

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი



აგრარული და მემბრანული
ტექნოლოგიების ინსტიტუტი

აჭარის შავი ზღვის სანაპირო ზოლის
დაბინძურების კვლევის შედეგები პლაზმური
ატომურ –ემისიური სპექტომეტრის გამოყენებით

მომხსენებლები:

ნინო კიკნაძე

აგრარული და ჯვების პროდუქტების ტექნოლოგიების
განყოფილების მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი,
ასოცირებული პროფესორი,
სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი

ნარგიზ მეგრელიძე

მემბრანული ტექნოლოგიების განყოფილების
უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, ქიმიის აკადემიური დოქტორი

ბათუმი-2021

კვლევის აქტუალობა

შავი ზღვის სანაპირო ზოლი წარმოადგენს რეკრეაციულ, აქტიური თევზჭერის, წყალოსნური სპორტის, საბანაო, ტურიზმის, პორტების და ტერმინალების განლაგების ზონას.

აუცილებელია მისი წყლების ქიმიური შედგენილობის, სისუფთავის ხარისხის სისტემატური კვლევა, პერიოდული კომპლექსური მონიტორინგების ჩატარების საფუძველზე.

შავი ზღვა



სამეურნეო მნიშვნელობა

სატრანსპორტო მნიშვნელობა

ტურისტულ-რეკრეაციული მნიშვნელობა





goBatumi.com

შავი ზღვა მსოფლიოში ერთ-ერთ ყველაზე დაბინძურებულ ზღვად მიიჩნევა, მისი მდგომარეობა ბოლო ათწლეულებში მკვეთრად გაუარესებულია. შავი ზღვის ფართობია - 422 000 კმ². საშუალო სიღრმე - 1240 მ, უდიდესი სიღრმე - 2210 მ. სიგრძე – 1150 კმ; სიგანე – 580 კმ მარილიანობა – 17-18-დან 22-22,5 ‰-მდე ნალექები – 300-500–დან 1800-2000 მმ–მდე შავი ზღვის უკიდურესი აღმოსავლეთი წერტილი – ბათუმსა და ფოთს შორის. მსხვილი პორტები: ოდესა, სოხუმი, ბათუმი, ფოთი, ქერჩი, ტუაფსე, სევასტოპოლი, ვარნა, ნოვოროსიისკი, ტუაფსე, ტრაბზონი და სხვა.

შავი ზღვის ეკოსისტემა განსაკუთრებით მოწყვლადია, აქ როგორც ბუნებრივად არსებული, ისე ხელოვნურად შექმნილი ბევრი პრობლემაა.

შავ ზღვაში მცხოვრებ სახეობებს საკმაოდ რთულ ბუნებრივ პირობებში უწევთ არსებობა, რადგან **ჟანგბადით მდიდარი ზღვის მხოლოდ 10-13%-ია !**

წყლის ზედა ნაწილი O_2 -ით ჰაერიდან მარაგდება, 150-180 მეტრის ქვემოთ წყალი H_2S -ით არის გაჯერებული.

შავი ზღვის 87-90% ჟანგბადს მოკლებული სივრცეა.



„ზღვის გაბინძურება - ადამიანის მიერ პირდაპირ ან ირიბად მასში ისეთი ნივთიერებების და ენერჯის შეტანას, რომლებიც აზიანებენ ცოცხალ რესურსებს, ხიფათს უქმნიან ადამიანის სიცოცხლეს, იწვევენ სარეკრეაციო და დასასვენებელი პირობების გაუარესებას” (გაეროს 1982 წ. კონვენცია).



შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთ 30კმ სიგრძის სანაპირო ზონაში – მდ. ჭოროხის შესართავიდან მდ.რიონამდე, განლაგებულია ორი უმნიშვნელოვანესი პორტი – **ბათუმი და ფოთი.**



ზღვის წყლის გამაჭუჭყიანებლები:

- ქიმიური გაჭუჭყიანება;
- ნავთობი და ნავთობპროდუქტები;
- პესტიციდები;
- ვირუსები და ბაქტერიები;
- ჩამდინარე წყლები

ძირითადი გამაჭუჭყიანებელი ფაქტორებია:

- ქიმიური გაჭუჭყიანება;
- ბაქტერიოლოგიური გაჭუჭყიანება

!დაბინძურების წყაროები!

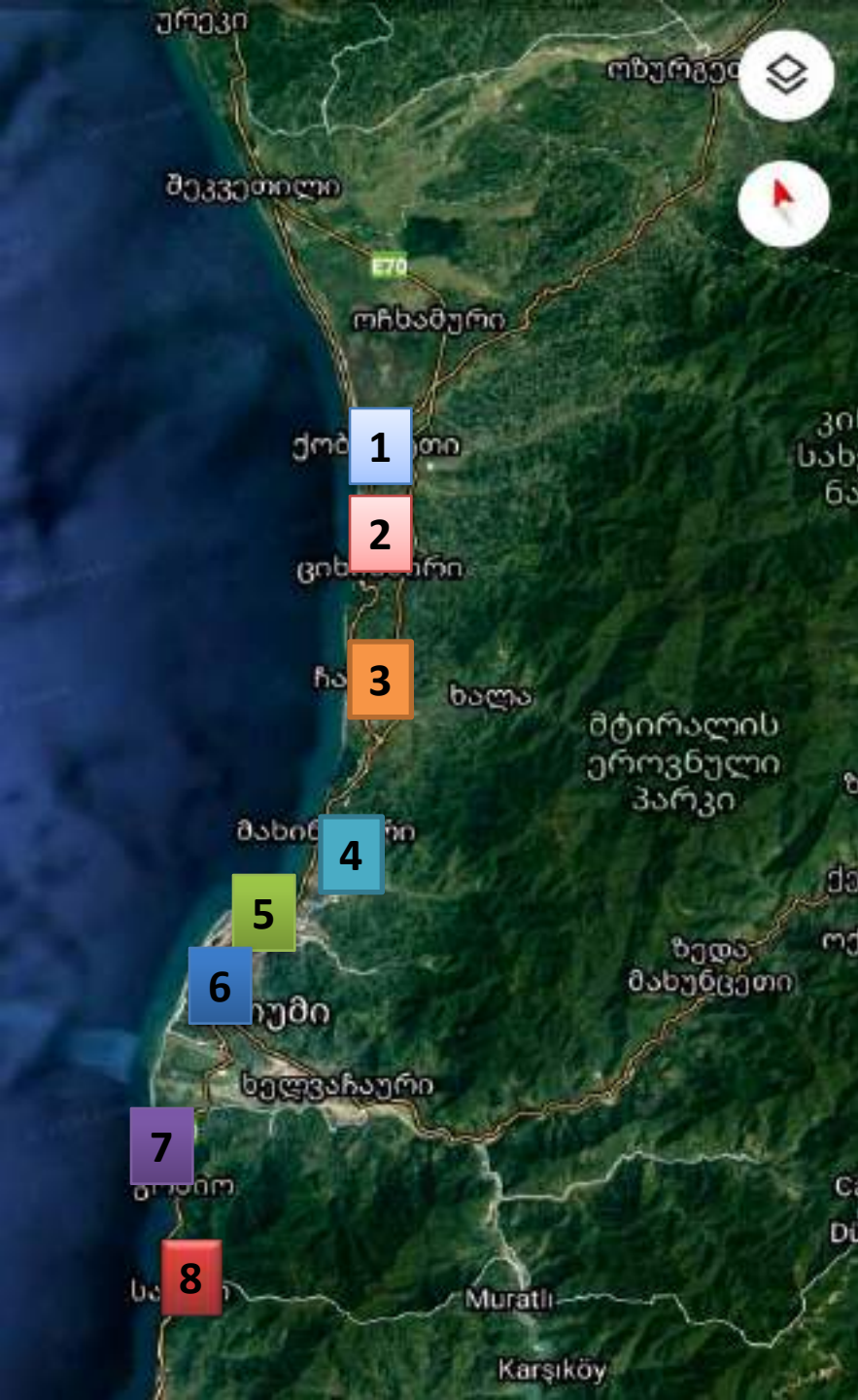
- მოუწესრიგებელი ნაგავსაყრელები;
- კანალიზაციის გაუმართავი სისტემა;
- ჩამდინარე წყლები;
- მცენარეთა დაცვის საშუალებები;
- სხვადასხვა საწარმოები.



კვლევის მიზანი

შავი ზღვის აჭარის სანაპირო
ზოლის წყლების ქიმიურ –
ეკოლოგ იური მდგომარეობის
შეფასება,

ინსტრუმენტული კვლევის
თანამედროვე მეთოდით –
პლაზმური ატომურ-ემისიური
სპექტრომეტრიით (ICPE-9820)



ლოკაციის ადგილები:

1. ფიჭვნარის სანაპირო

2. მდ. კინტრიშის შესართავი ზღვასთან

3. ჩაქვის სანაპირო

4. მდ. ყოროლიწყალის შესართავი ზღვასთან

5. პორტთან მიმდებარე სანაპირო ზოლი

6. საზღვაო სადგურთან მიმდებარე პლიაჟი

7. გონიოს ლოკაციები:

- სანაპირო ზოლი (მდ. აჭარისწყლის შესართავამდე);
- ზღვის სანაპიროდან 400-500 მ სიღრმეში (აქტიური თევზჭერის ზონა)

8. კვარიათის სანაპირო

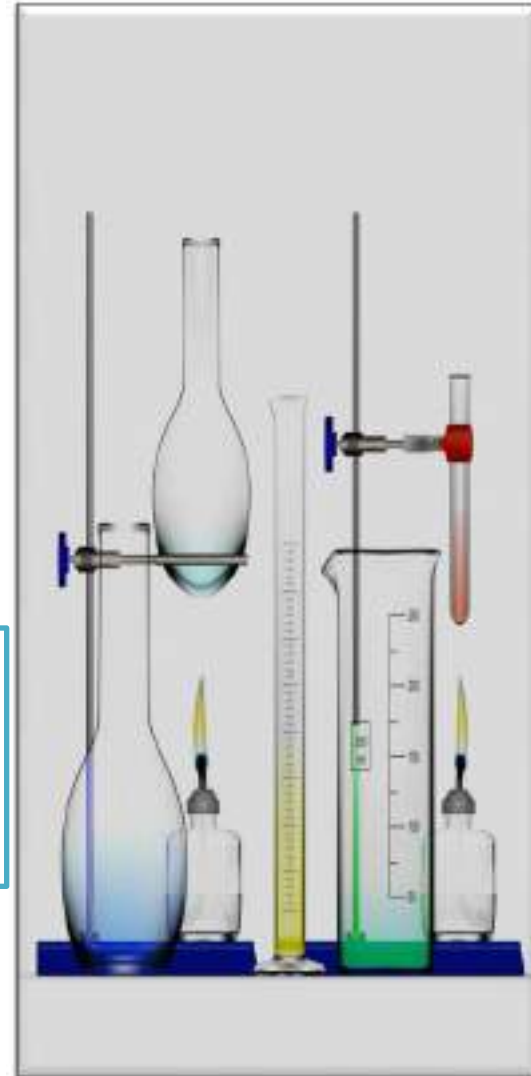
კვლევის ამოცანები

ზღვის წყლის ნიმუშებში ექსპერიმენტულად განისაზღვრა:

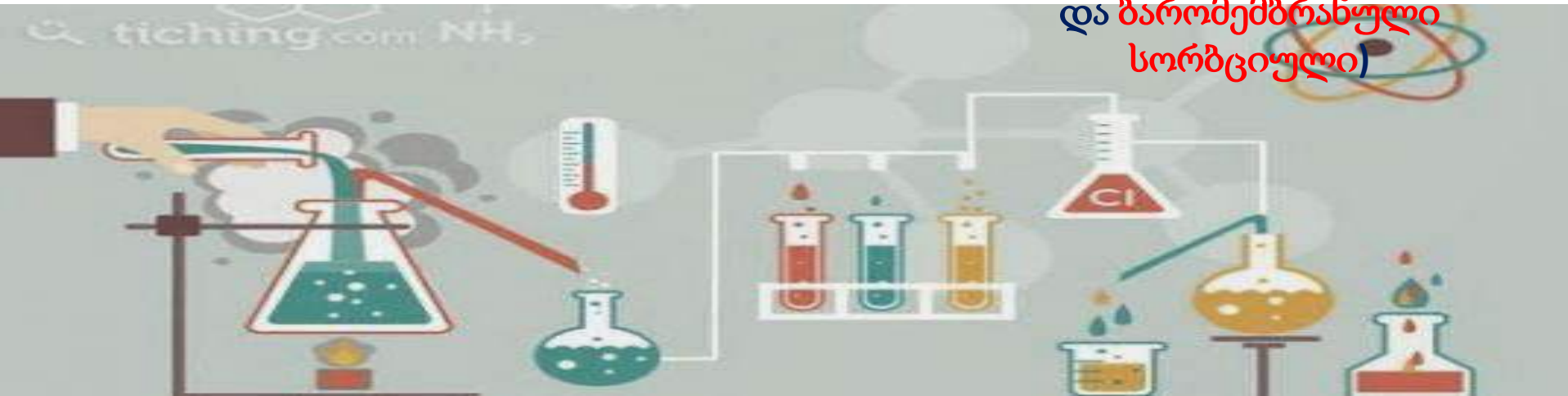
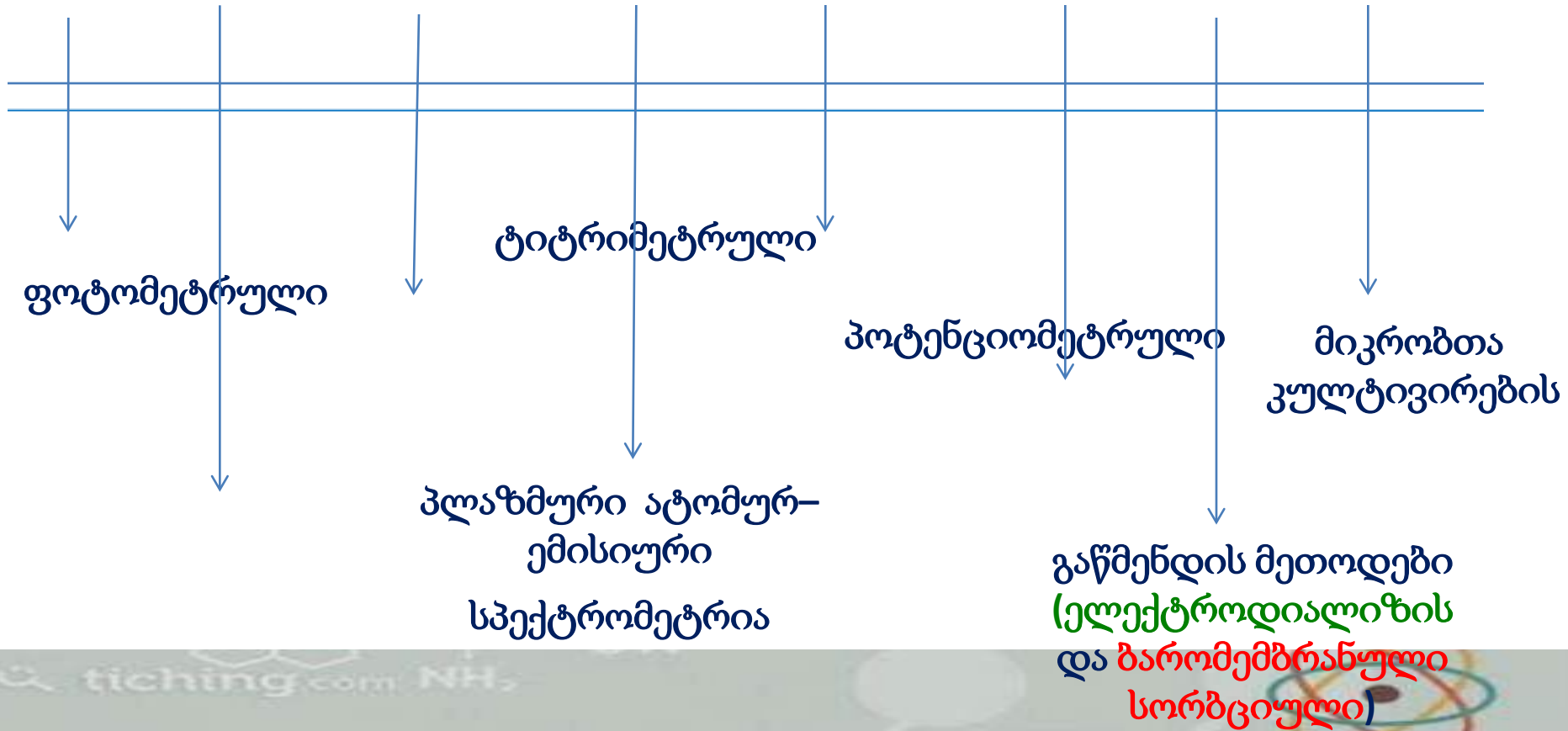
1. ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები
(ფერი, სუნი, გამჭირვალობა, მოტივტივე ნაწილაკები);

2. მულტიელემენტური შემადგენლობა პლაზმური
ატომურ –ემისიური სპექტრომეტრით
(Al, Ca, Mg, Si, Fe, K, P, Na, As, Cr, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, B, Ba,
Pb, Cd, V, Hg, Li, Sb, Se, Ti, Tl)

3. ზოგიერთი ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური მაჩვენებელი
ელექტროდიალიზურ და ფილტრაციულ დანადგარებზე
გატარებამდე და გატარების შემდეგ
(წყლის გასუფთავების მეთოდის დაზუსტების მიზნით)



კვლევის მეთოდები



მატერიალურ - ტექნიკური ბაზა



ბსუ-ს აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტი:

- პლაზმური ატომურ –ემისიური სპექტრომეტრის;
- ანალიზური ქიმიის და მიკრობიოლოგიის;
- ელექტრომემბრანული ტექნოლოგიების;
- სორბციული პროცესების ლაბორატორიები



ექსპერიმენტული ნაწილი

ზღვის წყლის ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები

- ❖ გონიოს სანაპირო ზოლში ზღვის წყლის სუნის ინტენსივობა შეადგენს 2 ბალს, რაც დასაშვები ნორმის ზღვარზეა. წყალი სუსტად მღვრიეა, არადამახასიათებელი მომწვანო-მოყვითალო ფერით. მოტივტივე ნაწილაკები შეიმჩნევა წყლის ზედაპირიდან 0-20სმ სიღრმემდე, რაც ასევე დაუშვებელია .
- ❖ იმავე ლოკაციიდან 400-500 მეტრის დაშორებით, ზღვის სიღრმეში აღებულ ნიმუშში სუნის ინტენსივობა 0-1 ბალია, წყალი გამჭვირვალეა, მოტივტივე ნაწილაკების გარეშე.

№	ადგილმდებარეობა	სუნი, ბალი	გამჭვირვალობა	შეფერილობა	მოტივტივე ნაწილაკები
1.	გონიოს სანაპ.ზოლი (მდ.აჭარისწყლის შესართავამდე)	2	სუსტი მღვრიე	მომწვანო-მოყვითალო	(შეიმჩნევა) ზედაპირიდან 0-20 სმ სიღრმემდე
2.	გონიო, ზღვის სანაპ. 400-500 მ სიღრმეზე (აქტ. თევზჭ. ზონა)	0 - 1	გამჭვირ-ვალე	—	—
	ნორმა	2 ბალი	0-30 სმ-ზე უნდა იყოს გამჭვირ-ვალე	დაუშვებელია უცხო შეფერი-ლობა 0-10 სმ-ზე	წყლის ზედაპირზე და ზედა ფენაში არ უნდა იყოს ზღვის წყლისთვის არადამახასიათებელი მოტივტივე ნაწილაკები

ზღვის წყლის ორგანოლოგტიკური მაჩვენებლები სხვადასხვა ლოკაციებზე

№	ადგილმდებარეობა	აღებული ნიმუშის მოცულობა, მლ	სუნი, ბალი	გამჭვირვალობა	შეფერილობა	მოტივტივე ნაწილაკები
1	ფიჭვნარის სანაპირო ზოლი	2000	0	გამჭვირვალე	----	-----
2	კინტრიშის შესართავი ზღვასთან		3	მღვრიე	----	შეიმჩნევა ზედაპირიდან 0-40 სმ სიღრმემდე
3	ჩაქვის სანაპირო ზოლი		2	სუსტი მღვრიე	----	შეიმჩნევა ზედაპირიდან 0-10 სმ სიღრმემდე
4	ყოროლისწყალის შესართავი ზღვასთან		3	სუსტი მღვრიე	-----	შეიმჩნევა ზედაპირიდან 0-30 სმ სიღრმემდე
5	პორტის სანაპირო ზოლი		5	ძლიერ მღვრიე	უცხო მომწვანო-მოყვითალო	შეიმჩნევა ზედაპირიდან 0-50 სმ სიღრმემდე
6	კვარიათის სანაპირო		0	გამჭვირვალე	----	-----
	ზღვ		2 ბალი	0-30 სმ უნდა იყოს გამჭვირვალე	დაუშვებელია 0-10 სმ	წყლის ზედაპირზე და ზედა ფენაში არ უნდა იყოს ზღვის წყლისთვის არადაამახასიათებელი მოტივტივე ნაწილაკები

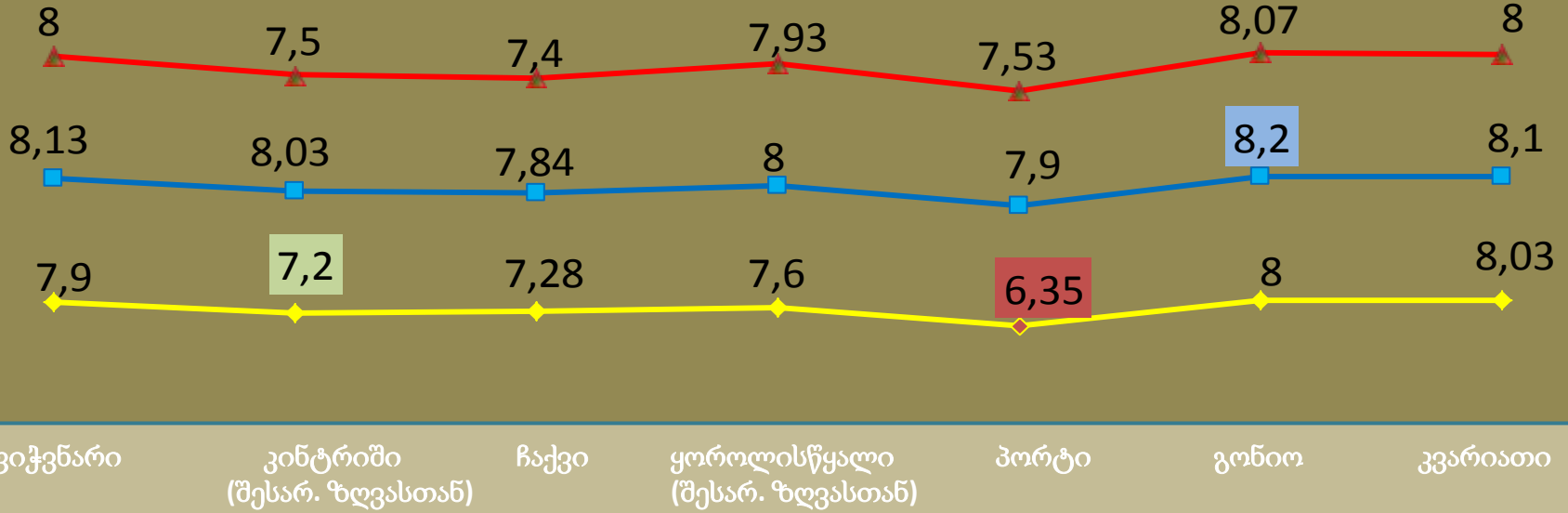
ზღვის წყლის ტემპერატურა და pH გონიოს ლოკაციებზე

№	ადგილმდებარეობა	შემოდგომა	
		T, °C	pH
1	გონიოს სანაპირო ზოლი (აჭარისწყლის შესართავამდე ზღვასთან)	10	7,53
2	გონიო, ზღვის სანაპიროდან 400-500 მ სიღრმეზე (აქტიური თევზჭერის ზონა)	6	8,03
ზღვ			6,5-8,5

- გონიოს სანაპირო ზოლში წყლის ტემპერატურა თებერვალში იყო 10°C, ხოლო სანაპიროდან 400-500 მეტრის დაშორებით მისმა კლებამ შეადგინა 4°C.
- pH იმყოფებოდა ზღვ-ს ფარგლებში. ნიმუშის აღება წარმოებდა ზამთრის სეზონზე, როცა ზღვის წყლის საკმაოდ განეიტრალეზა ხდებოდა როგორც ნალექების ჭარბი რაოდენობით, აგრეთვე მდინარე აჭარისწყლის მტკნარი წყლის უზვი ჩამონადენით
- ზღვის სიღრმეში, სადაც მდინარის ჩამონადენი მტკნარი წყლის მასების აქტიური ქმედება შენელებულია, დაფიქსირდა pH-ის მატება 8,03-მდე (სუსტი ტუტე არე).
- ორივე ნიმუშში pH-ის მნიშვნელობა იმყოფება ზღვის წყლისათვის დასაშვები ზღვ-ს ფარგლებში.

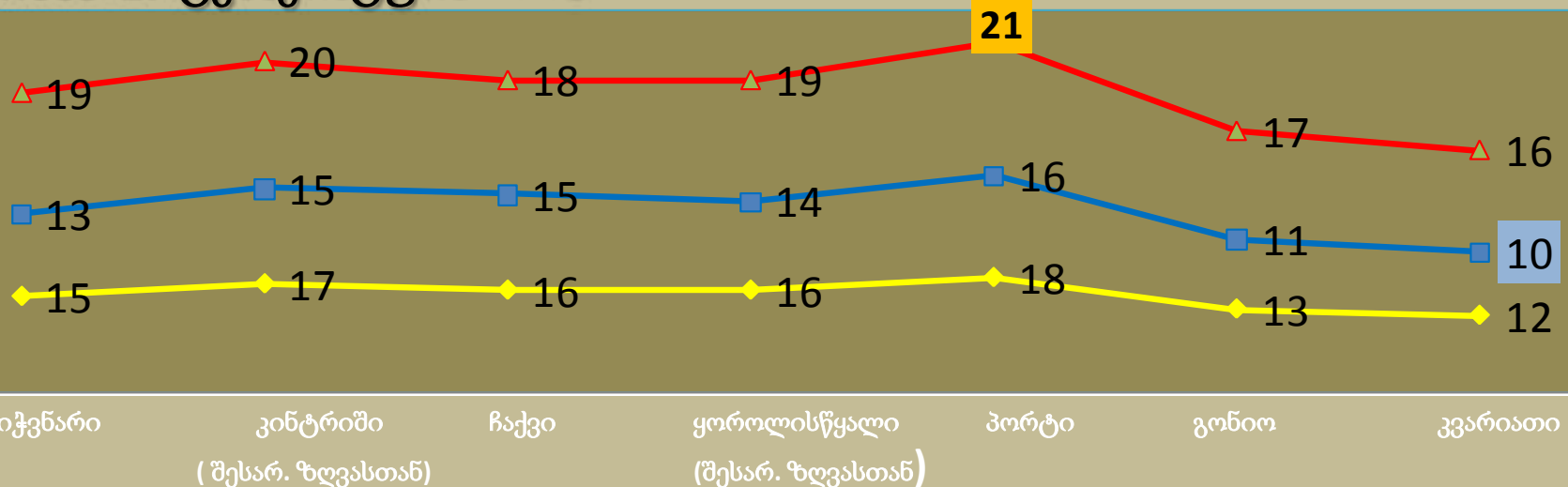
pH

pH, ზღვ 6,5-8,5



დიაგრამა 2. ტემპერატურა T °C

შემოდგომა (yellow diamond), ზამთარი (blue square), გაზაფხული (red triangle)



! პორტის სანაპირო წყლებში pH არ იმყოფება ზღვ-ს ფარგლებში !

**ზღვის წყლის
მულტიელემენტური ანალიზის ექსპერიმენტული
შედეგები
პლაზმური ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრით
ICPE-9820**



ICPE-9000 элементный анализ



1 ppb и менее



1-10 ppb



10-100 ppb



100 ppb и более

1a	2a	3b	4b	5b	6b	7b	8					1b	2b	3a	4a	5a	6a	7a	0
1 H																		2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar		
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
55 Cs	56 Ba	* L	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra	** A																	

* L	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** A	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

ICPE-9000
Пределы обнаружения

1 ppb и менее
1-10 ppb
10-100 ppb
100 ppb и более

მაკროელემენტები, მგ/ლ

- ❑ შავი ზღვის წყლის ძირითადი მარილწარმომქმნელი იონებია: Na, Mg, K, Ca.
- ❑ აღნიშნულ მაკროელემენტებს შორის წამყვანი როლი უჭირავს ნატრიუმს.
- ❑ ზღვის სანაპიროზე დადგინდა მაკროელემენტების შემდეგი თანაფარდობა:
Na : Mg : K : Ca = 1 : 4 : 9 : 14.
- ❑ ზღვის სიღრმეში (400–500 მ სანაპიროდან) მაკროელემენტთა თანაფარდობაა:
Na : Mg : K : Ca = 1 : 5 : 11 : 14
- ❑ ალუმინის და სილიციუმის კონცენტრაციები იმყოფება ზღვ –ს ფარგლებში.
- ❑ ფოსფორის კონცენტრაცია სანაპირო ზოლიდან აღებულ წყლის ნიმუშში აღემატება ზღვ-ს (0,028 მგ/ლ), რაც მეტყველებს იმ გარემოებაზე, რომ ეს ლოკაცია დასაშვებ ნორმებზე მეტად იყო გაბინძურებული ორგანული ნივთიერებებით.

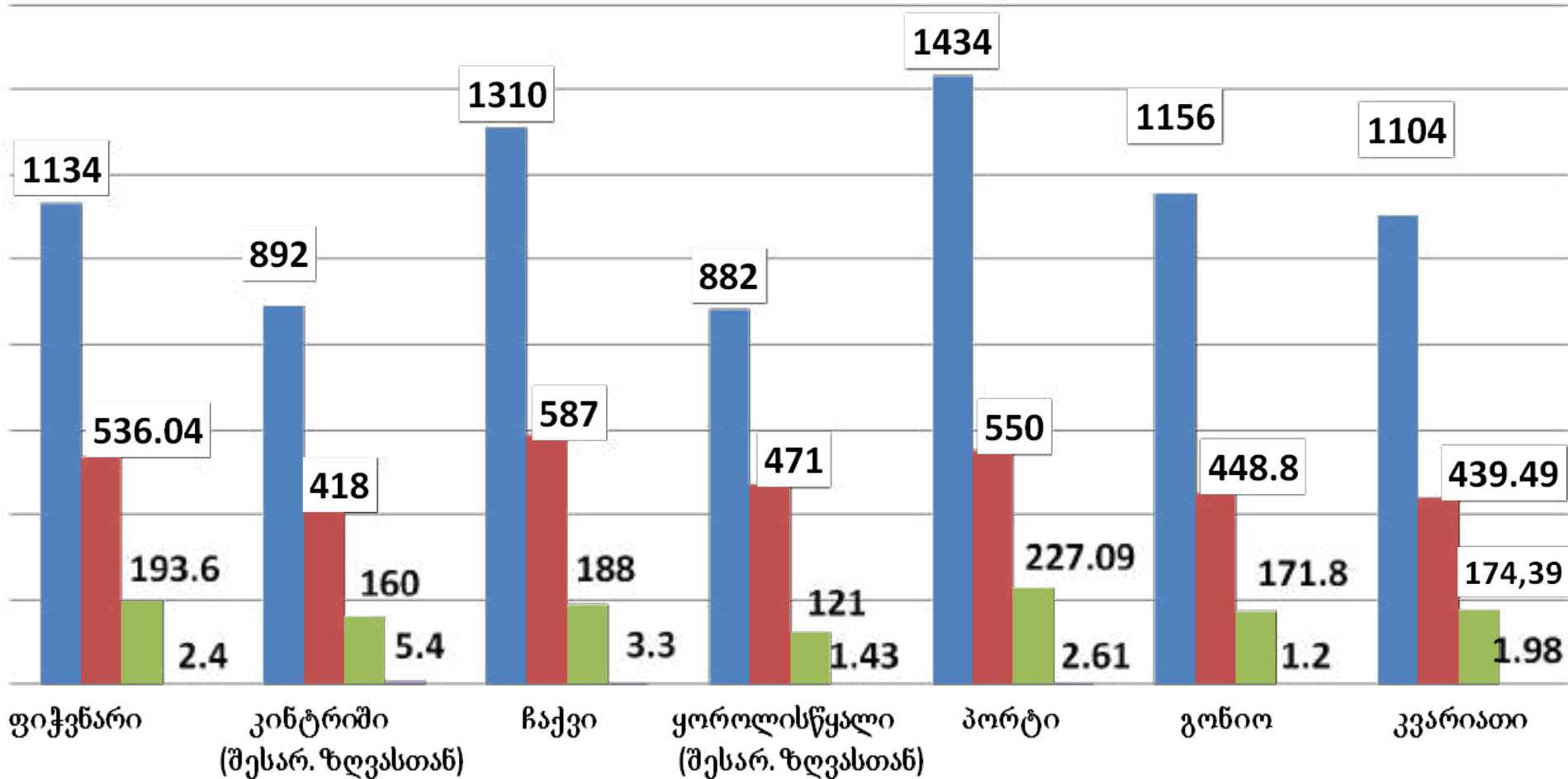
ლოკაცია	Al	Ca	Mg	Na	P	K	Si
გონიოს სანაპირო ზოლი (მდ. ჭოროხის შესართავთან)	0.228	201	604	2810	0.0373	297	3.495
გონიო, ზღვის სანაპიროდან 400-500 მ სიღრმეზე (აქტიური თევზჭ. ზონა)	0.193	178	519	2580	0.0199	235	3.371
ზღვ, მგ/ლ	1,0	-	-	-	0,028	-	10,0

ზღვის წყლის მულტიელემენტური ანალიზი

სხვადასხვა ლოკაციაზე, მგ/ლ

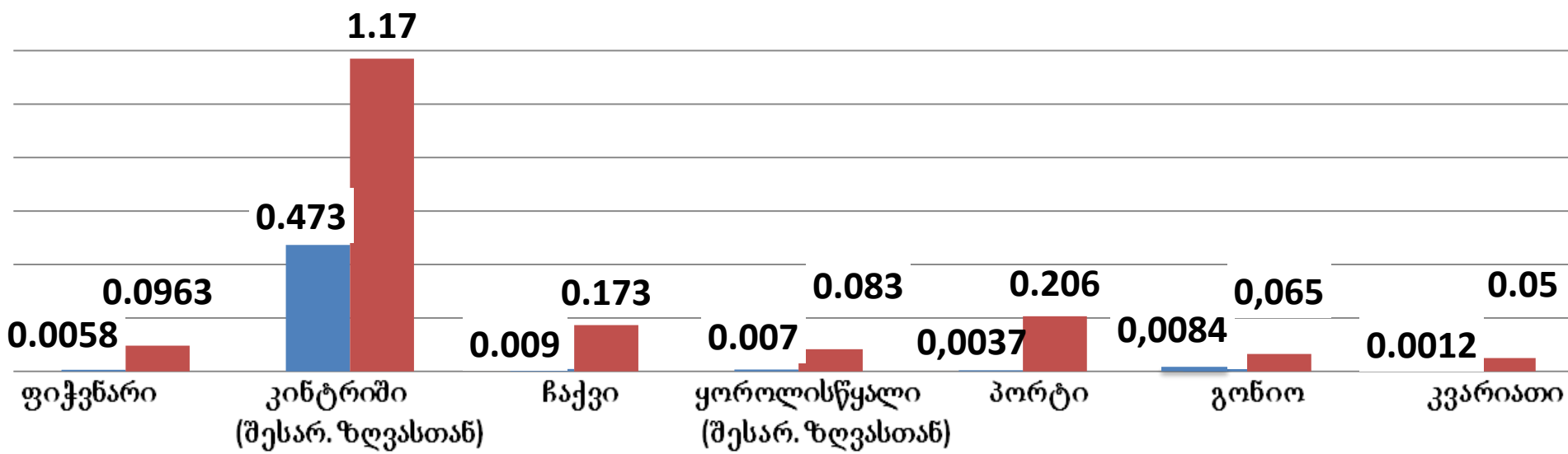
მაკროელემენტები $Na > Mg > Ca > K$

■ Na ■ Mg ■ Ca ■ K



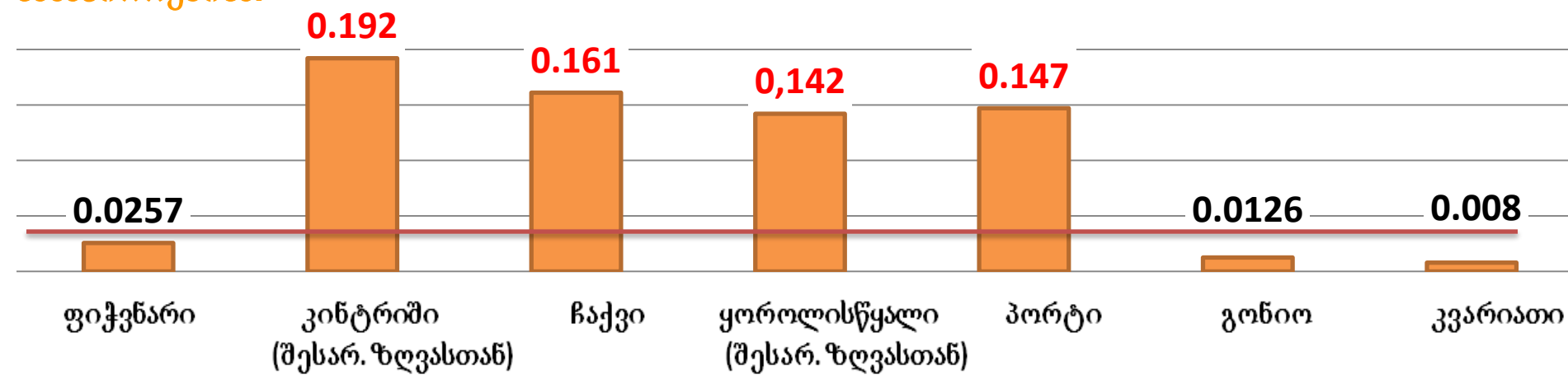
■ AI (ზღვ 1,0)

■ Si(ზღვ10,0)



P-ის შემცველობა აღემატება ზღვ-ს თითქმის ყველა ლოკაციაზე, გარდა კვარიათის, გონიოს და ფიჭვნარის სანაპიროებისა.

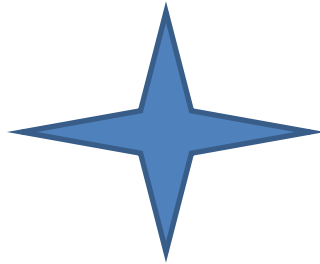
■ P(ზღვ 0,028)



აღმოჩენის ზღვარს ქვემოთ იმყოფება:



**Be; Sb; Ti; V; Li;
Se; Mn; Mo; Fe**

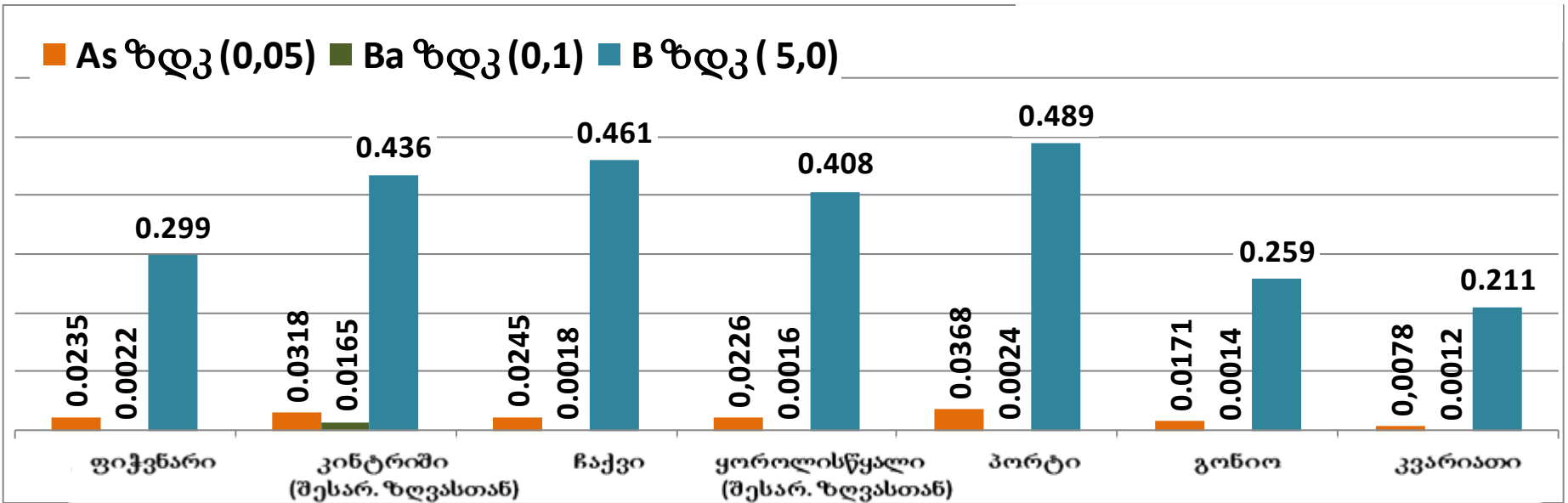
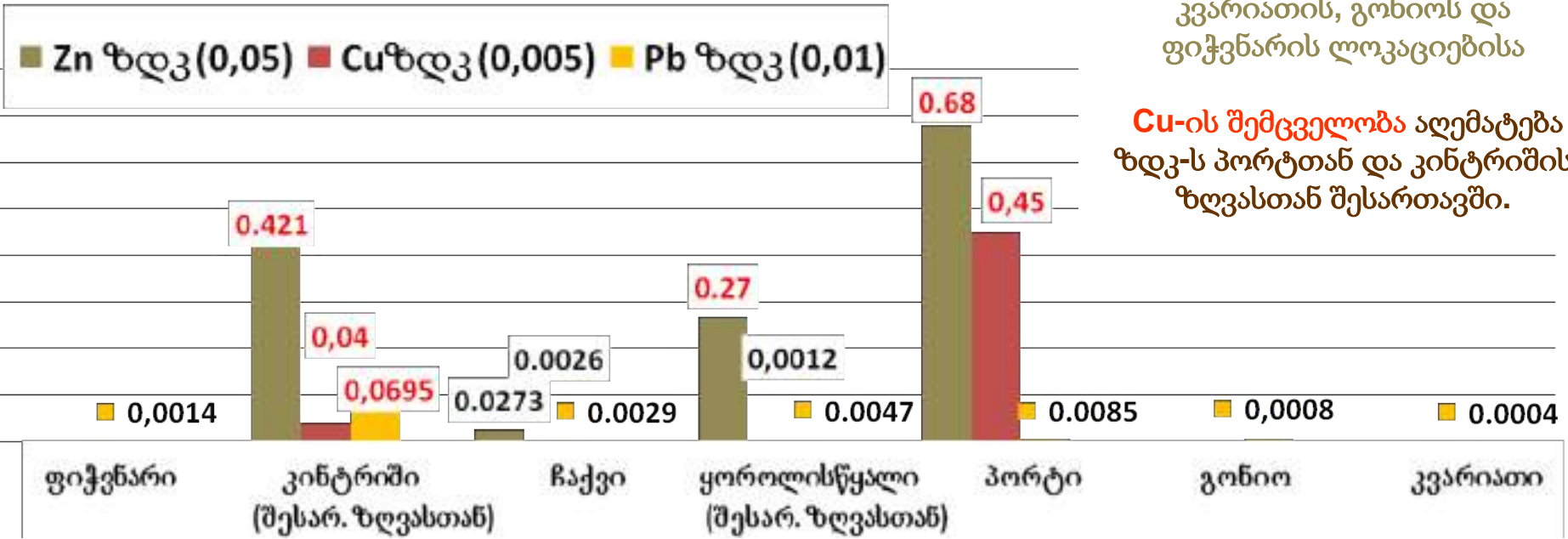


ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციას არ აღემატება:

Al, As, B, Ba

Zn-ის შემცველობა აღემატება ზღვ-ს თითქმის ყველა ლოკაციაზე, გარდა კვარიათის, გონიოს და ფიჭვნარის ლოკაციებისა

Cu-ის შემცველობა აღემატება ზღვ-ს პორტან და კინტრიშის ზღვასთან შესართავში.



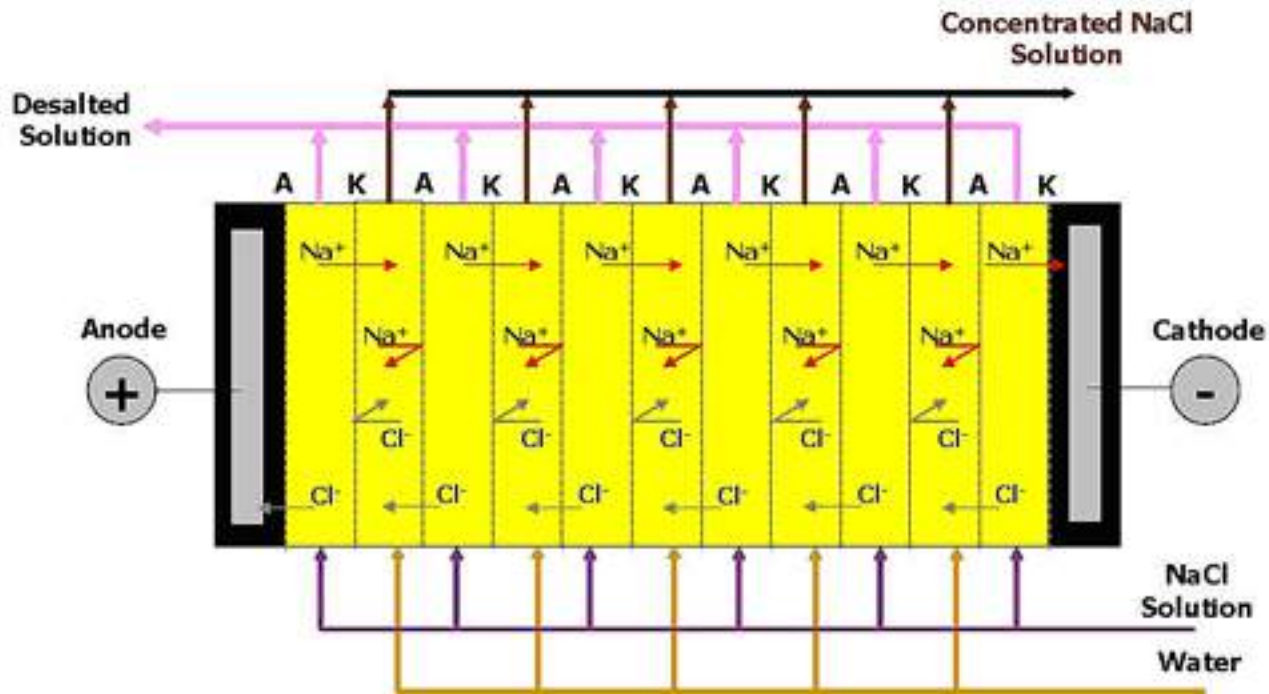


Pb, Cu, Zn-ის ზღვ-ზე მაღალი შემცველობა კონტრიშის ზღვასთან შესართავში შესაძლოა განპირობებული იყოს სამშენებლო მასალების და ბეტონის წარმოების ქარხანა-„ლევის“, ასევე „ტოიოტა ცენტრის“ სიახლოვით კონტრიშის ხიდთან.

სამშენებლო მასალების და ბეტონის წარმოების ქარხანა-„ლევი“ კონტრიშის შესართავში ზღვასთან

„ტოიოტა ცენტრი“ და ავტოსამრეცხაო
(კინტრიშის შესართავი ზღვასთან)





ზღვის წყლის გაწმენდის ეფექტური მეთოდის დასაზუსტებლად, ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა წყლის ელექტროდიალიზური მეთოდით გაწმენდა მოდელურ ელექტროდიალიზურ დანადგარზე.

წარმოდგენილია 2 ლოკაცია:

- 1) პორტის მიმდებარე სანაპირო ზოლი;
- 2) საზღვაო სადგურთან მიმდებარე პლიაჟი

ზღვის წყლის ზოგიერთი ქიმიური მაჩვენებელი ელექტროდიალიზამდე და ელექტროდიალიზურ დანადგარზე გატარების შემდეგ
ლოკაცია - პორტის სანაპირო ზოლი

№	პარამეტრი, განზომილება	საწყისი ნიმუში	I დიალიზატი $I=1,5A, U=7,0V$ გატარების დრო - 15 წთ	II დიალიზატი $I=1,0A, U=5,8V$ გატარების დრო - 10 წთ	III დიალიზატი $I=0,5A, U=3,9V$ გატარების დრო - 5 წთ
7	პერმანგანატული ჟანგვადობა, მგ O_2 /ლ (ზდკ - არაუმეტეს 3 მგ/ლ)	7,2	6,93	6,45	6,14
8	NH_4^+ , მგ/ლ (ზდკ - 0,39 მგ/ლ)	2,60	1,43	0,63	—
9	NO_2^- , მგ/ლ (ზდკ - 0,08 მგ/ლ)	4,48	3,98	2,67	1,48

ელექტროდიალიზის პროცესში :

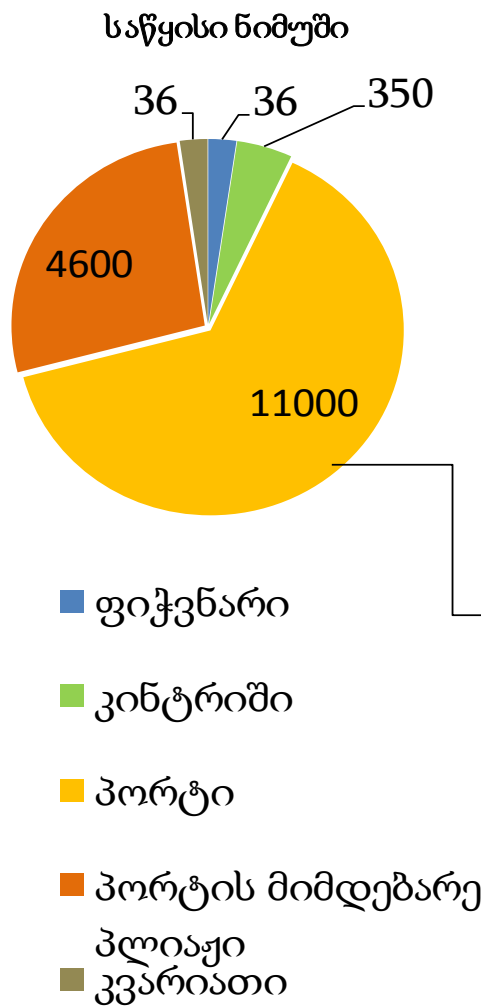
- **პერმანგანატული ჟანგვადობა** უმნიშვნელოდ მცირდება, რადგანაც ამ დროს ხდება მხოლოდ დისოცირებული იონების გადასვლა კონცენტრატში. ქიმიური ჟანგვადობა კი გამოწვეულია ძირითადად ორგანული ნაერთების არსებობით და შემცველობით წყალში;
- დაფიქსირდა **NH_4^+ -ის უფრო ეფექტური მოშორება, ვიდრე NO_2^- -ისა**, თუმცა ელექტროდიალიზის შედეგად ზღვის წყლის ნიმუშებში ორივე იონის კონცენტრაცია დაემვა ზდკ-ზე დაბლა, მაშინ როცა საწყის ნიმუშებში მათი შემცველობა აღემატებოდა ზდკ-ს.

ზღვის წყლის ზოგიერთი ქიმიური მაჩვენებელი ელექტროდიალიზამდე და ელექტროდიალიზურ დანადგარზე გატარების შემდეგ

ბათუმის საზღვაო სადგურთან მიმდებარე პლიაჟი

№	პარამეტრი, განზომილება	საწყისი ნიმუში	I დიალიზატი I=1,5A, U=6,9V გატარების დრო- 15 წთ	II დიალიზატი I=1,0A, U=5,5V გატარების დრო - 10 წთ	III დიალიზატი I=0,5A, U=3,8V გატარების დრო - 5 წთ
1	პერმანგანატული ჟანგვალობა, მგO ₂ /ლ (ზღვ - არაუმეტეს 3 მგ/ლ)	6,1	6,03	5,90	4,86
2	NH ₄ ⁺ , მგ/ლ (ზღვ - 1,5 მგ/ლ)	2,11	1,23	0,50	—
3	NO ₂ ⁻ , მგ/ლ (ზღვ - 3,3 მგ/ლ)	3,98	2,50	1,52	0,52

საერთო კოლიფორმული ბაქტერიების რიცხვი 100 მლ ზღვის წყალში გაწმენდამდე და გაწმენდის მეთოდების გამოყენების შემდეგ




ნიმუში	ელექტრო დიალიზური აპარატი 15 წთ ; 10 წთ ; 5 წთ ;	ულტრაფილტრაციული აპარატი
ფიჭვნარი	0	0
კინტრიშის შესარ. ზღვასთან	0	0
პორტი	0	0
პორტის მიმდებარე პლიაჟი	0	0
კვარიათი	0	0

ზღვ: < 1000/100 მლ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის
 <500 /100 მლ -საბანაო ადგილებში
 <1000 /100 მლ - დასახლებულ ადგილებში


დასკვნები და რეკომენდაციები:

- ✓ ზღვის წყლის მულტიელემენტური შედგენილობის მიხედვით, დომინანტი მაკროელემენტებია:
Na-152-446მგ/ლ; Mg-368,8-536,04მგ/ლ; Ca-160,0-207,09მგ/ლ; K-1,20-5,40მგ/ლ.
- ✓ ზღვ-ს არ აღემატება Al, As, B, Ba-ის კონცენტრაციები.
- ✓ აღმოჩენის ზღვარს ქვემოთ იმყოფება Be, Sb, Ti, Tl, V, Li, Se, Mn, Mo, Fe.
- ✓ Pb-ის შემცველობა აღემატება ზღვ-ს (0,01მგ/ლ) კინტრიშის ზღვასთან შესართავში-0,0695მგ/ლ.
- ✓ ფოსფორის და თუთიის შემცველობა მეტია ზღვ-ზე ყველგან, გარდა კვარიათის, გონიოს და ფიჭვნარის სანაპიროებისა.
- ✓ Cu-ის კონცენტრაცია მეტია ზღვ-ზე-პორტთან და კინტრიშის ზღვასთან შესართავში.
- ❖ ბარომემბრანული პროცესებით სრულად ხდება ზღვის წყლის გაუსნებოვნება, მაგრამ კონცენტრატის 5% -ში მიკრობებია კონცენტრირებული - გვაქვს უტილიზაციის პრობლემა!
- ❖ ელექტროდიალიზით დადგენილია 5 წთ-ში წყლის სრული გაუსნებოვნება, არ გვაქვს კონცენტრატი, ამიტომ უპირატესობას ვანიჭებთ ელექტროდიალიზს.
- ❖ კომბინირებული მეთოდის ეკონომიურობის ამაღლების მიზნით, სორბციული და მემბრანული ტექნოლოგიების გამოყენება უნდა მოხდეს დაბინძურების წყაროსთან უშუალო სიახლოვეს.



ექსპერიმენტული კვლევების ჩატარების პროცესში ტექნიკური მხარდაჭერისთვის მადლობას ვუცხადებთ: აგრარული და მემზრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის თანამშრომლებს:
ლამზირა კონცელიძეს, ლუბა ლორიას,
მედეა მელიმონაძეს, ქეთევან თენეიშვილს
ქეთევან ჯიბლაძეს, ნინო ხარაზს;
ინსტიტუტის დირექტორს – ბატონ რაულ გოცირიძეს.

სამეცნიერო სემინარის თემატიკაზე მუშაობის პერიოდში, ქიმიის სპეციალობის მაგისტრმა – ანა ხახუტაიშვილმა და ეკოლოგიის სპეციალობის მაგისტრმა – ენრი სურმანიძემ განახორციელეს თავისი სამაგისტრო ნაშრომების ექსპერიმენტული ნაწილის კვლევები, რომლებიც წარმოადგენენ ზემოაღნიშნული სამეცნიერო მიმართულების ნაწილს.





გმადლობთ ყურადღებისთვის!



ნიმუშების და სტანდარტული
ხსნარების
მომზადების პროცესი



წყლის ნიმუშების აღება გონიოს
ლოკაციიდან, ზღვის სანაპიროდან 400-500 მ
სიღრმეში (აქტიური თევზჭერის ზონა)

