოყენებული ლიტერატურა:

1. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისი პანელი
2. [Global Temperature | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet](#)
3. [Carbon Dioxide | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet](#)
4. IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
5. [Overview of Greenhouse Gases | US EPA](#)
6. [Methane | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet](#)
7. Tian, H.; Pan, N.; Thompson, R. L.; Canadell, J. G.; Suntharalingam, P.; Regnier, P.; Davidson, E. A.; Prather, M.; Ciais, P.; Muntean, M.; Pan, S.; Winiwarter, W.; Zaehle, S.; Zhou, F.; Jackson, R. B.; Bange, H. W.; Berthet, S.; Bian, Z.; Bianchi, D.; Bouwman, A. F. Global Nitrous Oxide Budget (1980–2020). Earth System Science Data 2024, 16 (6), 2543–2604. <https://doi.org/10.5194/essd-16-2543-2024>.
8. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
9. Hu, Z.; Lee, J. W.; Chandran, K.; Kim, S.; Khanal, S. K. Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O) Emission from Aquaculture: A Review. Environmental Science & Technology 2012, 46 (12), 6470–6480. <https://doi.org/10.1021/es300110x>.
10. Lan, X., K.W. Thoning, and E.J. Dlugokencky: Trends in globally-averaged CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and SF<sub>6</sub> determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version 2024-12, <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10>
11. [Steamy Relationships: How Atmospheric Water Vapor Amplifies Earth's Greenhouse Effect - NASA Science](#)
12. [org/10.2489/jswc.73.4.411](https://doi.org/10.2489/jswc.73.4.411).







