



## INTRODUCTION TO BIO-MONITORING OF WATER QUALITY

წყლის ხარისხის ბიომონიტორინგის შესავალი



*Guidance Document*  
*prepared by*  
*Jesper Ansbaek & Anatoly Pichugin*

*ინსტრუქცია მომზადებულია*  
*ჯესპერ ანსბაეკის და ანატოლი პიჩუგინის მიერ*

*Translation from English*  
*თარგმანი ინგლისურიდან*

EU Project Trans-Boundary River Management Phase II for the Kura River basin

ტრანს-სასაზღვრო მდინარის – მტკვრის აუზის მენეჯმენტის II ფაზა –  
სომხეთი, საქართველო, აზერბაიჯანი

(TACIS/2007/134-398)  
პროექტი დაფუძნებულია ევროკავშირის მიერ  
პროექტს ახორციელებს

Eptisa & Grontmij-CarlBro კონსორციუმი

## წყლის ხარისხის ბიომონიტორინგის შესავალი

### შინაარსი

რისთვისაა საჭირო ბიოლოგიური მონიტორინგი?	2
მდინარეების ბიოლოგიური მონიტორინგი	3
მიკრობიოლოგიური პარამეტრები	6
ტბების და წყალსაცავების ბიოლოგიური მონიტორინგი	6
ბიოლოგიური და ქიმიური მონიტორინგის ურთიერთკავშირი	7
ბიოლოგიური მონიტორინგი და წყლის ობიექტზე ზემოქმედება	8
სხვადასხვა ტიპის მონიტორინგის სადგურები	10
ბიოლოგიური მონიტორინგის მოთხოვნები და ღირებულება	11
მდინარეების მაკროსკოპულ უხერხემლოთა მონიტორინგის შესავალი	12
დანართი I: მდინარეები, მაკროუხერხემლოები. ბიო მაჩვენებლების გამოყენება ეკოლოგიური სტატუსის შეფასებისთვის	12

#### შენიშვნა:

მდინარეებში, ტბებში, წყალსაცავებში, სანაპირო და ზღვის წყლებში დამაბინძურებელი ნივთიერებების მოხვედრას თან ახლავს ორი ეფექტი:

- (1) ისინი ცვლიან ეკოსისტემების სტრუქტურას და ფუნქციონირებას.
- (2) ისინი რისკს უქმნიან ადამიანთა ჯანმრთელობას ფეკალური ბაქტერიების, ვირუსების და ტოქსიური ნაერთების შემცველობის გამო.

ეს დოკუმენტი პირველ (1) ეფექტს შეეხება.

## რისთვისაა საჭირო ბიოლოგიური მონიტორინგი?

ტრადიციულად, ტერმინი მონიტორინგი აღნიშნავს ინფორმაციის მიმოხილვას ან მოპოვებას მდინარეების, ტბების და ოკეანის დინებების, წყლის დონის და ქიმიური შემადგენლობის შესახებ.

მაგრამ, წყლის ხარისხ დირექტივის (*Water Framework Directive, WFD*) თანახმად, წყლის სისტემების კლასიფიკაციისთვის (საუკეთესო, კარგი, საშუალო, არასასურველი და ცუდი სტატუსი) აუცილებელი საკვანძო ინფორმაცია მოიპოვება ბიოლოგიური მონიტორინგის გზით, ხოლო ქიმიური და ჰიდრომორფოლოგიური მონიტორინგი მხოლოდ დამხმარე ინფორმაცია გვაწვდის. ასე რომ, პასუხი კითხვაზე “რისთვისაა საჭირო ბიოლოგიური მონიტორინგი?” შეიძლება იყოს: ბიოლოგიური მონიტორინგის განხორციელება გადამწყვეტ ნაბიჯს წარმოადგენს წყლის ხარისხ დირექტივის პრინციპების განხორციელებისთვის.

კიდევ ერთი პასუხი კითხვაზე “რისთვისაა საჭირო ბიოლოგიური მონიტორინგი?” არის ის, რომ მონიტორინგის სადგურებში მდინარეების, ნაკადულებისა და ტბების ცოცხალ სამყაროზე უშუალო დაკვირვებით სრულყოფილი წარმოდგენა შეგვექმნას ეკოსისტემების სტრუქტურასა და ფუნქციონირებაზე დაბინძურების გავლენის შესახებ.

ბიოლოგიური მონიტორინგის დადებით მხარეს (განსაკუთრებით მდინარეების მაკროსკოპული უხერხემლოების შემთხვევაში), წარმოადგენს ის, რომ იგი ახდენს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მომხდარი ზეგავლენის ინტეგრაციას. ნაკლებად სავარაუდოა, ქიმიური მონიტორინგით შევძლოთ ინფორმაციის მოპოვება წყლის ობიექტში დამაბინძურებლის მოულოდნელი და ხანმოკლე მოხვედრის შესახებ, თუმცა იგი გრძელვადიან ეფექტს მოახდენს ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებაზე (რაც დამოკიდებულია დაზარალებული ორგანიზმების სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე).

მდინარეებში მაკროსკოპული უხერხემლოების მონიტორინგი ეკოლოგიური სტატუსის შესახებ ინფორმაციის მოპოვების საკმაოდ იაფი საშუალებაა (ქიმიურ მონიტორინგთან შედარებით) და ის ძალიან მოსახერხებელი მეთოდია მრავალ მდინარეში/ სადგურზე ეკოლოგიური სიტუაციის მიმოხილვისთვის.

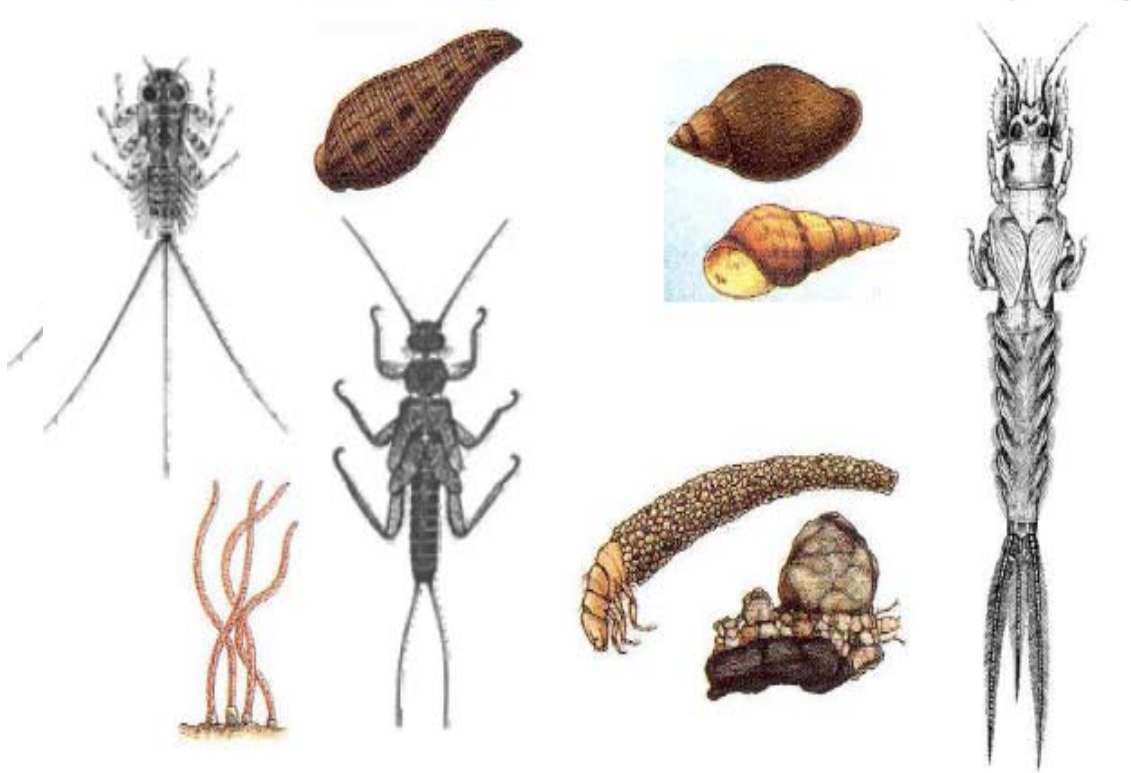
ბიოლოგიური მონიტორინგის პროგრამით შერჩეული ნიმუშების შესწავლის შედეგად მოპოვებულ ინფორმაციას ეყრდნობა მენეჯმენტის ძირითადი მიმართულებები. კერძოდ, ბიოლოგიური მონიტორინგი გვაწვდის იმ საკვანძო მონაცემებს, რომელთა საფუძველზეც ტარდება შემდგომში კონკრეტული ღონისძიებები, როგორცაა:

- წყლის ობიექტის შესახებ ეკოლოგიური მიზნების და ამოცანების შესრულების შეფასება.

- ინფორმაციის მიღება წყლის ობიექტის არსებული მდგომარეობის შესახებ და არსებულ ცვლილებებზე დაკვირვება.
- იმ წყლის ობიექტების იდენტიფიკაცია და პრიორიტეტიზაცია, რომლებიც ვერ ასრულებენ მათთვის განსაზღვრულ ეკოლოგიურ მიზნებს და საჭიროებენ აღდგენას ან გაწმენდას.
- ნებართვების და ლიცენზიების გაცემის სისტემის დახვეწა ეკოლოგიურ გარემოებაზე დაყრდნობით.
- აღდგენითი ღონისძიებების წარმატების, კონსერვაციის მეთოდების, ნებართვებისა და ლიცენზიების შესახებ გადაწყვეტილებათა შეფასება და ინფორმაცია წყლის ცოცხალი სამყაროს დაცვის და აღდგენის თვალსაზრისით<sup>1</sup>.

### მდინარეების ბიოლოგიური მონიტორინგი

ძირითად ინდიკატორულ ორგანიზმებს, რომლებიც ბიოლოგიური ხარისხის განმსაზღვრელ ელემენტებად უნდა იქნან გამოყენებულნი, წარმოადგენენ ბენტოსის (ფსკერის) მაკროსკოპული უხერხემლოები. მდინარეების ბიომონიტორინგის პირველ ფაზაზე შემოთავაზებულია მხოლოდ მაკროსკოპული უხერხემლოების გამოყენება. მოგვიანებით მდინარეების ბიოლოგიურ მონიტორინგში შეიძლება ჩაირთოს სხვა ინდიკატორული ორგანიზმებიც, როგორცაა ბენტოსის წყალმცენარეები და მაკროფიტები. ამის მთავარი მიზეზია ის, რომ სხვა ინდიკატორული ჯგუფების შესწავლის მეთოდოლოგია დღესდღეობით გაცილებით ნაკლებადაა შესწავლილი.



ნახ. 1. ინდიკატორულ ორგანიზმებად გამოყენებული უხერხემლოების ნიმუშები.

ბენტოსის მაკროსკოპული უხერხემლოები ბინადრობენ მტკნარი წყლის ობიექტების ფსკერის სუბსტრატებში (არაორგანული ნალექი, ნარჩენები, ხის ნაფოტები, მაკროფიტები, ძაფისებრი წყალმცენარეები და სხვ.). მაკროსკოპულად ითვლება ორგანიზმები, რომლებიც საკმაოდ დიდია იმისთვის, რომ შეუიარაღებელი თვალით დაინახოთ; ან რომელთა დაჭერაც ხერხდება ბადით, რომლის ნასვრეტების ზომაც 0,2-0,5 მმ-ია. ეს ორგანიზმები, წყალმცენარეებთან ერთად, ყველაზე ფართოდ გამოყენებულ ინდიკატორებს წარმოადგენენ მტკნარი წყლის ხარისხის შესაფასებლად. თუმცა, ბენტოსის მაკროსკოპულ უხერხემლოთა კვლევები, ცალკე აღებული, ყველაზე გავრცელებული ბიოლოგიური ინსტრუმენტია წყლის ხარისხის შესაფასებლად. ზოგადად, მაკროსკოპულ უხერხემლოებს აქვთ უნარი, შეიცვალონ სხვადასხვა ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად და აქედან გამომდინარე, იძლევიან წყლის პოლისტური შეფასების საშუალებას. მაკროსკოპული უხერხემლოების მაღალი ინდიკატორული ღირებულება პირდაპირ კავშირშია მათ ეკოლოგიასა და სიცოცხლის ციკლთან.

დაბინძურების ტიპების და ხარისხის მიმართ ტოლერანტობა და მგრძობელობა ვარირებს სახეობების მიხედვით; მაკროსკოპული უხერხემლოები სწრაფად რეაგირებენ სტრესორებზე. სწორედ ეს და ქვემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორები არის

ის მიზეზები, რის გამოც მდინარის უხერხემლოები მდინარის ეკოლოგიური ხარისხის მთავარ ინდიკატორებად ითვლებიან:

- მაკროსკოპული უხერხემლოები ფართოდაა გავრცელებული მდინარის მთელ სიგრძეზე, მათი შეგროვება ადვილია, ასევე ადვილია მათი იდენტიფიკაცია სხვა ჯგუფებთან, მაგ. პლანქტონურ ორგანიზმებთან შედარებით.
- მაკროსკოპული უხერხემლოები შედარებით უმოძრაონი არიან და ამიტომ კარგად ასახავენ ლოკალურ პირობებს.
- მაკროსკოპული უხერხემლოები საკმაოდ დიდხანს (თვეები და წლები) ცოცხლობენ, რაც შესაძლებელს ხდის მათ ორგანიზმში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მომხდარი ზეგავლენის ეფექტების ინტეგრაციას.
- მაკროსკოპულ უხერხემლოთა საზოგადოებები ჰეტეროგენულია და რამდენიმე სახეობისგან შედგება. ეს ზრდის იმის ალბათობას, რომ რომელიმე ერთი სახეობა მაინც მოახდენს რეაგირებას გარემოს ცვლილებებზე.

ბიოლოგიური მონიტორინგის პროგრამას, წყლის ობიექტში ბინადარი მაკროსკოპული უხერხემლოების რაოდენობასა და ტიპებზე დაყრდნობით, შეუძლია პასუხი გაგვცეს, რამდენად ჯანსაღია წყლის ობიექტი. წყლის ობიექტის დაბინძურებისას იცვლება იქ ბინადარი მაკროსკოპული უხერხემლოების რაოდენობა და ტიპები. მაგალითად, დაბინძურებულ მდინარეში ხშირად ქრება დაბინძურებისადმი სენსიტიური ორგანიზმები, როგორცაა მწერების გარკვეული სახეობები და მრავლდება დაბინძურებისადმი ტოლერანტული ორგანიზმები, როგორცაა ლოკოკინები და წურბელები.

მაკროსკოპული უხერხემლოების ნიმუშების აღება უნდა ხდებოდეს სტანდარტიზებული მეთოდით, სპეციალური ბადის მეშვეობით, რომლის ნასვრეტების ზომაა 0,5 მმ; მდინარის წყალმარჩხ ადგილებში, ყველა სახის სუბსტრატებიდან, როგორცაა ქვები, ხრეში, მცენარეები, ნარჩენები და წვრილი გრანულირებული ნალექი. ნიმუშების აღება ხდება მაგ. 12 სხვადასხვა ადგილიდან, რომლებიც გადანაწილებულია მონიტორინგის მთელ ტერიტორიაზე და მოიცავენ მდინარის ფსკერის სუბსტრატების სხვადასხვა ტიპებს. შეგროვილი ცხოველები ერთ ნიმუშად ჯგუფდება.

მრავალი ცხოველი, როგორცაა მაგ. ბრტყელი ჭიები, წურბელები, ლოკოკინები და მაისის ბუზის მატლები მაგრად ეკრობიან სუბსტრატს და ბადით ამოღებული რაოდენობა ზუსტად ვერ ასახავს მათ რეალურ რაოდენობას წყლის ობიექტში. ამიტომ, დამატებით ხდება ერთეული ნიმუშების ხელით ამოღება წყალქვეშა ქვებიდან და ხის დიდი ზომის ნარჩენებიდან. ხელით ამოღებული ცხოველები ბადით ამოღებულთაგან განცალკევებით გროვდება.

სხვადასხვა სადგურებში ნიმუშების აღების დრო (სეზონი) ერთი და იგივე უნდა იყოს, რათა შესაძლებელი იყოს სხვადასხვა სადგურების ურთიერთშედარება; აგრეთვე მათი შედარება რეფერენს-სადგურებთან. ნიმუშების მოპოვების სეზონი უნდა შეირჩეს მდინარის უხერხემლოების სასიცოცხლო ციკლების ბიოლოგიური ექსპერტიზის საფუძველზე, ამასთან გათვალისწინებული უნდა იქნას პრაქტიკული ასპექტებიც, როგორცაა მაგ. მდინარის ადვილად მისადგომობა. პრაქტიკული მიზნების გათვალისწინებით, ჩვეულებრივ მოსახერხებელია ზაფხულის ბოლო და შემოდგომა.

მაკროსკოპული უხერხემლოების დახარისხება და იდენტიფიკაცია ლაბორატორიაში ხდება.

სახეობების ჩამონათვალის და მაკროსკოპული უხერხემლოების რაოდენობაზე დაყრდნობით გამოითვლება ეკოლოგიური სტატუსის ერთი ან მეტი ბიოტური მაჩვენებელი. არსებითი მნიშვნელობა აქვს, რომ უხერხემლოთა ფაუნის შემადგამებელი, საბოლოო შეფასება გამოიხატოს ერთი მაჩვენებლით, რომელიც ბიოლოგიურ სტატუსს ასახავს.

### მიკრობიოლოგიური პარამეტრები

ქიმიური ანალიზისთვის წყლის ნიმუშის აღების პარალელურად ხდება ნიმუშის აღება ზოგიერთი ფეკალური ბაქტერიის მონიტორინგისთვის, ვინაიდან მათი არსებობა მიუთითებს წყლის ზედაპირული ფენის დაბინძურებაზე საკანალიზაციო წყლებით და ისინი რისკს უქმნიან ადამიანთა ჯანმრთელობას

### ტბების და წყალსაცავების ბიოლოგიური მონიტორინგი

ტბებისა და წყალსაცავების მონიტორინგისთვის ბიოლოგიური ელემენტებიდან პრიორიტეტი ენიჭება ფიტოპლანქტონური სახეობების არსებობას და მათ რაოდენობას. ფიტოპლანქტონის მონიტორინგისთვის გამოიყენება წყლის იგივე ნიმუშები, რაც ქიმიური პარამეტრებისთვის, თუმცა, რეკომენდებულია აგრეთვე პლანქტონის ბადით მოპოვებული ნიმუშის შესწავლა.

ფიტოპლანქტონის რაოდენობრივი მონიტორინგისთვის ერთიანი წყლის ნიმუშიდან ხდება მცირე ნიმუშის (მაგ. 100 მლ) აღება, წყლის ობიექტის სიღრმის ყოველი მეტრიდან, სანამ არ ჩავალთ *სეკის სიღრმეზე* ორჯერ უფრო ღრმად. გარდა ამისა, ხდება ხარისხობრივი ნიმუშის აღება პლანქტონის ბადით, რომლის ნასვრეტის ზომაა საშუალოდ 0,02 მმ. ნიმუშის ამოტანა ხდება ბადით, დაახლოებით ორმაგი სეკის სიღრმიდან წყლის ზედაპირამდე, ერთხელ ან მეტჯერ. ორივე ნიმუში ინახება.

ფიტოპლანქტონის რაოდენობრივი ნიმუშის შესწავლა ხდება ინვერტული მიკროსკოპით (ნიმუშის 5-25 მლ-ის სელიმენტაციურ საკანში დალექვის შემდეგ). ფიტოპლანქტონის სხვადასხვა სახეობების იდენტიფიკაცია და დათვლა უნდა მოხდეს გავრცელებული სახეობების იდენტიფიცირების დონეზე, რათა შეფასდეს მათი შედარებითი სიჭარბე (მაგ. 1-დან 5 ქულამდე სკალით). უფრო დეტალური ინფორმაციის მისაღებად უნდა მოხდეს გავრცელებული სახეობების დათვლა და მათი მოცულობის შეფასება თითოეული სახეობის განზომილებების საფუძველზე.

უფრო დეტალური მიკროსკოპული შესწავლა საშუალებას მოგვცემს გამოვთვალოთ თითოეული გავრცელებული ტაქსონომიური ჯგუფის ან სახეობის ბიომასა, აქედან გამომდინარე უფრო დეტალურად და რაოდენობრივად მივაღწევთ თვალყური სხვადასხვა ფიტოპლანქტონური ჯგუფის განვითარებას.

ხარისხობრივი ნიმუშის აღება პლანქტონური ბადით ხდება ფიტოპლანქტონის განსაკუთრებით მსხვილი სახეობების უფრო სრულყოფილი სურათის მისაღებად.

რეკომენდებულია ისეთი მაჩვენებლის შემუშავება, რომელიც აღწერს ბიოლოგიურ ხარისხს ფიტოპლანქტონის სახეობებზე/ ოჯახებზე დაყრდნობით. ამ მაჩვენებლის საკვანძო ელემენტი უნდა იყოს სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფების სენსიტიურობა/ ტოლერანტობა ევტროფიკაციის (დაჭაობების) მიმართ.

პლანქტონის მონიტორინგის აღწერა და შედეგების შეფასება შეგიძლიათ იხილოთ მაგ. ევროკავშირის კვლევითი პროექტის Rebecca ანგარიშში<sup>1</sup>.

ანგარიშებში მონიტორინგის შედეგები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ცხრილების და გრაფიკების სახით, რომლებიც გვიჩვენებენ დომინანტური სახეობების განვითარებას დროში; ან გრაფიკების სახით, რომლებიც გვიჩვენებენ ფიტოპლანქტონის მსხვილი ჯგუფების განვითარებას საერთო მოცულობაში.

### ბიოლოგიური და ქიმიური მონიტორინგის ურთიერთკავშირი

ბიოლოგიური მონიტორინგის შედეგების ინტერპრეტაციაში გვეხმარება იმ საკვანძო ქიმიური პარამეტრების მონიტორინგი, რომლებიც ჩამდინარე წყლებთან ერთად ხვდება წყლის ობიექტში და გავლენას ახდენს წყლის ცოცხალ სამყაროზე.

---

<sup>1</sup> კვლევითი პროექტი EU REBECCA. "დოზა-საპასუხო რეაქციის" მიმართებები ბიოლოგიურ და ქიმიურ ნივთიერებებს შორის სხვადასხვა ტიპის ტბებში: <http://www.rbm-toolbox.net/docstore/docs/3.1713.D11.pdf>



*ბიოლოგიური მონიტორინგი უნდა შეივსოს ფიზიკო-ქიმიური მონიტორინგით (ბიოლოგიური მონიტორინგის ყველა სადგურის მონიტორინგის პროგრამაში უნდა ჩაირთოს საბაზისო ფიზიკო-ქიმიური პარამეტრები)*

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში შემოთავაზებულია საკვანძო ფიზიკური და ქიმიური პარამეტრები, რომელთა მონიტორინგიც უნდა მოხდეს ადგილზე და ლაბორატორიაში, ბიოლოგიურ ნიმუშებთან ერთად აღებული ნიმუშების საფუძველზე.

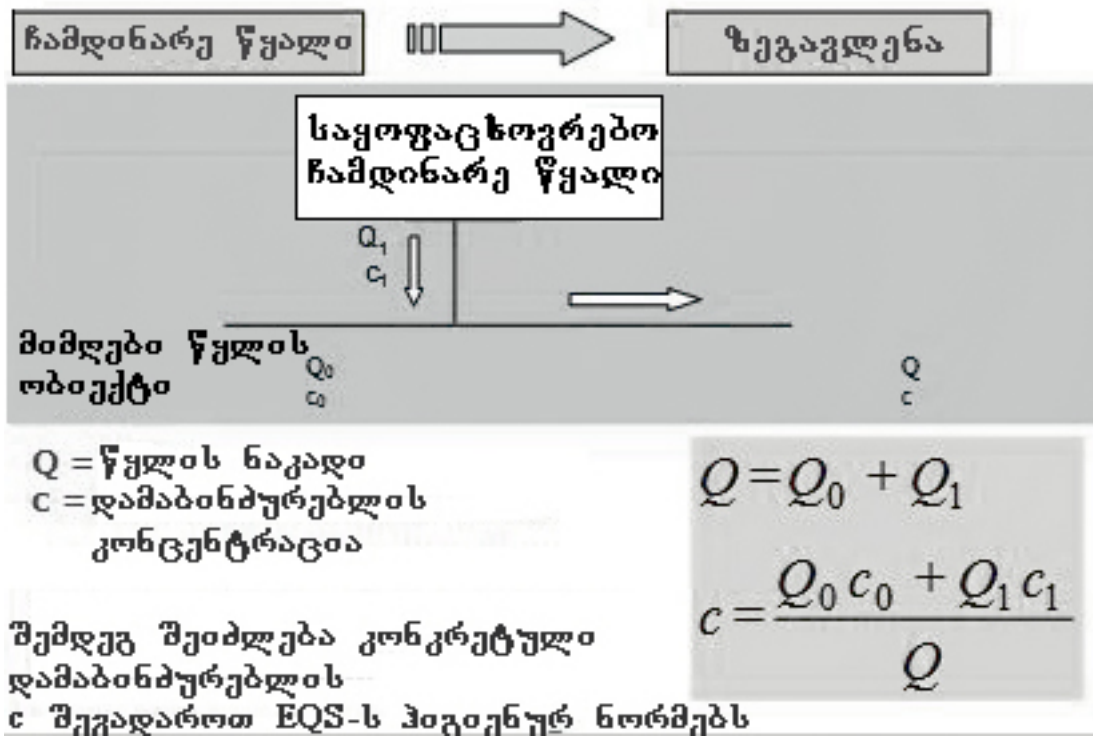
წყლის დინება	საერთო ფოსფორი
ტემპერატურა	გაზსნილი, აქტიური ფოსფორი (PO <sub>4</sub> -P)
ჟანგბადი	საერთო აზოტი
pH	ამონიუმის აზოტი (NH <sub>4</sub> -N)
შეწონილი მყარი ნაწილაკები	ნიტრატების აზოტი (NO <sub>3</sub> -N)
COD - ჟანგბადზე ქიმიური მოთხოვნილება (ბიქრომატი)	ნიტრიტების აზოტი (NO <sub>2</sub> -N)
აღ TOC - საერთო ორგანული ნახშირბადი	
BOD <sub>5</sub> - ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნილება (5 დღის განმავლობაში)	აქტიური სილიციუმი
წყლის გამჭვირვალობა (სეკის სიღრმე) – (ძირითადად წყალსაცავებისა და ტბებისთვის)	ქლოროფილი ა (ძირითადად წყალსაცავებისა და ტბებისთვის)

### ბიოლოგიური მონიტორინგი და წყლის ობიექტზე ზემოქმედება

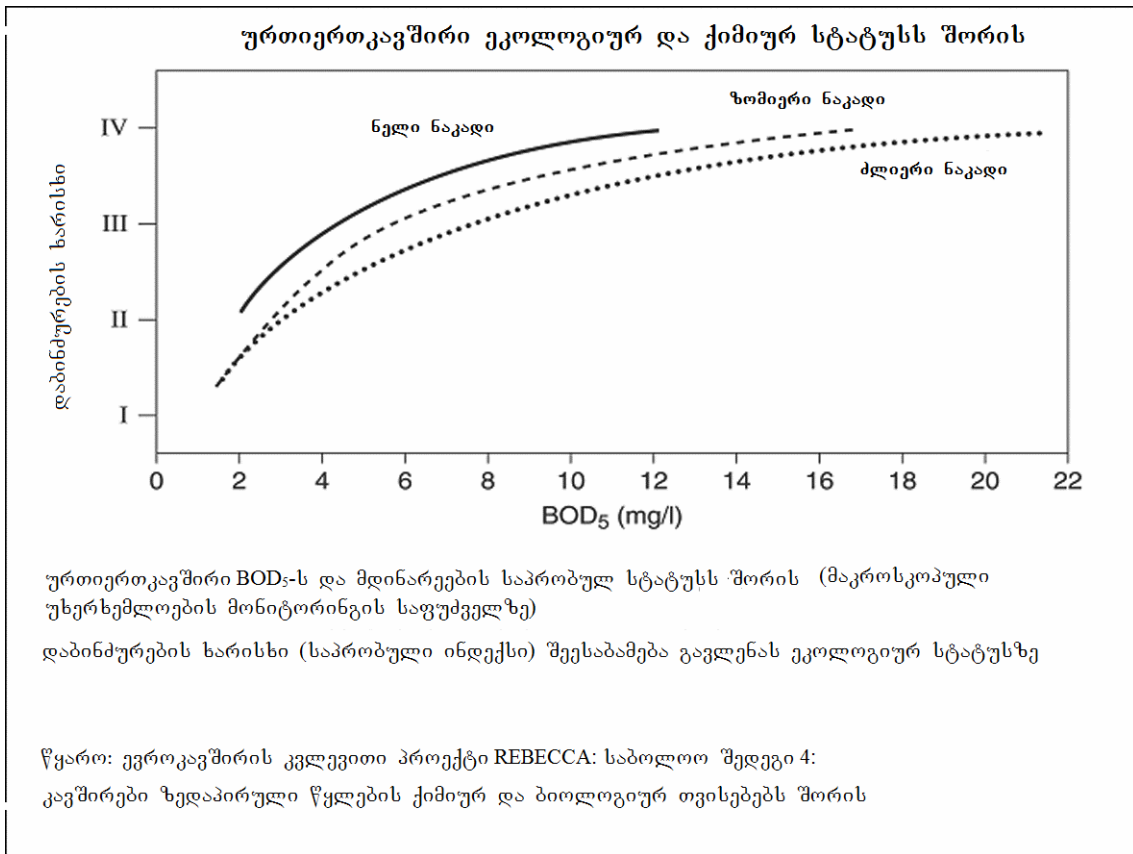
ქიმიური მონიტორინგის დროს შედარებით მარტივად ხერხდება კავშირის დადგენა ჩაშვებულ ჩამდინარე (მაგ. საკანალიზაციო) წყალში და მიმდებ წყლის ობიექტში დამაბინძურებლის კონცენტრაციებს შორის.

ქვემოთ მოყვანილი მოდელის საფუძველზე შეიძლება გამოვითვალოთ, რა კონცენტრაციით გროვდება კონკრეტული დამაბინძურებელი მიმღებ წყლის ობიექტში, თუ ცნობილია ამ დამაბინძურებლის კონცენტრაცია ჩამდინარე ნაკადში.

**მდინარეებში საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლით მოხვედრილი დამაბინძურებლების კონცენტრაციის შეფასების მარტივი მოდელი**



შედარებით უფრო რთულია მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის დადგენა ბიოლოგიური ხარისხის ელემენტებს შორის. ქვემოთ მოყვანილი სქემა გვიჩვენებს, როგორ შეიძლება გამოვიყენოთ ბიოლოგიური მონიტორინგის შედეგები ქიმიური პარამეტრის კონცენტრაციის დასადგენად, რაც შემდეგ შეიძლება შედარდეს ჩამდინარე წყლის შემადგენლობას.



### სხვადასხვა ტიპის მონიტორინგის სადგურები

მონიტორინგის პროგრამამ უნდა მოგვაწოდოს ის აუცილებელი ინფორმაცია, რომლის საფუძველზეც მოხდება მაქსიმალურად ხარჯ-ეფექტური გადაწყვეტილების მიღება ზედაპირული წყლების ხარისხის დაცვის ღონისძიებებთან დაკავშირებით. ამ მიზნის მისაღწევად შესაძლებელია პროგრამაში ჩართოს სხვადასხვა ტიპის სამონიტორო სადგურები, რომელთაგან თითოეულს განესაზღვრება პარამეტრების სპეციფიური ნაკრები და ნიმუშების აღების გარკვეული სიხშირე, რაც მაქსიმალურად სასარგებლო ინფორმაციას მოგვაწოდებს ჩვენთვის საინტერესო წყლის ობიექტის შესახებ. ცხრილში მოყვანილია სამი სხვადასხვა ტიპის სადგურის მაგალითები (წყარო: (წინადადება ბოსნია-ჰერცეგოვინას ზედაპირული წყლების მონიტორინგის შესახებ, 2008 ივლისი - "Proposal on Monitoring of Surface Waters in BiH", July 2008, Grontmij | Carl Bro A/S in consortium with REC BiH and NERI).

**ცხრილი: სამი ტიპის სამონიტორო სადგურების დახასიათება**

სამონიტორო სადგურის ტიპი	წყლის ნაკადის მონიტორინგი	წყლის ნიმუშის აღება ქიმიური ანალიზისთვის	ბიოლოგიური ნიმუშების აღება და ჰიდრომორფოლოგია	ტრანსპორტირების ყოველწლიური გაანგარიშება
ინტენსიური, ყოველწლიური	ყოველდღიური	ყოველთვიურად	წელიწადში ერთხელ (წყალსაცავებში – ყოველთვიურად)	დიახ
ინტენსიური, არაყოველწლიური	ყოველდღიური	ყოველთვიურად	წელიწადში ერთხელ (წყალსაცავებში – ყოველთვიურად)	დიახ
ექსტენსიური (ძირითადად მცირე და საშუალო ზომის მდინარეები)	გამოთვლა, შეფასება ან მონიტორინგი ხდება ნიმუშის აღების დღეს	ერთხელ პირველი სამი წლის განმავლობაში	ერთხელ პირველი სამი წლის განმავლობაში	არა

**ბიოლოგიური მონიტორინგის მოთხოვნები და ღირებულება**

ბიოლოგიური მონიტორინგის პროგრამის წარმოება შედარებით მარტივია. კრიტიკული მნიშვნელობისაა მაღალკვალიფიციური ბიოლოგების არსებობა (უფრო კონკრეტულად – ტაქსონომიის სპეციალისტებისა, რომლებიც იცნობენ შესასწავლი წყლის ობიექტის ეკოლოგიას). ამასთან, ჩვეულებრივ ამ სპეციალისტებს მხოლოდ ერთი ტიპის მონიტორინგში აქვს გამოცდილება. მაგალითად, მდინარეების მაკროსკოპული უხერხემლოების სპეციალისტის ტაქსონომიური ცოდნა ჩვეულებრივ, არასაკმარისია ტბების ფიტოპლანქტონის ნიმუშების დასამუშავებლად.

ბიოლოგიური ნიმუშების შესწავლისას საჭიროა სივრცე ლაბორატორიისთვის, აღჭურვილობა ნიმუშების ასაღებად, მანქანები, რეაქტივები ნიმუშების კონსერვაციისათვის, მიკროსკოპები, სახეობათა იდენტიფიკაციის ინსტრუქციები, კომპიუტერები, მონიტორინგის შედეგების შენახვის და შეტყობინების კომპიუტერული პროგრამები და სხვ., საერთოდ, ბიოლოგიური ლაბორატორიის აღჭურვა უფრო იაფია, რთული ქიმიური ანალიზების ჩასატარებელ ლაბორატორიასთან შედარებით.

მონიტორინგის პროგრამის (ბიოლოგიური, ქიმიური და ჰიდრომორფოლოგიური ანუ წყლის ნაკადის მონიტორინგი) საერთო ღირებულების პროცენტული წილი, რომელიც ბიოლოგიურ მონიტორინგზე გამოიყოფა, ცხადია დამოკიდებულია

მონიტორინგის პროგრამის აგებულებაზე. ზედაპირული წყლის მონიტორინგის “ჩვეულებრივი” პროგრამისთვის, რომელიც ითვალისწინებს წყლის ჩარჩო ღირებულების მოთხოვნებს და ოპტიმიზებულია გადაწყვეტილების მისაღებად საჭირო ინფორმაციის მოპოვების თვალსაზრისით, აღნიშნული წილი შეადგენს პროგრამის მთლიანი ღირებულების დაახლოებით 1/3-ს.

### **მდინარეების მაკროსკოპული უხერხემლოების მონიტორინგის შესავალი**

სომხეთში, აზერბაიჯანსა და საქართველოში წყლის ჩარჩო ღირებულების WFD მეთოდოლოგიის მიხედვით ბიოლოგიური მონიტორინგის დანერგვის საწყის სტადიაზე რეკომენდებულია ფოკუსირება მდინარეების მაკროსკოპული უხერხემლოების მონიტორინგზე. მოგვიანებით, ბიოლოგიურ მონიტორინგში შეიძლება ჩაირთოს მდინარეების ბიოლოგიური მონიტორინგის სხვა ხარისხობრივი ელემენტებიც და აგრეთვე ტბების, წყალსაცავების, გარდამავალი და სანაპირო წყლების ხარისხობრივი ელემენტები.

ვინაიდან ამ სამ ქვეყანაში ბიოლოგიური მონიტორინგის გამოცდილება საკმაოდ შეზღუდულია, შემოთავაზებულია 2-3-წლიანი ტექნიკური დახმარების პროექტის შემუშავება, რომლის ფარგლებშიც მოხდება სამი ქვეყნის სპეციალისტების ტრენინგი მდინარეების მაკროსკოპული უხერხემლოების მონიტორინგში. სპეციალისტების ტრენინგი იმგვარად უნდა წარიმართოს, რომ მათ შემდგომ თვითონ შეძლონ ტრენინგების ჩატარება.

ტრენინგის პარალელურად, პროექტის ფარგლებში უნდა მოხდეს მაკროსკოპული უხერხემლოების საზოგადოებების საბაზისო კვლევა სამი ქვეყნის მდინარის წყლის ობიექტებში, სახელმძღვანელოების და წესების შემუშავება და ა.შ.

### **დანართი 1: მდინარეები, მაკროსკოპული უხერხემლოები. ეკოლოგიური სტატუსის შესაფასებელი ბიოტური მაჩვენებლები.**

მდინარეების ეკოლოგიური სტატუსის კლასიფიკაციისთვის რეკომენდებულია მულტიმეტრული ინდექსის შემუშავება და დანერგვა, მაკროსკოპული უხერხემლოების საფუძველზე. რეკომენდებულია ბიოტური მაჩვენებლების გამოყენება, რომლებიც შემდეგ სამ ასპექტს აღწერს:

1. შეფარდება სენსიტიურ და ტოლერანტულ ფორმებს შორის (უკანასკნელთა შორის იგულისხმება ის ფორმებიც, რომელთა სტიმულაცია ხდება ორგანული დაბინძურებით);
2. მაკროსკოპულ უხერხემლოთა რაოდენობა და შეფარდებითი რაოდენობა;
3. მრავალფეროვნება და სიმდიდრე.

აღნიშნული სამიდან თითოეულ კატეგორიაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ერთზე მეტი მაჩვენებელი. მულტიმეტრული ინდექსი უნდა იზომებოდეს 0-დან 1-მდე სკალაზე (ან შესაძლებელი უნდა იყოს მისი გადაყვანა ამ სკალაზე), სადაც 1 შეესაბამება შეუცვლელ რეფერენსულ (შესადარებელ) მდგომარეობას. პირველი ასპექტი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების გაფლენის შეფასებისას.

სავარაუდოდ სისტემის გამოსადეგი მრავალი მაჩვენებელი აღწერილია ევროკავშირის პროექტის AQEM ფარგლებში და წარმოდგენილია AQEM-ის ვებ გვერდზე დოკუმენტში „AQEM სისტემის გამოყენების ინსტრუქცია“ (MANUAL FOR THE APPLICATION OF THE AQEM SYSTEM)<sup>2</sup>. გარდა ამისა, ევროკავშირის პროექტის Euro-Limpacs ფარგლებში შემუშავებულია ევროპის მტკნარი წყლების მონაცემთა ბაზა<sup>3</sup>.

ბიოლოგიური ინდექსის გამოთვლა ხდება იდენტიფიცირებულ (და გარკვეულ დონემდე დათვლილ) უხერხემლოთა საფუძველზე. მონიტორინგის შედეგები შეიძლება გამოვიყენოთ მრავალი სხვადასხვა მაჩვენებლის გამოთვლისთვის. მომავალში შესაძლებელია ახალი ტიპის ინდექსზე გადასვლა, ხოლო მისი მნიშვნელობის გამოსათვლელად მონიტორინგის იგივე “ნედლი” მონაცემების გამოყენება (სახეობათა ჩამონათვალი და ა.შ.)

---

<sup>2</sup> AQEM. ევროკავშირის წყლის ჩარჩო დირექტივის სისტემა ეკოლოგიური ხარისხის შესაფასებლად ევროპის გამდინარე წყლებში, სადაც უხერხემლოები ბინადრობენ: <http://www.aqem.de/>

<sup>3</sup> Euro-Limpacs. ევროპის მტკნარი წყლების ტაქსონების დეტალური მონაცემთა ბაზა: <http://www.freshwaterecology.info/>