

მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

**2013 წლის
სამეცნიერო ანგარიში**

ინსტიტუტის დირექტორი - გ. ბიბილეიშვილი

სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა:

№	სახელი, გვარი	თანამდებობის დასახელება	სტრუქტურული დანაყოფი
1	გიორგი ბიბილეიშვილი	დირექტორი	ადმინისტრაცია
2	ნანა სვანიძე	მთავარი სპეციალისტი	-
3	გურამი ბუთხუზი	სპეციალისტი	-
4	ლეილა თანანაშვილი	სწავლული მდივანი	-
5	კარლო დომიანიძე	სტრუქტ.ერთ.ხელმძღვანელი	მემბრანული პროცესების კვლევის განყოფილება
6	დავით სათირიშვილი	მეცნიერ თანამშრომელი	-
7	ნინო მუმლაძე	მეცნიერ თანამშრომელი	-
8	დოდო აბულაძე	უფროსი ლაბორანტი	-
9	ტერეზა თოღაძე	ლაბორანტი	-
10	ნელი ვარდიაშვილი	ტექნიკოსი	-
11	ელენე კაკაბაძე	სტრუქტ.ერთ.ხელმძღვანელი	მემბრანული ტექნოლოგიისა და ტექნიკის დამუშავების განყოფილება
12	ლიანა ყუფარაძე	მეცნიერ თანამშრომელი	-
13	არჩილ გასიტაშვილი	მეცნიერ თანამშრომელი	-
14	კუქუნა სულხანიშვილი	ინჟ.-კონსტრუქტორი	-
15	ირა ჯალაღანია	ინჟ.-კონსტრუქტორი	-
16	ქეთევან კავთუაშვილი	უფროსი ლაბორანტი	-

17	ანზორ ნამორაძე	ლაბორანტი	-
18	ლამარა კვინტრაძე	ტექნიკოსი	-

**საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2013 წლისათვის
დაგეგმილი და შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები**

№	სამუშაოს დასახელება	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებლები
1	ულტრა- და ნანოფილტრაციული ბარომემბრანული პროცესების კომბინირებული მეთოდის კვლევა სასმელი წყლის ნაწილობრივი (1.5 – 3.5 მგ-ექვ/ლ) დემინერალიზაციისთვის	გ. ბიბილეიშვილი	მემბრანული პროცესების კვლევის განყოფილება, ხელმძღვანელი-კ.დომიანიძე

ბუნებრივი და წყალგაყვანილობის წყლის გაწმენდა, სტერილიზაცია, საჭირო დონეზე გამტკნარება (დემინერალიზაცია) განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია არა მარტო საყოფაცხოვრებო პირობებში, არამედ სასწავლო, სამკურნალო, პროფილაქტიკურ და საკვლევ-სამედიცინო დაწესებულებებში.

მიკროფილტრაციული, ულტრაფილტრაციული, ნანოფილტრაციული და უკუოსმოსური პროცესების გამოყენებით მემბრანული ნანოტექნოლოგიებისა და ნანოსისტემების დამუშავება, შექმნა და წყალმომზადების მიმართულებით საწარმოო დანერგვა საშუალებას იძლევა უზრუნველყოთ საბავშვო ბაღები, საგანმანათლებლო (სკოლები, უმაღლესი სასწავლებლები) და სამედიცინო დაწესებულებები სტერილური, საჭირო დონეზე დემინერალიზებული სასმელი წყლის მიღების სამამულო წარმოების აპარატურით. ენერგეტიკის, ფარმაცევტიული, სამხედრო, ქიმიური და კვების მრეწველობისათვის გარდამავალი (ნაწილობრივ დემინერალიზებული), დისტილირებული, ტექნოლოგიური და ზესუფთა წყლის მიღების სრულად ავტომატიზირებული, ადგილობრივი წარმოების მემბრანული აპარატურა სათანადო ნანოტექნოლოგიით.

წინა წლის თემატიკით გათვალისწინებული იყო წყლის იმ დონეზე დამუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს გრანულომეტრიული ზომების მოხედვით კოლოიდური და შეწონილი ნაწილაკების მთლიანი სპექტრისა და ბაქტერიების, რიკეტსიების, ვირუსებისა და მცენარეული წარმოშობის ერთი ან მრავალჯერდიანი მიკროორგანიზმების 100%-ით მოცილებას, რაც ბარომემბრანული პროცესით შეესაბამება მიკროფილტრაციას, ულტრაფილტრაციასა და მაღალფოროვან ნანოფილტრაციას. აქედან გამომდინარე წინამდებარე სამუშაოში განხილული იქნება ის ბარომემბრანული პროცესები (დაბალფოროვანი ნანოფილტრაცია და უკუოსმოსი), რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის მარილშემცველობის სხვადასხვა დონეზე შემცირებას.

ნანოფილტრაციული მემბრანები, რემლებიც ათვისებულ იქნენ წინა საუკუნის ბოლოს,

წარმატებით ახორციელებენ მონოვალენტური იონების გაყოფას. ნანომასკლათა შორის ნანოფილტრაციულ მემბრანებს უკავიათ განსაკუთრებული მდგომარეობა. ნანოფილტრაციული პროცესი წარმოადგენს შუალედურ პროცესს ულტრაფილტრაციასა და უკუოსმოსს შორის. იგი საშუალებას იძლევა ხსნარს მოაცილოს 10 ნმ. – დან 100 ნმ. – მდე სიდიდის ნაწილაკი. ორგანული ნივთიერებების მოლეკულების წონის მიხედვით ნანოფილტრაციული მემბრანების მუშა დიაპაზონია 200 – დან 5000 დალტონამდე. ასევე, ხდება გახსნილი მარილების შეკავება 25 – 98% -ით. 20 – 80% ხდება იმ მარილების შეკავება, რომლებიც შეიცავენ ერთვალენტური იონებს – ნატრიუმის ან კალციუმის ქლორიდს, ხოლო 90 – 98% შეკავება ხდება იმ მარილების, რომელნიც შეიცავენ ორვალენტური იონებს, მაგალითად მაგნიუმის სულფატი. ნანოფილტრაციის მეშვეობით ზედაპირული წყლებიდან შესაძლებელია ფერისა და ორგანული ნახშირბადის მოცილება. ასევე გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობისა და სიხისტის საერთო შემცირება. ნანოფილტრაციული პროცესი ხორციელდება 2,0 – 8,0 ატმოსფერული წნევის დიაპაზონში.

ნანოფილტრაციული მემბრანა გახსნილი მარილებისათვის არ წარმოადგენს სრულყოფილ ძვიდეს. მარილგამტარობის ხარისხი შესაძლებელია იყოს დაბალი ან მაღალი, გამომდინარე იქიდან თუ რა სახისაა შესაკავებელი მარილი და რა ტიპისაა ნანოფილტრაციული მემბრანა. ნანოფილტრაციულ მემბრანებს დაბალი გაღწევადობით გააჩნიათ თითქმის ისეთივე მუშა წნევა, როგორც უკუოსმოსის მემბრანებს. შედარებით მაღალი გაღწევადობის ნანოფილტრაციული მემბრანები მუშაობენ უფრო დაბალ წნევებზე. ნანოფილტრაციული და უკუოსმოსური პროცესის სრულყოფილად განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ ტანგენციალური ფილტრაციის მემბრანულ დანადგარებზე. პროცესის განხორციელება მიზანშეწონილი არის წნევის იმპულსური ნახტომებისა და ჰიდრაულიკური დარტყმების მაქსიმალურად შემცირებით, რადგან არ მოხდეს მემბრანული აპარატის პლასტმასის დეტალების არასასურველი დეფორმირება (მიკრო ბზარების წარმოქმნა და ა. შ) და მემბრანების მწყობრიდან გამოსვლა (მემბრანის დენადობა, გეომეტრიული ზომების დარღვევა, ფორების ზომების დამახინჯება), რაც თავის მხრივ შეიძლება გამოიხატოს პროცესის ხარისხობრივ მაჩვენებლის ნაწილობრივ ან მთლიან დარღვევაში.

მაღალი წნევის ტუმბოს მეშვეობით საწყისი სითხე უწყვეტად მიეწოდება ნანოფილტრაციულ სისტემას. მემბრანულ სისტემაში საწყისი სითხე იყოფა დაბალი მარილშემცველობის ნაკადად, რომელსაც გაწმენდილი პროდუქტის ანუ ფილტრატის მიიღება, ხოლო მაღალი კონცენტრაციის მქონე ნაკადის სახით გამოედინება რეტენტატი. კონცენტრატის რაოდენობისა და წნევის მარეგულირებელი საკეტი, ასევე ახდენს ზემოქმედებას პერმეატის რაოდენობის სიდიდეზე.

სამეცნიერო-კვლევითი და გამოყენებითი სამუშაოების ჩატარების მიზანია შეიქმნას და ათვისებისათვის მომზადდეს მემბრანული ტექნიკისა და ტექნოლოგიის ბაზაზე კონკურენტუნარიანი ნანოსისტემა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ თანამედროვე, მაღალი ფუნქციონალური თვისებების და ტექნიკო-ეკონომიური მაჩვენებლის მქონე მემბრანული აპარატურა, რომელიც უზრუნველყოფს სამელი წყლის დემინერალიზაციას საერთო სიხისტის მაჩვენებლის შემდეგ დიაპაზონში 1.5 – 3.5 მგ-ექვ/ლ და გავცეთ ამ უახლესი ტექნოლოგიის პრაქტიკული რეალიზაციის დასაბუთებული რეკომენდაციები, რაც თავისთავად ინოვაციური საქმიანობის ანუ ინოვაციური პროცესის განხორციელებას ნიშნავს.

დასახული ამოცანის შესრულებისათვის ექსპერიმენტალური კვლევები ტარდებოდა

ინსტიტუტის მიერ დამუშავებულ და შექმნილ ლაბორატორიულ მემბრანულ დანადგარზე, რომლის პილოტური პროტოტიპი წარმოდგენილი იყო 2009 წელს, თბილისში ჩატარებულ ღვინის საერთაშორისო გამოფენაზე.



სურ.1.

ექსპერიმენტალური მემბრანული დანადგარის აღწერა

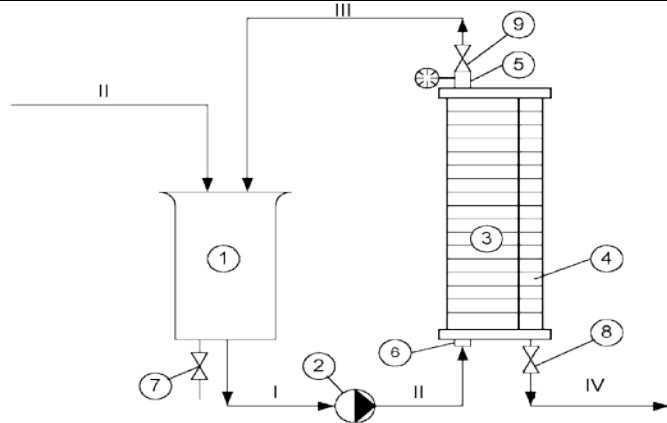
ექსპერიმენტალური დანადგარი შედგება (ნახ. 1) საწყისი ავზიდან 1, ტუმბოსაგან 2, მემბრანული აპარატისაგან 3 თავისი ფილტრატის შემკრებით 4, უკუსარქველით 5 და შტუცერით 6. დანადგარს გააჩნია ვენტილები 7, 8 და 9. დანადგარი აღჭურვილია მილგაყვანილობებით I, II, III და IV.

მემბრანული დანადგარი მუშაობს შემდეგნაირად: საწყისი წყალი ავზიდან 1 ტუმბოს 2 საშუალებით, მილგაყვანილობების I და II და შტუცერის 6 გავლით მიეწოდება მემბრანულ აპარატში 3.

გაივლის რა მემბრანული აპარატის 3 ყველა მუშა საკანს თანმიმდევრობით ქვემოდან ზემოთ წყლის ნაწილი გადის მემბრანებში და ფილტრატის ანუ პროდუქტის სახით შემკრების 4 და ვენტილის 8 გავლით მილგაყვანილობით IV გამოიყვანება მემბრანული აპარატიდან 3.

წყლის ის ნაწილი, რომელმაც ვერ მოასწრო მემბრანებში გავლა წყლიდან გამოყოფილ სიხისტის მარილებთან (Ca, Mg) ერთად, უკუსარქველის 5 და ვენტილის 9 გავლით მილგაყვანილობით III რეციკულირდება და კონცენტრატის სახით ბრუნდება ავზში 1.

ამრიგად, წყლიდან გამოყოფილი (მემბრანების მიერ შეკავებული) მარილები გროვდებიან ავზში 1. ამიტომ პერიოდულად საჭიროა ამ დაგროვილი კონცენტრატის გამოტვირთვა საწყისი ავზიდან 1 სპეციალური ვენტილის 7 საშუალებით.



ნახ. 1

მემბრანული ექსპერიმენტალური დანადგარის
პრინციპული სქემა
1-საწისი ავზი, 2-ტუმბო, 3-მემბრანული აპარატი, 4-
ფილტრატის შემკრები, 5-უკუსარქველი, 6-შტუცერი,
7,8,9-ვენტილები, I, II, III, IV-მიღგაყვანილობები

წყლის ნაწილობრივი (1.5–3.5 მგ-ექვ/ლ დიაპაზონი) დემინერალიზაციის პროცესის კვლევის მეთოდიკა

ცდები ტარდება წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის მიზნით. სასმელ წყალში საერთო მინერალიზაციის მაჩვენებელი, მოქმედი სტანდარტების მიხედვით შეადგენს 1000-1500 მგ/ლ, საერთო სიხისტე მერყეობს 7,0-10,0 მგ-ექვ/ლ დიაპაზონში. წყლის ულტრაფილტრაციული დამუშავების შემდგომ მიღებული შედეგებით საერთო მინერალიზაცია შედგენს 291,064 მგ/ლ, საერთო სიხისტე – 3,444 მგ-ექვ/ლ, ხოლო ელ.გამტარობა 27×10^{-3} სიმ/მ.

ექსპერიმენტალური კვლევი დროს გამოიყენება შემდეგი მოწყობილობები და ხელსაწყოები: ექსპერიმენტალური მემბრანული დანადგარი, სხვადასხვა ტევადობის ქიმიური ჭურჭელი, წამზომი სინჯის აღების ხანგრძლიობის განსაზღვრისათვის და ელ. გამტარობის მზომი ხელსაწყო, კონდუქტომეტრი KEL-1M2.

ვინაიდან დემინერალიზაციის მიზანია დაბალმოლეკულური ნივთიერებების მოხსნა, ამიტომ ცდები უნდა ჩატარდეს დაბალფორიანი ნანოფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით. ვიღებთ ნანოფილტრაციულ მემბრანების ტიპს NF-70-ს.

სასმელი წყლის ნანოფილტრაციით დამუშავება ხდება 3-8 ატმ. წნევის ქვეშ და 250 ლ/სთ ხარჯის პირობებში.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, საწყისი წყალი წინასწარ დამუშავებულია ულტრაფილტრაციის მეთოდით 1,4-2,0 ატმ. წნევის ქვეშ 300 ლ/სთ ხარჯის პირობებში.

ჩატარებული ცდების მიხედვით დადგინდა მემბრანული პროცესის რეჟიმული პარამეტრები, რომლის დროსაც ვიღებთ ნაწილობრივ დემინერალიზებულ წყალს საერთო სიხისტით 1,5 მგ-ექვ/ლ და ელ.გამტარობით 9×10^{-3} სიმ/მ.

საწყისი და გაფილტრული წყლების სიხისტე და ელ. გამტარობის მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1.

მემბრანის ტიპი	სიხისტე, მგ-ექვ/ლ		ელ.გამტარობა, სიმ/მ	
	საწყის წყალში	გაფილტრულ წყალში	საწყის წყალში	გაფილტრულ წყალში
UF-20	3.5	3,444	27×10^{-3}	23×10^{-3}
NF-70	3.5	1.5	27×10^{-3}	9×10^{-3}

ჩატარდა დამუშავებული წყლის ფილტრატების ხარისხობრივი ანალიზი მათი მინერალიზაციის დონის დადგენის მიზნით, რომელთა საფუძველზეც დადგინდა მემბრანების ის ტიპები, რომლებმაც უზრუნველყვეს წყლის სინჯების საერთო სიხისტის 1,5 – 3,5 მგ-ექვ/ლ დიაპაზონი.

მიღებული შედეგების მიხედვით განისაზღვრება წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის განხორციელებისათვის საჭირო მემბრანული პროცესი და ოპტიმალური მემბრანების ტიპები.

ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე განისაზღვრა წყლის დემინერალიზაციის ოპტიმალური მემბრანული პროცესის ხვედრითი წარმადობა. ამისათვის ფილტრაციის პროცესში ყოველი 5 – 10 წუთის შემდეგ ისინჯება ფილტრატის რაოდენობა.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება ხვედრითი წარმადობის დამოკიდებულება დროსთან, რომლის მიხედვითაც მოხდება საწარმოო მემბრანული აპარატის გათვლა და მემბრანების რეგენერაციის პერიოდის დადგენა.

ჩატარებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოს აქტუალობამ და ინოვაციურობამ განაპირობა მისი სამრეწველო რეალიზება კვების მრეწველობის ისეთ მნიშვნელოვან დარგში, როგორც არის ლუდის წარმოება.

ჩვენს მიერ ჩატარებულმა საძიებო სამუშაოებმა დაგვანახა, რომ ლუდის წარმოებაში წყალი წარმოადგენს უმნიშვნელოვანეს ნედლეულსა და ტექნოლოგიურ პროდუქტს. იგი გამოიყენება მთელ რიგ პროცესებში და მისი ხარჯი შეადგენს 4-12 ლიტრს 1 ლიტრი ლუდის დასამზადებლად. წყლის კათიონები და ანიონები გავლენას ახდენენ ლუდის pH-ზე, რაც აისახება ფერმენტაციულ პროცესზე მისი წარმოებისას. ისინი გავლენას ახდენენ დუდილის მიმდინარეობაზე და, საბოლოოდ ლუდის გემოსა და მდგრადობაზე. უაღკოპოლო პროდუქციის წარმოებისაგან განსხვავებით, ლუდის ხარშვისას აუცილებელია სიხისტის მარილების არსებობა. მაგრამ თუ კალციუმის არსებობა შესაძლებელია მის ზღვრულ მნიშვნელობამდე 2-4 მგ-ექვ/ლ, მაგნიუმის მარილები ლუდს მწარე გემოს აძლევენ. ნატრიუმის მაღალი შემცველობაც არ არის სასურველი, რამდენადაც მუავე-მარილიან გემოს აძლევს. ქლორიდების სიჭარბე ანელებს ლუდის წარმოების პროცესს, ხოლო სულფატების სიჭარბე მწარე და მშრალ გემოს აძლევს. დიდი მნიშვნელობა აქვს ასევე წყლის ტუტიანობას. იმისათვის რათა უზრუნველყოფილ იქნას სხვადასხვა ადგილებსა და ქვეყნებში წარმოებული ლუდის გემოვნებითი მახასიათებლების მაღალი ხარისხი აუცილებელია მისი წარმოების არა მარტო იდენტური პირობების შექმნა, არამედ ალაოს, სვიის და რა თქმა უნდა წყლის შედგენილობის იდენტური ხარისხი.

ინსტიტუტის მიერ ჩატარებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოებით დაინტერესდა

ჩვესური ლუდის სახარში ქარხნების ტექნიკური აღჭურვილობის დამამზადებელი კერძო ორგანიზაცია შ.პ.ს. “დესტილა”, რომელმაც მოგვმართა თხოვნით დაგვემზადებინა “დესტილას” ხარისხის (ცხრილი 2.), ნაწილობრივ დემინერალიზებული წყლის მისაღები მემბრანული ნანოტექნოლოგია და ნანოტექნიკა.

ცხრილი 2.

“დესტილას” ხარისხის წყლის ქიმიური შემადგენლობა

DESTILA

Doporučené chemické složení vody pro pivovarské účely		Рекомендательный химический состав воды для пивоварения	
Tvrđost obecná mg ekv /l			2-4
Жесткость общая мг экв/л			
Zasaditost mg ekv /l			0,5 – 1,5
Щелочность мг экв/л			
Sušina max mg ekv /l			500
Сухой остаток мг/л не более			
pH			6 – 6,5
Kalcium mg ekv /l	(Ca)		2 – 4
Кальций мг экв/л			
Magnezium mg ekv /l	(Mg)		Stopy
Магний мг экв/л			
Železo max mg /l	(Fe)		0,1
Железо мг/л не более			
Mangan max mg /l	(Mn)		0,1
Марганец мг/л не более			
Hliník max mg /l	(Al)		0,5
Алюминий мг/л не более			
Chloridy mg/l			100-500
Хлориды мг/л			
Sulfaty mg/l			100-150
Сульфаты мг/л			
Nitraty max mg/l			10
Нитраты мг/л не более			
Nitridy mg/l			0
Нитриты мг/л			
Zinek max mg/l	(Zn)		5
Цинк мг/л не более			
Amoniak mg/l			stopy
Аммиак мг/л			
Křemík max mg/l	(Si)		2
Кремний мг/л не более			
Měď max mg/l	(Cu)		0,5
Медь мг/л не более			
Okysličitelnost max mg O2/l			2
Окисляемость мг O2/л не более			

შ.პ.ს. “დესტილას” მიერ მოწოდებული წყლის ქიმიური შემადგენლობა და სიხისტე (2,0 – 4,0 მგ-ექვ/ლ) ჩვენს მიერ დამუშავებული წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის (1,5 – 3,5 მგ-ექვ/ლ) დიაპაზონთან სრულ შესაბამისობაშია, რამაც განაპირობა მემბრანული აპარატურის ექსპლოატაციაში გაშვება შ.პ.ს. “ოქროს კათხის” ჩეხური ლუდის სახარშ ქარხანაში.

მემბრანული ტექნოლოგიის საინჟინრო ინსტიტუტის მიერ ჩატარებულ სამუშაოთა საფუძველზე ჩეხური ლუდის სახარშ საწარმოში ექსპლოატაციაში გაშვებული მემბრანული დანადგარი დღემდე წარმატებით ფუნქციონირებს.

მემბრანული დანადგარის საერთო ხედი მოცემულია სურ. 2



სურ. 2

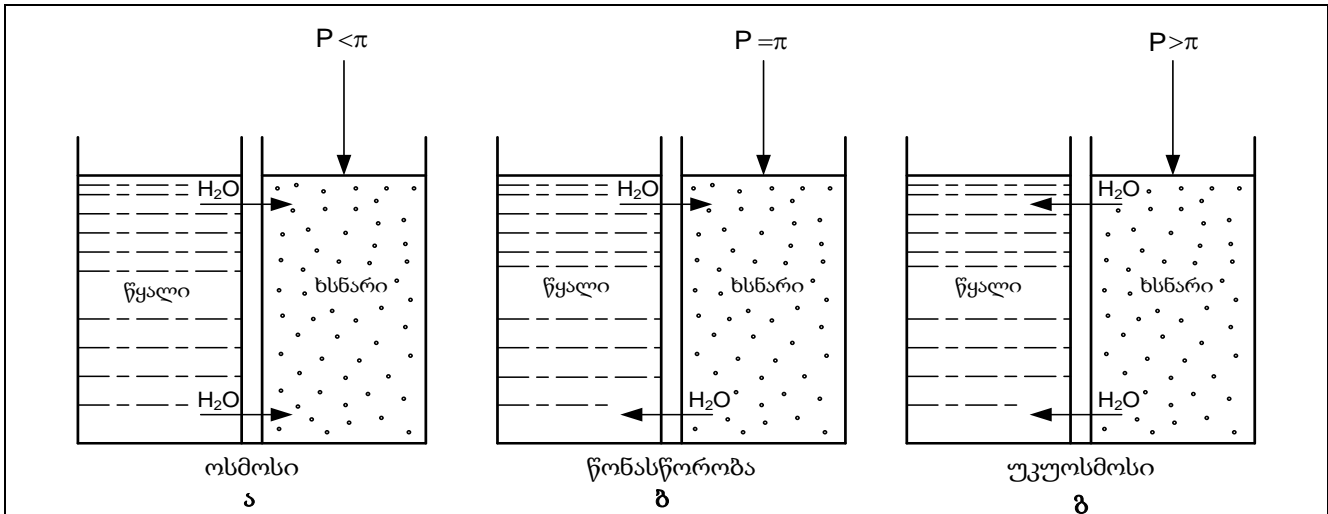
ანოტაცია

სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოში გაშუქებულია სასმელი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის განსახორციელებლად ულტრაფილტრაციული და ნანოფილტრაციული ბარომემბრანული პროცესების კომბინირებული მეთოდის კვლევა. განხილულია ნანოფილტრაციული მეთოდის ზღვრული შესაძლებლობები სასმელი წყლის დემინერალიზაციის კუთხით. ექსპერიმენტები ჩატარებულია იმ ტიპის ნანოფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით, რომელთა მეშვეობით მიღებულია საერთო სიხისტის 1,5-3,5მგ-ექვ/ლ მაჩვენებელი. ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავების თეორიული და ექსპერიმენტალური სამუშაოები ტარდებოდა საინჟინრო ინსტიტუტის მიერ შექმნილ ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ ბაზაზე.

ჩატარებულ სამუშაოთა ხარისხმა და დასმული საკითხის აქტუალობამ განაპირობა ჩეხური ლუდის სახარშ ქარხნების, ტექნიკური აღჭურვილობის დამამზადებელი კერძო ორგანიზაცია შ.პ.ს. “დესტილას” დაინტერესება, რომლის თხოვნის საფუძველზეც ექსპლოატაციაში გაეშვა მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის მიერ დამუშავებული და შექმნილი ლუდის დასამზადებელი წყლის ნანოფილტრაციული, მემბრანული აპარატურა.

№	სამუშაოს დასახელება	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებლები
---	---------------------	-----------------------	------------------------

2	<p>ულტრაფილტრაციული და უკუოსმოსური (ერთმაგი) ბარომემბრანული პროცესების კომბინირებული მეთოდის კვლევა სასმელი წყლის ნაწილობრივი (1,5 მგ-ექვ/ლ ნაკლები) დემინერალიზაციისთვის</p>	გ. ბიბილეიშვილი	<p>მემბრანული ტექნოლოგიისა და ტექნიკის დამუშავების განყოფილება</p> <p>ხელმძღვანელი-ე.კაკაბაძე</p>
<p>პირველ ეტაპზე განხილული ნანოფილტრაციული პროცესისგან განსხვავებით უკუოსმოსური, ბარომემბრანული პროცესი იძლევა წყლის უფრო ღრმა დემინერალიზაციის საშუალებას, რაც ელექტრო გამტარობით გამოისახება $25 \times 10^{-4} - 90 \times 10^{-4}$ სიმ/მ დიაპაზონში. მოცემული დიაპაზონი შეესაბამება წყლის უკუოსმოსური (ერთმაგი) მეთოდით სხვადასხვა ხარისხით დამუშავებას.</p> <p>უკუოსმოსი არის თხიერი ნარევის ბარომემბრანული გაყოფის პროცესი, ნახევრადგამტარ მემბრანაში გამსხნელის შეღწევადობის გზით, ხსნარზე იმ სიდიდის წნევით ზემოქმედების შედეგად, რომელიც აღემატება მის ოსმოსურ წნევას. ამ პროცესს საფუძვლად უდევს ოსმოსური მოვლენა, რომელიც უზრუნველყოფს გარედან ზემოქმედების გარეშე, გამსხნელის გადასვლას ხსნარში, ნახევრადგამტარი მემბრანის გავლით. წნევას, რომლის დროსაც მიიღწევა წონასწორობა ეწოდება ოსმოსური.</p> <p>უკუოსმოსური პროცესის მამოძრავებელი ძალის მნიშვნელობა გამოიხატება შემდეგნაირად:</p> $\Delta P = P - (\pi_1 - \pi_2) = P - \Delta \pi ,$ <p>სადაც P (პა) – ხსნარზე მიყენებული ჭარბი (მუშა) წნევა; π_1 (პა) – საწყისი ხსნარის ოსმოსური წნევა; π_2 (პა) – პერმეატის ოსმოსური წნევა.</p> <p>უკუოსმოსის პროცესში გახსნილი ნივთიერებების მოლეკულები და იონები უფრო მცირე ზომის არიან, ვიდრე ფორების დიამეტრი, ამიტომ მემბრანული გაყოფის პროცესის განხორციელება უფრო მეტად განპირობებულია ფიზიკა-ქიმიური პროცესით გამსხნელს, გახსნილ ნივთიერებასა და მემბრანას შორის. ბარომემბრანულ პროცესებში უკუოსმოსი წარმოადგენს ყველაზე წმინდა სახის ფილტრაციას. უკუოსმოსის პროცესი უზრუნველყოფს ყველა სახის გახსნილი მარილების და იმ ნივთიერებების შეკავებას, რომელთა მოლეკულური წონა აღემატება 100 დალტონს. წყლის მოლეკულები კი, პირიქით თავისუფლად გადაადგილდებიან მემბრანის გავლით, რის შედეგადაც მემბრანის მეორე მხარეს წარმოიქმნება დემინერალიზებული წყლის ნაკადი. უკუოსმოსური მემბრანების მიერ გახსნილი მარილების შეკავების მაჩვენებელი მერყეობს 80% – 99,8% -მდე. უკუოსმოსური პროცესის ხორციელდება 5 – 25 ატმოსფერული წნევის დიაპაზონში.</p> <p>ოსმოსის მოვლენაზე დაკვირვება შესაძლებელია, თუ ნახევრადგამტარი მემბრანის მეშვეობით გაყოფილი ჭურჭლის ერთ ნაწილს შევაკებთ სუფთა, ხოლო მეორე ნაწილს მარილიანი წყლით. ნახაზი 1-ზე ნაჩვენებია ზემოთმოყვანილი ცდა.</p>			



ნახ. 1 ოსმოსის და უკუოსმოსის მოვლენა

ტერმინი ნახევრადგამტარი ნიშნავს, რომ მემბრანა ატარებს ნაწილაკების ერთ ჯგუფს, განსხვავებით მეორისაგან. თუ გამოვიყენებთ მემბრანას, რომელიც ატარებს მხოლოდ წყლის მოლეკულებს, მაშინ ის არ გაატარებს წყალში გახსნილ მარილებს.

უკუოსმოსური პროცესი გულისხმობს ოსმოსურზე მაღალ წნევის ქვეშ, ხსნარების ფილტრაციას ნახევრადგამტარი მემბრანის გავლით, რომელიც ატარებს გამხსნელსა და აკავებს გახსნილი ნივთიერებების მოლეკულებს ან იონებს. როგორც ზევით აღვნიშნეთ, აღწერილ მეთოდს საფუძვლად უდევს ოსმოსური მოვლენა, რომელიც უზრუნველყოფს გარედან ზემოქმედების გარეშე, გამხსნელის გადასვლას ხსნარში, ნახევრადგამტარი მემბრანის გავლით (ნახ. 1.ა). წნევას, რომლის დროსაც მიიღწევა წონასწორობა ეწოდება ოსმოსური (ნახ. 1.ბ). თუ ხსნარზე მიყენებული იქნება ოსმოსურზე მაღალი წნევა (ნახ.1.გ), მაშინ გამხსნელის გადატანის მიმართულება იქნება საპირისპირო ანუ ხსნარიდან სუფთა წყლისკენ. სითხის მოძრაობის შებრუნებულმა მიმართულებამ განაპირობა უკუოსმოსის ტერმინის წარმოშობა.

ამ ეტაპზე სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების ჩატარების მიზანია წყლის (ნანოფილტრაციასთან შედარებით უფრო დრმა დემინერალიზაცია) ერთმაგი უკუოსმოსის პროცესის კვლევა, სითხის დემინერალიზაციის დიაპაზონის განსაზღვრისათვის ელ. გამტარობის მაჩვენებლების მიხედვით. მიღებული ელ.გამტარობის მაჩვენებლის ქვედა ზღვრისათვის პილოტური მემბრანული აპარატის დამუშავება. მიღებული შედეგების საფუძველზე თანამედროვე, მაღალი ფუნქციონალური თვისებებისა და ტექნიკო-ეკონომიური მაჩვენებლების მქონე მემბრანული აპარატურის შეიქმნისა და ათვისებისათვის უახლესი ტექნოლოგიის პრაქტიკული რეალიზაციის დასაბუთებული რეკომენდაციების გაცემა, სამელი წყლის დემინერალიზაციის საერთო სიხისტის მაჩვენებლის შემდეგ, სავარაუდო დიაპაზონში <1.5 მგ-ეკვ/ლ.

დასახული ამოცანის შესრულებისათვის ექსპერიმენტალური კვლევები ტარდებოდა ინსტიტუტის მიერ დამუშავებულ და შექმნილ ლაბორატორიულ მემბრანულ დანადგარზე, რომლის საერთო ხედი და მუშაობის პრინციპი წარმოდგენილია ნანოფილტრაციული ბარომემბრანული პროცესების კომბინირებული მეთოდის კვლევის აღწერის დროს.

წყლის ერთმაგი უკუოსმოსით (<1.5 მგ-ეკვ/ლ დიაპაზონი) დემინერალიზაციის პროცესის კვლევის მეთოდოლოგია

ცდები ტარდება უკუოსმოსური, ნახევრადგამტარი მემბრანების გამოყენებით წყლის ნაწილობრივი, სხვადასხვა დონეზე დემინერალიზაციის მიზნით. როგორც ზემოთ იყო აღნოშნული სასმელ წყალში საერთო მინერალიზაციის მაჩვენებელი, მოქმედი სტანდარტების მიხედვით შეადგენს 1000-1500 მგ/ლ, საერთო სიხისტე მერყეობს 7,0-10,0 მგ-ექვ/ლ დიაპაზონში. წყლის ულტრაფილტრაციული დამუშავების შემდგომ მიღებული შედეგებით საერთო მინერალიზაცია შედგენს 291,064 მგ/ლ, საერთო სიხისტე – 3,444 მგ-ექვ/ლ, ხოლო ელ.გამტარობა 27×10^{-3} სიმ/მ.

ექსპერიმენტალური კვლევი დროს გამოიყენება შემდეგი მოწყობილობები და ხელსაწყოები: ექსპერიმენტალური მემბრანული დანადგარი, სხვადასხვა ტევადობის ქიმიური ჭურჭელი, წამზომი სინჯის აღების ხანგრძლიობის განსაზღვრისათვის და ელ. გამტარობის მზომი ხელსაწყო, კონდუქტომეტრი KEL-1M2.

ერთმადი უკუოსმოსური მეთოდით დემინერალიზაციის ზღვრების დიაპაზონის დასადგენად მიზანშეწონილია ცდები ჩატარდეს სამი, სხვადასხვა ტიპის უკუოსმოსურ მემბრანაზე. ექსპერიმენტებისთვის შევირჩიეთ შემდეგი ტიპის მემბრანები: RO-70, RO-80 და RO-95.

სასმელი წყლის უკუოსმოსით დამუშავება ხდება 7-12 ატმ. წნევის ქვეშ და 200 ლ/სთ ხარჯის პირობებში.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, საწყისი წყალი წინასწარ დამუშავებულია ულტრაფილტრაციის მეთოდით 1,4-2,0 ატმ. წნევის ქვეშ 300 ლ/სთ ხარჯის პირობებში.

ჩატარებული ცდების მიხედვით დადგინდა მემბრანული პროცესის რეჟიმული პარამეტრები, რომლის დროსაც ვიღებთ ნაწილობრივ დემინერალიზებული წყლის ელ.გამტარობის სამ მაჩვენებელს: 1) 78.2×10^{-4} სიმ/მ, 2) 34.7×10^{-4} სიმ/მ, 3) 25.3×10^{-4} სიმ/მ.

საწყისი და გაფილტრული წყლების სიხისტე და ელ. გამტარობის მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1.

მემბრანის ტიპი	სიხისტე, მგ-ექვ/ლ		ელ.გამტარობა, სიმ/მ	
	საწყის წყალში	გაფილტრულ წყალში	საწყის წყალში	გაფილტრულ წყალში
UF-20	3.5	3.444	27×10^{-3}	23×10^{-3}
RO-70	3.5	1.5	27×10^{-3}	78.2×10^{-4}
RO-80	3.5	<1.5	27×10^{-3}	34.7×10^{-4}
RO-95	3.5	<1.0	27×10^{-3}	25.3×10^{-4}

ჩატარდა დამუშავებული წყლის ფილტრატების ხარისხობრივი ანალიზი მათი მინერალიზაციის დონის დადგენის მიზნით, რომელთა საფუძველზეც დადგინდა წყლის სინჯების საერთო სიხისტის მაჩვენებლები: 1) 1.5 მგ-ექვ/ლ, 2) <1.5 მგ-ექვ/ლ, 3) <1.0 მგ-ექვ/ლ.

მიღებული შედეგების მიხედვით განისაზღვრება ერთმაგი უკუოსმოსის პირობებში წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის განხორციელებისათვის საჭირო მემბრანული პროცესი და ოპტიმალური მემბრანების ტიპები.

ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე განისაზღვრა წყლის დემინერალიზაციის ოპტიმალური მემბრანული პროცესის ხვედრითი წარმადობა. ამისათვის ფილტრაციის პროცესში ყოველი 30 წუთის შემდეგ ისინჯება ფილტრატის რაოდენობა.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება ხვედრითი წარმადობის დამოკიდებულება დროსთან, რომლის მიხედვითაც მოხდება უკუოსმოსური, პილოტური მემბრანული აპარატის გათვლა და მემბრანების რეგენერაციის პერიოდის დადგენა.

სურ.1-ზე ნაჩვენებია უკუოსმოსური, პილოტური მემბრანული დანადგარის მუშაობის მყისიერი მომენტი და დაფიქსირებულია პერმეატის ელ.გამტარობის მაჩვენებელი ($25,3 \times 10^{-4}$ სიმ/მ), 9,0ატმ. წნევისა და რეტენატის 200ლ/სთ რაოდენობის დროს.



სურ.1

ჩატარებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოს შედეგები, შესაძლოა საფუძველად დაედოს ორთქლის ქვაბების გამართულ მუშაობას ენერგეტიკაში და სამედიცინო დანიშნულების დეიონიზატორებისათვის სათანადო ხარისხის (საერთო სიხისტე და ელ.გამტარობა) წყლის მიწოდებას.

ანოტაცია

სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოში გაშუქებულია სასმელი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის განსახორციელებლად ულტრაფილტრაციული და ერთმაგი უკუოსმოსური ბარომემბრანული პროცესების კომბინირებული მეთოდის კვლევა. განხილულია უკუოსმოსის მეთოდის უპირატესობა მემბრანული ფილტრაციის სხვა

პროცესებთან შედარებით. განსაზღვრულია წყლის სხვადასხვა ხარისხით დემინერალიზაციის დიაპაზონი. ექსპერიმენტები ჩატარებულია სხვადასხვა ტიპის უკუოსმოსურ ნახევრადგამტარ მემბრანების გამოყენებით საინჟინრო ინსტიტუტში შექმნილ ლაბორატორიულ დანადგარზე. განსაზღვრულია გაფილტრული წყლის საერთო სიხისტე, ელ.გამტარობა, პროცესის ტექნოლოგიური პარამეტრები: წნევა, წყლის ხარჯი, ხვედრითი წარმადობა. კვლევის შედეგები მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას მედიცინასა და ენერგეტიკაში.

პუბლიკაციები:

საქართველოში

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	ბჰპრდების რაოდენობა
1	გ.ბიბილეიშვილი კ.დომიანიძე	სსნარების ბარომემბრანული მეთოდებით დამუშავების თანამედროვე მდგომარეობა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, მე-13 ტომი, 2013 წ.	№2	ქ.თბილისი, საქართველოს ქიმიური საზოგადოების ჟურნალი	3გვ.
2	გ.ბიბილეიშვილი	Nano filtration membrane unit for water filtration for Czech beer production. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, მე-13 ტომი, 2013 წ.	№2	ქ.თბილისი, საქართველოს ქიმიური საზოგადოების ჟურნალი	3გვ.
3	გ.ბიბილეიშვილი ლ.ყუფარაძე ე.კაკაბაძე	მოლეკულური და იონური სისტემების გაყოფა-ფრაქციონირების პროცესების მოდელირების ზოგიერთი საკითხები. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, მე-13 ტომი, 2013 წ.	№2	ქ.თბილისი, საქართველოს ქიმიური საზოგადოების ჟურნალი	3გვ.

ნაშრომში განხილულია იონური, მოლეკულური, მაკრომოლეკულური და გრანულომეტრიული ზომების მქონე კომპონენტების შემცველი, სხვადასხვა სახის სსნარების დამუშავებისათვის, ბარომემბრანული პროცესების კომბინირებული მეთოდების

გამოყენების მიზანშეწონილობა. ცხრილის სახით ნაჩვენებია გაგრძელებულ ნივთიერებათა და მემბრანული გაყოფის პროცესებს შორის დამოკიდებულება ხაზობრივი ზომების მიხედვით.

მოყვანილია დინამიკაში დაფიქსირებული ექსპერიმენტის მსვლელობისას საცდელი სითხის დეიონიზაციის მაგალითი და მისი შედეგები.

სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოში გაშუქებულია სასმელი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის განსახორციელებლად ულტრაფილტრაციული და ნანოფილტრაციული ბარომემბრანული პროცესების კომბინირებული მეთოდის კვლევა.

ჩატარებულ სამუშაოთა საფუძველზე ექსპლოატაციაში გაეშვა მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის მიერ დამუშავებული და შექმნილი ლუდის დასამზადებელი წყლის ნანოფილტრაციული, მემბრანული აპარატურა.

ნაშრომში განხილულია მოლეკულური და იონური სისტემების გაყოფა-ფრაქციონირების პროცესების მოდელირების საკითხი, რომელიც მოიცავს პროცესის მათემატიკურ ფორმირების, განტოლებათა სისტემის ამოხსნის მეთოდის შერჩევასა და ობიექტის მოდელთან ადეკვატურობის ასპექტებს.

საკითხის შესწავლისას აღნიშნულია პროცესის დამახასიათებელი ზოგიერთი პარამეტრის დამატებითი მეთოდებით დაზუსტების მნიშვნელობა.

მოყვანილია მემბრანული აპარატისთვის სტრუქტურული ნაკადის ჰიდროდინამიური და კონცენტრაციის თვისობრივი განტოლება.