

Georgian Scientists

ქართველი მეცნიერები

ასოციაცია მეცნიერებისათვის

Association for Science

Journal DOI: <https://doi.org/10.52340/ga>

<https://journals.4science.ge/index.php/GS/index>

სარჩევი

ომარ ლანჩავა, ლეონ მახარაძე, გიორგი ნოზაძე, მარად ჯანგიძე, გიორგი ჯავახიშვილი, თეიმურაზ კუნჭულია, ზაზა ხოკერაშვილი, ნინო არუდაშვილი, დავით ცანავა, სამსონ სებისკვერაძე. სიცოცხლის გადარჩენა საავტომობილო გვირაბში ხანძრის პროდუქტების გავრცელების შემზღუდავი ტრანსფორმირებადი ელემენტების გამოყენებით -----	1-29
ზაზა ხოკერაშვილი, დავით ცანავა. ხანძრის ფიზიკური მოდელირების შედეგები საავტომობილო გვირაბებისათვის -----	30-45
პაატა ჟორჟოლიანი, ზაზა ბოხუა, გიორგი ბურკაძე. ენდომეტრიუმის მიკროგარემოს თავისებურებები ენდომეტროიდული ტიპის ადენოკარცინომების განვითარებაში -----	46-59
დოდო თავდიდიშვილი, მანანა ფხაკაძე, რენიკო საკანდელიძე, ნათია ლაჭავა. პრობიოტიკული თვისებების პროდუქტების გავლენა საექსპერიმენტო ცხოველების ფუნქციურ მაჩვენებლებზე -----	60-70
ლაშა მაჭავარიანი. მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში სადენტა განიკვეთის ოპტიმალური ფართობის შერჩევით ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის რეჟიმის პარამეტრთა რეგულირება -----	71-83
ლაშა მაჭავარიანი. ძაბვის ცენტრალიზებული რეგულირებისას 35/6კვ ძაბვის მადახლებელი ჩიხური ქვესადგურის 6კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის ოპტიმალური მუშა მნიშვნელობის შერჩევა -----	84-96
ნინო კიკნაძე, ნანი გვარიშვილი, ირაკლი მიქელაძე, ალექსანდრე შარაბიძე, სოფიკო ზოიძე. ჩაქვის წითელმიწა ნიადაგების შეფასება და მათზე განვითარებული მეორადი ფიტოცენოზები -----	97-106
ნატო კანთელაძე, ალექსანდრე გორდეზიანი, ნინო კენჭიაშვილი, გიორგი გორდეზიანი, თამარ ცერცვაძე, თამარ წილოსანი. სპეციალური მილების მიღება გამოწნების მეთოდით -----	107-116
შოთა კეპულაძე, ირაკლი კობრეიძე, გიორგი ბურკაძე. მუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის შედარებითი ფენოტიპური მახასიათებლები	

ძირითად კერას, სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებსა და მეტასტაზურ ლიმფურ კვანძებში Luminal A და Luminal B მოლეკულური ქვეტიპებში-----	117-140
პეტრე კაჭკაჭიშვილი. ელექტრული სიმძლავრის დანაკარგის ოპტიმალური ფარდობითი ნაზრდი-----	141-144
დალი სილაგაძე. სოფლის მეურნეობის ძირითადი გამოწვევები-----	145-153
ფრიდონ ახალაძე, პეტრე კაჭკაჭიშვილი. .ტექნიკურ ეკონომიკური მაჩვენებლების პროგნოზი-----	154-158
მანანა შალამბერიძე. ტურიზმის სექტორის აღდგენა პანდემიის შემდეგ-----	159-164
ლალი ბარბაქაძე, ნიკოლოზ კინტრია, მანანა ჯიქურაშვილი, გიორგი ბურკაძე. ენდომეტრული სტრომული სიმსივნეების ფენოტიპური თავისებურებანი და პროგრესიის რისკის მახასიათებლები-----	165-175
ვლადიმერ დოლიძე, ნათელა მაჭავარიანი, ნათია სუხიშვილი, ნატო კაკაბაძე. გამოყოფის მეთოდის, აქტივაციის და გამოყენების ხერხის გავლენა ტორფის ჰუმატების ფიზიოლოგიურ თვისებებზე-----	176-183
ვარდო ბერიძე. კლიმატი და ადამიანი: კლიმატის ფილოსოფიური ანალიზი-----	184-192
თეა ბორკოვსკა, ეკატერინე ქარქაშაძე, ნიკოლოზ ჩხარტიშვილი, ოთარ ჩოკოშვილი, თენგიზ ცერცვაძე. ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის გავრცელება აივ ინფიცირებულ პირებში, საქართველოში-----	193-205

სიცოცხლის გადარჩენა საავტომობილო გვირაბში ხანძრის პროდუქტების გავრცელების შემზღუდავი ტრანსფორმირებადი ელემენტების გამოყენებით

ომარ ლანჩავა ¹, ლეონ მახარაძე ², გიორგი ნოზაძე ², მარად ჯანგიძე ², გიორგი ჯავახიშვილი ², თეიმურაზ კუნჭულია ¹, ზაზა ხოკერაშვილი ¹, ნინო არუდაშვილი ¹, დავით ცანავა ¹, სამსონ სებისკვერაძე ³

¹ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, კოსტავას 77

² გ.წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, თბილისი, მინდელის 7

³ შპს „ლოჯინი“, თბილისი, პეკინის 17

აბსტრაქტი

ნაშრომში განხილულია საავტომობილო გვირაბებში ხანძრის განვითარების სხვადასხვა სცენარები. შესწავლილია ნამწვი პროდუქტების გავრცელების დინამიკა ხანძრის სიმძლავრის, გვირაბის გეომეტრიის, განლაგებისა და სავენტილაციო ნაკადის აეროდინამიკის მხედველობაში მიღებით. ნაჩვენებია ძლიერი ხანძრის გავლენა სავენტილაციო სისტემის მდგრადობაზე და მის გამართულ ფუნქციონირებაზე. განხილულია სხვადასხვა ტიპის რიცხვითი მოდელები FDS პროგრამულ გარემოში. თეორიულად და რიცხვითი ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ძლიერ ხანძარს გვირაბებში შეუძლია აღძრას საგვირაბო ვენტილატორების სტატიკურ წნევაზე უფრო დიდი დინამიკური წნევა. ამ უკანასკნელს შეუძლია სავენტილაციო ნაკადების მოძრაობის მიმართულების შეცვლა 3% და უფრო მეტი დახრილობის გვირაბებში მაშინ, როცა ხანძრის კერა, ჰაერმიწოდებელ პორტალთან შედარებით, განლაგებულია ჰიფსომეტრიულად დაბლა, რაც მკვეთრად აუარესებს უბედურების ზონაში მოხვედრილი ადამიანების თვითევაკუაციის შესაძლებლობებს. ნაჩვენებია, რომ ხანძრის შემთხვევაში სიცოცხლის გადარჩენის ერთ-ერთი საიმედო გზაა ნამწვი აირების გავრცელების შემზღუდავი ევაკუაციის პერიოდის გახანგრძლივების მიზნით. შემოთავაზებულია

ტრანსფორმირებადი მოქნილი სისტემა სიცოცხლის გადასარჩენად, რომელიც გვირახების აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნურად გაზრდის შედეგად წვის მავნე პროდუქტების გავრცელებას შეაფერხებს ადამიანების ევაკუაციის გზაზე. ჰორიზონტალურ და დახრილ გვირახებში ხანძრის განვითარების სცენარების გათვალისწინებით, შეფასებულია ხანძრის დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების დინამიკა მაშინ, როცა აღარ მოქმედებს ვენტილაცია და გამოსავალი არის მხოლოდ მოქნილი სისტემის გამოყენება. მოდელირების შედეგები ცხადყოფენ, რომ მოქნილი სისტემის მეშვეობით გვირახის განივი კვეთის 50 %-ით გადაფარვის შემთხვევაში შესაძლებელია მნიშვნელოვანი დადებითი შედეგების მიღება წვის პროდუქტების გავრცელების შეზღუდვისა და სიცოცხლის გადარჩენის საქმეში. შემოთავაზებული სისტემის გამოყენება ამცირებს ხანძრის სახიფათო ფაქტორების გავრცელების ინტენსიურობას და ცალსახად დაეხმარება უბედურების ზონაში მოყოლილ ადამიანებს. შესრულებული ანალიზი მკაფიოდ უჩვენებს მის საჭიროებას და იმასაც, რომ მომხდარი ხანძრების ყოველმხრივი შესწავლა და განზოგადება გამოდგება მათი თავიდან აცილებისა და მავნე გავლენის შესამცირებელი მომავალი ღონისძიებების ადეკვატური დაგეგმვისა და განხორციელებისათვის. აღნიშნული დღის წესრიგში აყენებს ხანძრის შემთხვევათა გულმოდგინე დაწვრილებითი აღწერას, ანალიზსა და მოქმედების ცხადი ალგორითმის დამუშავების აუცილებლობას და შედეგების გავრცელებას მაშველებზე, გვირახის მომსახურე პერსონალსა და მთელ საზოგადოებაზე.

საკვანძო სიტყვები: აეროდინამიკური წინაღობა, ევაკუაცია, მოქნილი ელემენტი, სიცოცხლის გადარჩენა, ხანძრის განვითარება მიწისქვეშ.

1. შესავალი

მსოფლიოს გვირახებში მომხდარი კატასტროფული ხანძრების შემდეგ, ევროკავშირმა დიდი ყურადღება გაამახვილა ტრანსევროპულ ქსელზე (TERN), რომლის ფარგლებშიც არსებული, მშენებარე და დაპროექტების სტადიაზე მყოფი გვირახების უსაფრთხოება პირველი პრიორიტეტია. TERN-ის გვირახებისათვის, რომელთა სიგრძე აღემატება 500 მ, ევროპის პარლამენტმა და ევროპის საბჭომ მიიღეს დირექტივა (COMMISSION DIRECTIVE 2004/102/EC, 2004) უსაფრთხოების მინიმალური დონის შესახებ ტრანს-ევროპული საავტომობილო ქსელისათვის. უფრო მეტიც, აღნიშნული დოკუმენტის პრეამბულის 25-ე პუნქტი პირდაპირ მოუწოდებს ევროკავშირის წევრ სახელმწიფოებს, რომ მათ წახალისონ დაწესებული

მოთხოვნების რეალიზაცია ისეთ გვირაბებშიდაც, რომლებიც არ შედიან TERN-ის ფარგლებში. დირექტივის პრეამბულის მე-8 პუნქტის მიხედვით დიდი ხნის წინ ექსპლუატაციაში შესული გვირაბების უსაფრთხოების დონე უნდა ამოიწიოს. მე-18 პუნქტის თანახმად კი არსებული გვირაბების რემონტის ფასი ფართო ზღვრებში იცვლება ქვეყნებისა და განსაკუთრებით, გეოგრაფიული მიზეზების გამო. ამიტომ მოდერნიზაცია უნდა მოხდეს ეტაპობრივად, გათვლილია ათწლეულებზე, ხოლო საექსპერტო შეფასებით ევროკავშირის ქვეყნებში სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველყოფა იცვლება 2.6-6.3 მლრდ ევროს ფარგლებში. ქვედა ზღვარი შეესაბამება ვენტილაციის ტექნოლოგიის მოდერნიზაციას.

გვირაბის ხანძრების საშიშროება ძირითადად განპირობებულია ცხელი და მომწამვლელი კვამლის გავრცელებით მიწისქვეშა სივრცეში, რომელიც აგრეთვე თითქმის მთლიანად ზღუდავს ხილვადობას (Ilias et al., 2017). მიწისქვეშ ხანძრის განვითარების თავისებურებები მრავალი ავტორის ყურადღების საგანი გახდა, დაგროვილია საკმარისი გამოცდილება და შესაძლებელია კვალიფიციურად გადაწყდეს ხანძართან დაკავშირებული მეტად მნიშვნელოვანი საკითხები: მიწისქვეშ კვამლის გავრცელების სცენარები (Vantelon et al., 1991; Deberteix et al., 2001; Vauquelin and Telle, 2005; Chow et al., 2015; Li et al., 2018; Ingason and Li, 2011), გვირაბებში ტემპერატურის განაწილებისა და გავრცელების საკითხები (Lei et al., 2021; Lanchava et al., 2019 A; Lanchava and Javakhishvili, 2021), ხანძრის განვითარების დინამიკა და სცენარები მიწისქვეშ (Deberteix et al., 2001; Ilias et al., 2017; Lanchava et al., 2017; Li and Ingason, 2018), კვამლისა და ტოქსიკური წვის პროდუქტების გავრცელება სავენტილაციო ნაკადის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით (Vauquelin, 2005; Lanchava et al., 2017; Li and Ingason, 2017), კრიტიკული სიჩქარის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა (Yi et al., 2014; Weng et al., 2016; Li et al., 2010; Li and Ingason, 2017), ხანძრის გავლენა სავენტილაციო სისტემაზე (Lanchava and Javakhishvili, 2021).

სტატისტიკის მიხედვით ცალკეულ გვირაბში სერიოზული ხანძრის მოხდენის შესაძლებლობა ართუ ისე მაღალია, მაგრამ გვირაბების რაოდენობის მატება და მოძრაობის ინტენსიურობის ზრდა იწვევს ხანძრის გაჩენის რისკის მომატებას. ძლიერი ხანძარი კი შეზღუდულ მიწისქვეშა სივრცეში აუცილებლად გამოიწვევს კატასტროფულ შედეგებს.

ასეთი მაგალითებია ხანძარი მონბლანის გვირაბში (საფრანგეთი/იტალია) 1999 წლის 24 მარტს, რომელმაც იმსხვერპლა 39 ადამიანი; ხანძარი ავსტრიის გვირაბში ტაუერნი, რომელმაც იმსხვერპლა 12 ადამიანი (8 ავარიით მიღებული ტრავმებით, 4 ტოქსიკური აირებით სუნთქვის შედეგად); ხანძარი ფუნკულორის გვირაბში (ავსტრია) 2000 წლის 11 ნოემბერს, რომლის შედეგად ტოქსიკური აირებით სუნთქვის შედეგად დაიღუპა 155 ადამიანი (Bird and Carvel, 2005); ხანძარი გოტარდის გვირაბში (შვეიცარია) 2001 წლის 24 ოქტომბერს, რომლის შედეგად დაიღუპა 11 ადამიანი; ბოროტი განზრახვით გაჩენილი ხანძარი მეტროს სადგურში დაეგუ (სამხრეთ კორეა), რომელმაც იმსხვერპლა 198 ადამიანი, დამატებით 146 ადამიანი მოიწამლა ტოქსიკური

აირებით და კვამლით (Li and Ingason, 2018); ხანძარი იანჭოუს გვირაბში (ჩინეთი) 2014 წლის 1 მარტს, რომლის დროსაც დაიღუპა 40 ადამიანი, 12 მოიწამლა, განადგურდა 42 ავტომობილი (Wan et al. , 2019).

პირველივე ტრაგიკული ხანძრების შემდეგ, გაეროს ეკონომიკური და სოციალური საბჭოს, ევროპული კომისიის, შიდა ტრანსპორტის კომიტეტმა ჩამოაყალიბა ექსპერტთა ჯგუფები, რომლებმაც დაამუშავეს უსაფრთხოების რეკომენდაციები, დაფინანსდა მთელი რიგი სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები, რომლებიც მიძღვნილი იყო გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციის სხვადასხვა ასპექტებისადმი. ამის შემდეგ ევროპულმა კომისიამ მხარი დაუჭირა სპეციალური მრავალპროფილური ჯგუფის შექმნას, რომლის მუშაობის შედეგები პერიოდულად ქვეყნდება და მნიშვნელოვან საპროგრამო დოკუმენტებს წარმოადგენენ გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციის უზრუნველყოფის მეტად მნიშვნელოვან საკმეში (TRANS/AC 7/9, 2001; TRANS/AC 7/9, 2002; COMMISSION DIRECTIVE 2004/102/EC, 2004).

აღნიშნულ მრავალპროფილურ ჯგუფში სამუშაოდ მიწვეული იყვნენ ევროპის ეკონომიკური კომისიის ყველა წევრი-ქვეყანა, აგრეთვე სპეციალური ორგანიზაციები, რომელთა შორის აღსანიშნავია: მსოფლიოს მეგზვეთა საზოგადოება (World Road Association), რომელიც უფრო ცნობილია ძველი სახელით „პიარკი“ (PIARC - Permanent International Association of Road Congresses); საერთაშორისო მეგვირაბეთა ასოციაცია (ITA - International Tunnelling Association); საერთაშორისო საგზაო ფედერაცია (IRF - International Road Federation); საერთაშორისო საგზაო-სატრანსპორტო კავშირი (IRU - International Road Transport Union). ამ ჯგუფში უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფი ოთხი ძირითადი ფაქტორის მიხედვით დამუშავდა რეკომენდაციები. ეს ფაქტორებია: საგზაო მოძრაობის მონაწილეები (სულ 10 რეკომენდაცია, ნუმერაცია 1.01 - 1.10); ექსპლუატაცია (სულ 16 რეკომენდაცია, ნუმერაცია 2.01- 2.16); ინფრასტრუქტურა (სულ 11 რეკომენდაცია, ნუმერაცია 3.01-3.11); სატრანსპორტო საშუალებები (სულ 6 რეკომენდაცია, ნუმერაცია 6.01-6.06). აღნიშნული რეკომენდაციები აქტუალურია დღევანდელ პირობებშიც ყველა ორგანიზაციისათვის რომლებიც აპროექტებენ, ეწევიან მშენებლობას ან ექსპლუატაციას უწევენ გვირაბებს. წინამდებარე ნაშრომში განხილული საკითხები შეეხება რეკომენდაციებს 2.05; 2.14; 3.02; 3.03; 3.06; 3.07; 3.08.

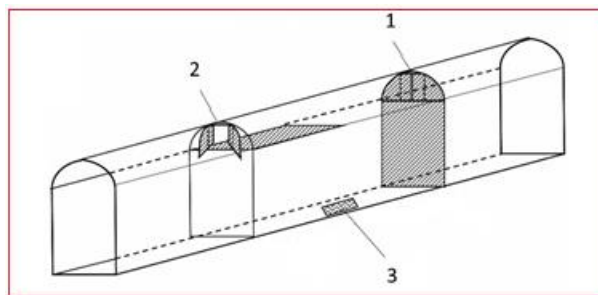
2. ტრანსფორმირებადი სისტემა

წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია მარტივი მოქნილი მოწყობილობა, რომელიც მთლიანად ან ნაწილობრივ გადაკეტავს გვირაბის განივკვეთს, დაყოფს გვირაბს შედარებით მოკლე სიგრძის მონაკვეთებად, პარალელურად მოახდენს ხანძრის კერის სრულ ან ნაწილობრივ იზოლირებას დროის იმ შუალედში, რაც საკმარისი უნდა აღმოჩნდეს სიცოცხლის

გადარჩენისათვის. სპეციალური დირექტივის შესაბამისად, მითითებული დროის შუალედი არის პირველი 10 წთ ხანძრის დაწყებიდან (TRANS/AC 7/9, 2001). ამგვარად, შემოთავაზებული მოწყობილობა გაზრდის გვირაბის აეროდინამიკურ წინაღობას, შეაფერხებს წვის პროდუქტების გავრცელებას სავენტილაციო ნაკადთან ერთად და არის სავენტილაციო ტექნოლოგიის ნაწილი.

ხაზგასმით აღვნიშნავთ, რომ შემოთავაზებული მოწყობილობის პრეროგატივა არის სიცოცხლის გადარჩენაში ხელშეწყობა. თუმცა გვირაბში ანალოგიური მოწყობილობის დამონტაჟების შემთხვევაში როგორც გვირაბის მომსახურე პერსონალს, ისე მაშველებს სავენტილაციო ნაკადისა და მასთან ერთად მოძრავი წვის ტოქსიკური პროდუქტების მართვის ერთმნიშვნელოვნად უფრო მეტი საშუალება ექნებათ. აღნიშნული მოწყობილობა შესაძლებელია დამონტაჟდეს ყოველ 200-500 მ მანძილზე და რაღაცნაირად შეუთავსდეს საავარიო გასასვლელებს, რომლებიც აღნიშნულ ადგილებში უნდა მოეწყოს მითითებული დოკუმენტის (COMMISSION DIRECTIVE 2004/102/EC, 2004) დამატება I-ის 2.3.8 პუნქტის თანახმად. ან შესაძლებელია დამონტაჟდეს საავარიო სადგურებთან ყოველ 150 მ მანძილზე ახალი გვირაბებისათვის და 250 მ მანძილზე ძველი გვირაბებისათვის, რასაც ითვალისწინებს მოცემული დოკუმენტის პუნქტი 2.10.3.

ამგვარად, გვირაბის დამყოფი შემოთავაზებული სისტემის განლაგება გვირაბში მოხდება სათანადო სტანდარტით განსაზღვრულ უბნებზე და გვირაბის განივი კვეთის გეომეტრიის შესაბამისად მას უნდა ექნეს ტრანსფორმირების შესაძლებლობა. სხვანაირად მას შესაძლებელია აგრეთვე ვუწოდოთ ტრანსფორმირებადი სისტემა. ფიგ. 1-ზე წარმოდგენილია გვირაბში დამონტაჟებული მოქნილი დამყოფი ტრანსფორმირებადი სისტემა. აღნიშნული მოწყობილობა უფრო დაწვრილებით არის აღწერილი საქართველოს პატენტში (Lanchava et al. , 2021).



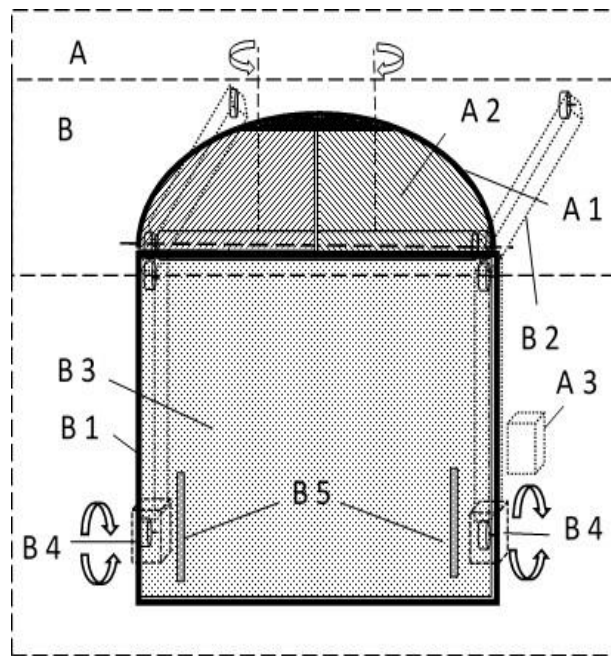
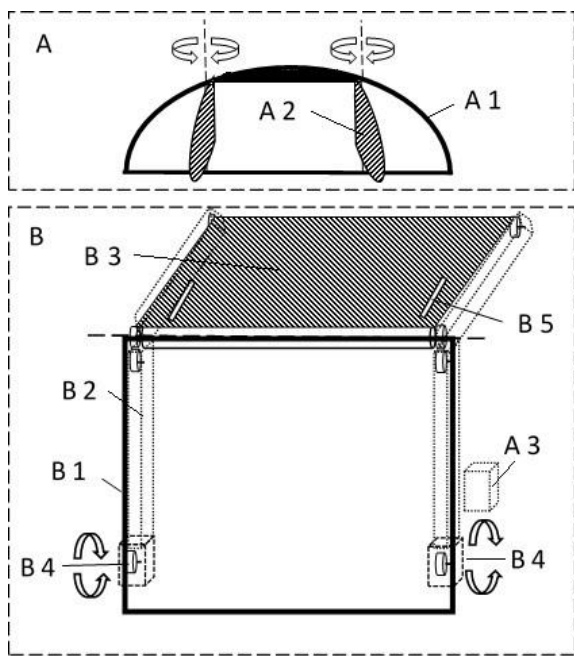
ფიგ. 1. გვირაბში დამონტაჟებული მოქნილი დამყოფი ტრანსფორმირებადი სისტემა:

1 - გაშლილ (მოქმედ) მდგომარეობაში; 2 - აკეცილ მდგომარეობაში; 3 – ხანძრის ლოკალიზაციის უბანი

შემოთავაზებული მოწყობილობა შედგება ორი სექციისაგან - A და B. სისტემა აკეცილი სახით წარმოდგენილია ფიგ. 2-ზე, ხოლო გაშლილი (მოქმედი) სახით - ფიგ. 3-ზე. სექცია A შედგება - გვირაბის ჭერის ფორმის შესაბამისი თალური (ან სხვა) ფორმის ჩარჩოსაგან A1, სადაც განლაგებულია ცეცხლგამძლე (700 °C – მდე მედეგი ბაზალტის ან სხვა უფრო

ტემპერატურამდეგი მასალის) A2 ფირფიტებით დამზადებული ზღუდარები, რომელთაც სათანადო დამოუკიდებელი ჯაჭვური გადაცემის კინემატიკური სქემის გამოყენებით დამოუკიდებელ რეჟიმში შეუძლიათ A სექციის ჩარჩოთი შემოფარგლული თაღური განივი კვეთის ნაწილობრივ ან მთლიანდ გადაკეტვა და გახსნა.

სექცია B შედგება - სწორკუთხა ფორმის ჩარჩოსაგან B1, რომელიც შემოფარგლავს ტრანსპორტის მოძრაობისათვის განკუთვნილ გვირაბის სწორკუთხა განივ კვეთს ისე, რომ მუშა მდგომარეობაში სათანადო დამოუკიდებელი ჯაჭვური გადაცემის B2 კინემატიკური სქემის გამოყენებით მართკუთხა ფორმის მოქნილი ცეცხლგამძლე ფარდა B3 სრულად ან ნაწილობრივ კეტავს გვირაბის სავალი ნაწილისათვის განკუთვნილ განივკვეთს, ხოლო აკეცილ მდგომარეობაში იგი განთავსებულია ჰორიზონტალურად გვირაბის თაღური ნაწილის დასაწყისში, A სექციის ქვედა ნაწილში. ორივე სექცია შეიცავს დამოუკიდებელ მართვის პულტებს A3 და B4 (იხ. ფიგ. 2), რომლებიც განთავსებულია სექციების მახლობლად გვირაბის კედელზე და მათი ამოქმედება შესაძლებელია როგორც გვირაბის მართვის ცენტრალური პულტიდან, ისე განთავსების ადგილიდან.



ფიგ. 2. სისტემა აკეცილ მდგომარეობაში

ფიგ. 3. სისტემა მუშა მდგომარეობაში

იმის გამო, რომ აღნიშნულ მოწყობილობაზე უკვე მიღებული გვაქვს საქართველოს პატენტი, საერთაშორისო კლასიფიკაციის ინდექსით A 62 C 2/06, მხოლოდ მოკლედ აღვნიშნავთ იმ ძირითადი იდეების შესახებ, რომლებმაც განაპირობეს მოცემული მოწყობილობის დამუშავება.

პირველ რიგში ესაა ის გარემოება, რომ მშენებარე გვირაბებისათვის ზოგადად რეკომენდებულია ცეცხლგამძლე წინაღობებით მათი დაყოფა მოკლე სიგრძის მონაკვეთებად ხანძრის ლოკალიზაციის მიზნებისათვის. აგრეთვე ის, რომ „ძველ“ გვირაბებში არ არის ანალოგიური ცეცხლგამძლე წინაღობების განთავსების ადგილი, ისეთნაირად, რომ არ შემცირდეს ტრანსპორტისათვის განკუთვნილი მიწისქვეშა ძვირადღირებული სივრცე (Lanchava et al., 2009).

იდეის განვითარებაში დიდი როლი ითამაშა აგრეთვე ევროპარლამენტისა და ევროპის საბჭოს ერთობლივმა სახელმძღვანელო დოკუმენტმა (COMMISSION DIRECTIVE 2004/102/EC, 2004), რომლის პრეამბულის მე-11 პუნქტის თანახმად უსაფრთხოების ზომები ისეთი უნდა იყოს, რომ უბედურების ზონაში მოხვედრილმა ადამიანებმა შეძლონ თვითევაკუაცია. ამავე დოკუმენტის პირველი დანართის 2.3.9 პუნქტი კი მოთხოვნას აწესებს ევაკუაციის ხელშემწყობ სათანადო საშუალებებზე, კერძოდ მეტალის კარებზე, რომელიც გამოყენებული უნდა იქნეს კვამლისა და სითბოს მოხვედრის აღსაკვეთად ევაკუაციის გზაზე.

საავტომობილო გვირაბებში ხანძრების დროს უსაფრთხოების იდეის რეალიზაციასთან დაკავშირებით თანამედროვე საინჟინრო საზოგადოების მიერ შემოთავაზებულია რამოდენიმე საგამომგონებლო წინადადება, რომლებიც გვირაბის კვეთის სრულად გადაკეტვას ითვალისწინებს და რიგ შემთხვევებში გამორიცხულია გადასაკეტი ფართობის რეგულირების შესაძლებლობა (Amelchukov and Korotkov, 2007; Seitlinger, 2002; Wagner et al., 2003).

დღემდე არსებულ სამეცნიერო ლიტერატურაში არ არსებობს აღნიშნული ტექნოლოგიის რამდენადმე სრულყოფილი სამეცნიერო შეფასება. წინამდებარე სტატიის მიზანს სხვა საკითხებთან ერთად, წარმოადგენს რიცხვითი მოდელირების გზით აჩვენოს მოცემული იდეის რაციონალური რეალიზაციის ფარგლები.

მაგალითად, ჩვენს მიერ წარმოდგენილი რიცხვითი მოდელირების შედეგები აჩვენებს, რომ მეტალის კარების ან მოქნილი ცეცხლგამძლე ბარიერების გამოყენება გვირაბის კვეთის სრული გადაკეტვით მეტად სარისკოა, რადგან ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში კერაზე არასრულ წვას ექნება ადგილი. ასეთ შემთხვევაში სავენტილაციო ჰაერში შესაძლებელია ნახშირბადის მონოოქსიდის აფეთქების მხრივ საშიში კონცენტრაციის წარმოქმნა. რიცხვითი მოდელების შედეგების მიხედვით, რომელიც ქვემოთ დაწვრილებით არის აღწერილი, შემოთავაზებული მოქნილი სისტემისათვის, უფრო ეფექტური არის გვირაბის განივი კვეთის ნაწილობრივად გადაფარვა და კონტროლის უზრუნველყოფა მისი ჭერის არეალში, რადგან წვის პროდუქტები მაღალი ტემპერატურის გამო აღმავალი მოძრაობით ხასიათდებიან.

ნაწილობრივ გადაფარვას ორმაგი ეფექტი ექნება პრაქტიკული თვალსაზრისით. პირველ რიგში შესაძლებელია მინიმუმამდე დავიყვანოთ ფეთქებადი ნარევის წარმოქმნის რისკი. ამასთან, მოწყობილობის მოქმედების ეფექტურობაზე უარყოფით გავლენას ვერ მოახდენს

ხანძრის შედეგად გვირახში მიტოვებული მანქანები, რადგან მოწყობილობის ბოლომდე გამლა გვირახის კვეთში საჭირო არაა. აგრეთვე ისიც აღსანიშნავია, რომ გვირახის კვეთის ნაწილობრივი გადაფარვა მისი აეროდინამიკური წინააღობის გაზრდას ემსახურება, ხოლო გაჩერებული ავტომობილი თვითონვე არის ასეთი წინააღობა ჰაერის მოძრაობის გზაზე. ამიტომ ხანძრის გავლენის არეში მოხვედრილ ადამიანებს უფრო მეტი დრო დარჩებათ თვითევაკუაციისათვის. ამ შემთხვევაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გვირახის მომსახურე პერსონალის კვალიფიკაციას, რომელმაც დისტანციურად უნდა დაამყაროს კავშირი უბედურების ზონაში მოხვედრილ ადამიანებთან და კვალიფიციურად მართოს მათი ევაკუაციის პროცესი.

2.1. ხანძრის მიერ აღძრული დინამიკური წნევის გაანგარიშება

ხანძრის მიერ აღძრული დინამიკური წნევის თეორიულად განსაზღვრა შესაძლებელია კლაპეირონის განტოლებით, რომელითაც ერთმანეთთან დაკავშირებულია აირების წნევა, კუთრი მოცულობა და ტემპერატურა შემდეგი ფორმულით

$$pv = RT \quad (1)$$

სადაც p არის წნევა; v - აირის კუთრი მოცულობა ($pv = 1$, $v = 1/\rho$), მ³/კგ; ρ - სიმკვრივე, კგ/მ³; R - აირის კუთრი მუდმივა, $R = 287$ ჯ/(კგ.კ); T - აბსოლუტური ტემპერატურა, კ.

აღსანიშნავია, რომ ენრიკო ფერმი ციტირებული ნაშრომის (Fermi, 1937) მე-16 პარაგრაფში მიუთითებს, რომ კლაპეირონის განტოლება კარგად ასახავს რეალური გაზების მდგომარეობას მაღალი ტემპერატურებისა და დაბალი წნევების პირობებში, რაც ზუსტად შეესაბამება გვირახის ხანძრებს, რადგან სტატიკური წნევის გაზრდა აქ არ ხდება. ამგვარად, კლაპეირონის განტოლებით გვირახებში ხანძრის შემთხვევისათვის შესაძლებელია სარწმუნო შედეგების მიღება. აღნიშნული კიდევ უფრო დამაჯერებელია იმის გათვალისწინებით, რომ ვენტილატორების გაანგარიშების, დამზადების, გამოცდისა და ექსპლუატაციის პირობებში გამოყენებულია ჰაერის სტანდარტული სიმკვრივე $\rho = 1.2$ კგ/მ³, რომელიც მიიღება კლაპეირონის განტოლებით ზღვის დონეზე ატმოსფერული წნევისა $p = 101.3$ კპა და 20 °C ტემპერატურისათვის, ანუ სავენტილაციო ნაკადი აპრობირებული ტექნოლოგიით პრაქტიკულადაც მიჩნეულია იდეალურ აირად.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, (1) ფორმულის თანახმად, 1000 °C ტემპერატურის მქონე ხანძრის მიერ აღძრული დინამიკური წნევა, გვირახებში შეადგენს 121.6 კპა, რაც აღემატება ატმოსფერულ წნევას, ხოლო 8-ჯერ ყველაზე მძლავრი ვენტილატორების მაქსიმალურ სტატიკურ წნევას. ამ დროს ჰაერის სიმკვრივე შემცირებულია 0.277 კგ/მ³-მდე. შესაბამისად, ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში პრაქტიკულად შეუძლებელი გახდება სავენტილაციო ნაკადის მართვა

ვენტილატორების მეშვეობით და ჰაერის მოძრაობის მიმართულება და ხარჯი განპირობებული იქნება ხანძრის მიერ აღძრული დეპრესიით.

ცხადია, რომ ხანძრის სიძლიერე დამოკიდებულია საწვავის მასაზე, რომელიც გარკვეული კანონზომიერებით დაკავშირებულია ნაძვვი აირის m მასასთან. (1) განტოლების ორივე მხარის გამრავლებით აღნიშნულ სიდიდეზე მიიღება

$$pV = mRT \quad (2)$$

სადაც $V = mv$ არის ჰაერის ის მოცულობა, რომელიც მონაწილეობს წვის პროცესში, მ³, რომლის სიდიდე ჰაერის სიჩქარის პირდაპირ პროპორციულია. ე.ი.

$$dV = Sdl = Sdu \quad (3)$$

სადაც dV არის მოცულობის ნაზარდი, მ³; S - გვირაბის განივი კვეთის ფართობი, მ², $S = Const$; dl - ნაკადის მიერ გავლილი მანძილი მოცემულ მომენტში, მ; du - ნაკადის სიჩქარის ნაზარდი მოცემულ მომენტში, რომელიც აგრეთვე დამოკიდებულია ხანძრით აღძრულ წევაზე, მ/წმ.

1.5-2 კმ სიგრძის გვირაბებისათვის, ტრანსპორტის მოძრაობის სიჩქარიდან გამომდინარე, ევაკუაცია უნდა დასრულდეს 2 წთ-ის განმავლობაში. საინტერესოა წნევის ცვალებადობა სწორედ ამ პერიოდისათვის. მაშასადამე, დამოუკიდებელი ცვლადის - τ დროის ცვალებადობის ინტერვალი შემდეგია $0 \leq \tau \leq 120$, სადაც τ გამოსახულია წამებში, ხოლო ფორმულა (3) მიიღებს სახეს

$$V = S \int_0^{120} [u_0 + u(\tau)] d\tau \quad (4)$$

სადაც u_0 არის ჰაერის ნაკადის საწყისი სიჩქარე, მ/წმ; $u(\tau)$ - ჰაერის ნაკადის სიჩქარე, რომელიც წარმოდგენილია დროის ფუნქციის სახით, მ/წმ.

(4) ფორმულის გათვალისწინებით (1) ფორმულიდან მიიღება კერაზე ხანძრის მიერ განვითარებული წნევის სიდიდე

$$p_2 = \frac{mRT}{S \int_0^{120} [u_0 + u(\tau)] d\tau} \quad (5)$$

ამ ფორმულაში ინტეგრალქვეშა ფუნქციის პირველადი არაა ცნობილი. ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით შესაძლებელია მიახლოებითი ამონახსნის მიღება (Lanchava and Javakhishvili, 2021). ცნობილია, რომ 1 მ³ ბენზინის ორთქლის დაწვას ესაჭიროება 58.80 მ³ ჰაერი, ხოლო ამ დროს ბენზინის ორთქლის სიმკვრივეა 0.73 კგ/მ³. მიღებული ჰაერის მოცულობა 1545000 მ³ ესაჭიროება დაახლოებით 18 ტონა ბენზინის ორთქლის დაწვას, რომლის დროსაც აღიძვრება დაახლოებით 42.6 კპა სიდიდის ჭარბი წნევა. ცხადია, რომ ნოხოძაკას გვირაბში მომხდარი ხანძრისას (Bird and Carvel, 2005), რომლის დროსაც დაიწვა 173 ავტომანქანა, წვადი მასალები საწვავთან ერთად, უფრო მეტი ეკვივალენტური მასის იქნებოდა. ყველა შემთხვევაში, პირველი მიახლოებით, სახეზეა სატრანსპორტო გვირაბებში გამოყენებული ვენტილატორების მაქსიმალურ სტატიკურ წნევაზე (2.0-4.0 კპა) გაცილებით დიდი წევის აღძვრა ხანძრის მიერ.

შესაბამისად, 2.0-4.0 კპა წვეის აღძვრა გვირაბში, რითაც ხასიათდებიან ჭავლური ვენტილატორები, შესაძლებელია იმ შემთხვევაშიდაც, თუ საწვავის მასა იქნება გაცილებით ნაკლები, დაახლოებით 0.9-1.8 ტონის ფარგლებში.

2.2. გვირაბის ხანძრის შეფასება აღმოღებული მანქანების მიხედვით

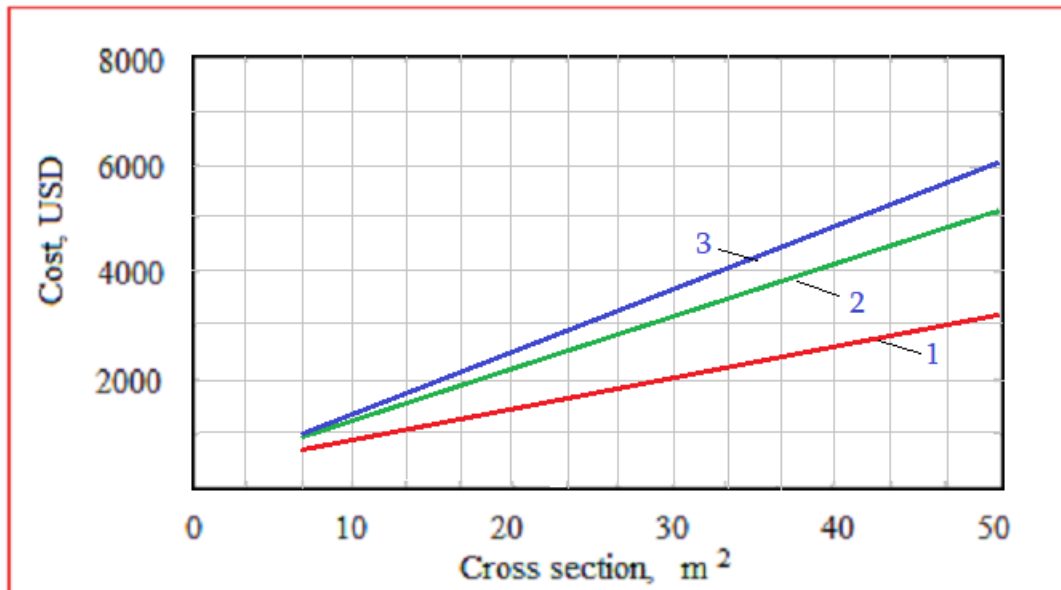
ხანძრის შემთხვევაში აღმოღებული მანქანების რიცხვისა და სახეობის მიხედვით ხანძრის სიმძლავრის განსაზღვრისათვის გვირაბის მომსახურე პერსონალს დაეხმარება ცხრილი, რომელიც აღებულია დოკუმენტიდან (TRANS/AC 7/9, 2001).

ცხრილი 1. ხანძრის სიმძლავრე აღმოღებული მანქანების სახეობისა და რაოდენობის მიხედვით

<i>N</i>	<i>ტრანსპორტის ტიპი</i>	<i>ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ</i>
1	<i>მსუბუქი ავტომობილი</i>	<i>2.5-5.0</i>
2	<i>ავტობუსი</i>	<i>20</i>
3	<i>საშუალო ზომის სატვირთო</i>	<i>20-30</i>
4	<i>დიდი ზომის სატვირთო</i>	<i>30</i>
5	<i>ბენზინმზიდი (50 ტ)</i>	<i>300</i>

2.3. ფასთა შედარება გვირაბის გადასაკეტი სხვადასხვა კარებებისათვის

მასალისა და მონტაჟის ფასის მიხედვით (მექანიკური და ავტომატური მოწყობილობების ფასის მხედველობაში მიღების გარეშე) ერთმანეთს შევადარეთ ლითონისაგან და ბაზალტის ქსოვილისაგან დამზადებული კარებების ფასები საქართველოს სამომხმარებლო ბაზრის პირობებში. ამასთან ერთად, ბაზალტის ქსოვილისაგან დამზადებული კარები განხილული იყო ორ ვარიანტად: 1. როცა ბაზალტის ქსოვილის ფორმირებისათვის გამოყენებული იყო ბაზალტისვე არმატურა; 2. როცა ბაზალტის ქსოვილის ფორმირებისათვის გამოყენებული იყო ფოლადის ბადე. ფასების ცვალებადობა კარების ზომებისა და მასალის სახეობის მიხედვით მოცემულია ფიგ. 4-ზე.



ფიგ. 4. მეტალისა და ბაზალტის ქსოვილისაგან დამზადებული კარების ფასების ცვალებადობა მათი ფართობის მიხედვით (მექანიკური და ავტომატური მოწყობილობების ფასის გარეშე): 1 - ბაზალტის ქსოვილი (ფორმირება ბაზალტის არმატურით); 2 - ბაზალტის ქსოვილი (ფორმირება ფოლადის არმატურით); 3 - მეტალის კარები

თუ მხედველობაში მივიღებთ აგრეთვე ბაზალტის ქსოვილის უფრო ნაკლებ მასას ლითონთან შედარებით, მაშინ შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ მექანიკურ და ავტომატურ მოწყობილობებს ბაზალტის შემთხვევაში უფრო ნაკლები სიმძლავრე დასჭირდებათ, არ გააძვირებენ საბოლოო შედეგს და ფიგ. 4-ზე მოცემული შედეგები ფასთა თანაფარდობის შესახებ შესაძლებელია დამაჯერებლად ჩავთვალოთ.

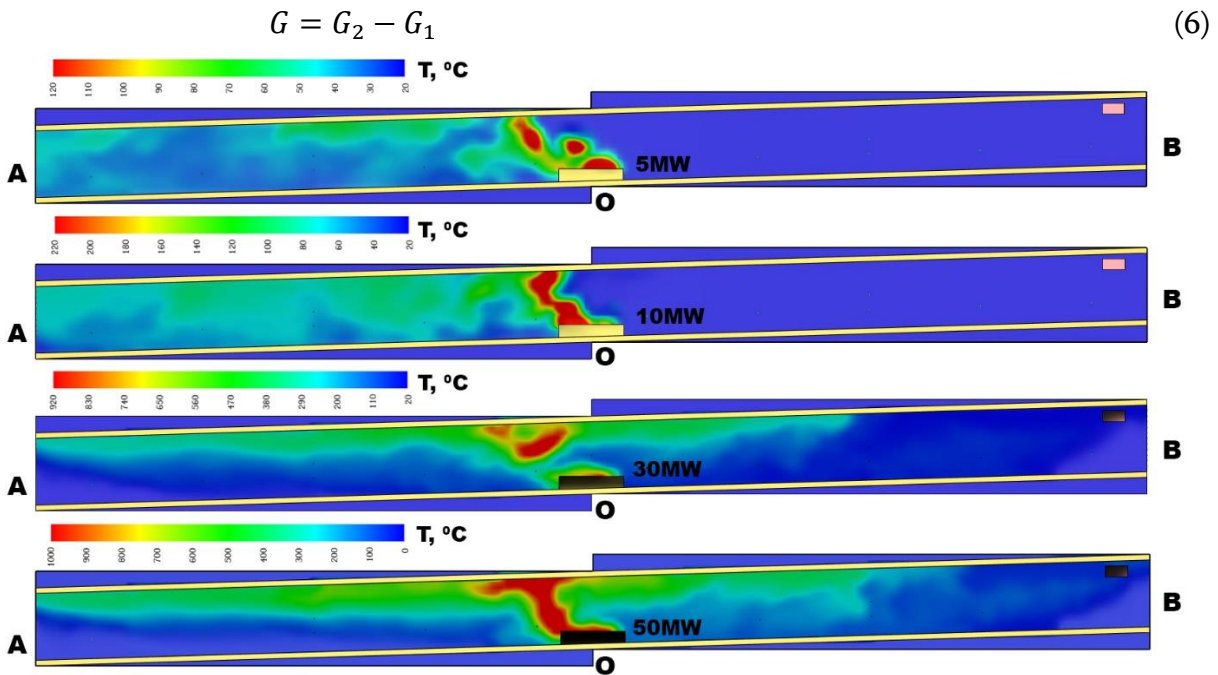
3. შედეგები და დისკუსია

3.1. ხანძრის სცენარები გვირაბში გრძივი ვენტილაციის პირობებში

FDS პროგრამულ გარემოში სასრულ მოცულობათა მეთოდის გამოყენებით შესწავლილია გვირაბში სხვადასხვა სიმძლავრის 5, 10, 30, 50 მგვტ ხანძრების განვითარების სცენარები სხვადასხვა დახრილობის 0, 1, 3, 4, 6 % გვირაბებში. გვირაბის გეომეტრია: სიგრძე - 100 მ; სიგანე - 8 მ; სიმაღლე - 6 მ; ხანძრის კერის ფართობი 16 მ²; ცეცხლის კერა განთავსებულია გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში. ხანძრის მოდელირებისათვის წვის რეაგენტი - ბენზინი. მოდელირების დრო 120 წმ, B პორტალთან დროისათვის $\tau = 0$ წმ ერთმანეთის მიმართ პარალელურად ჩაირთვება 2 ცალი ჭავლური ვენტილატორი წარმადობით 28 მ³/წმ და წნევით 2000 პა. ვენტილატორები

ეფექციით წარიტაცებენ ჰაერის ნაკადს, რომლის ხარჯი შესაძლებელია განისაზღვროს ჰაერის სიჩქარისა და გვირაბის კვეთის მიხედვით. დროის მომენტში $\tau = 20$ წმ მოდელზე ამოქმედდება ხანძარი და ექსპერიმენტი დანარჩენ დროში გრძელდება ხანძრის თანხლებით. ამ პერიოდისათვის სავენტილაციო ნაკადს დაფარული აქვს მანძილი B პორტალიდან ხანძრის კერამდე, რაც სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრის პირობებში ჩანს ფიგ. 5-ზე.

სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრის დროს გამოყოფილი მავნე აირებისა და კვამლის მოცულობის სიდიდეები შეტანილია ცხრილში 2. შეფასება გაკეთებულია გვირაბის ნულოვანი დახრილობის პირობებში. ამ შემთხვევაში ჰაერის სიმკვრივის შემცირება ტემპერატურის მომატების შედეგად პრაქტიკულად არ იწვევს უკუდინებას, ხოლო წვის პროდუქტები შეერევა სავენტილაციო ნაკადში და იწვევს ამ უკანასკნელის სიჩქარის გაზრდას. ჰაერის სიჩქარე გვირაბში განისაზღვრა რიცხვითი მოდელების მიხედვით ჰაერის ნაკადის ფრონტის მოძრაობის შესაბამისად B პორტალიდან A პორტალის მიმართულებით. სიჩქარე u_1 განისაზღვრა B პორტალიდან O წერტილამდე მანძილისა და მის დასაფარავად საჭირო დროის მიხედვით, ჰაერის შესაბამისი ხარჯი არის G_1 . სიჩქარე u_2 შეესაბამება მანძილს O წერტილიდან A პორტალამდე, ჰაერის შესაბამისი ხარჯი არის G_2 . კვამლისა და წვის სხვა ტოქსიკური პროდუქტების ხარჯი განისაზღვრა ფორმულით

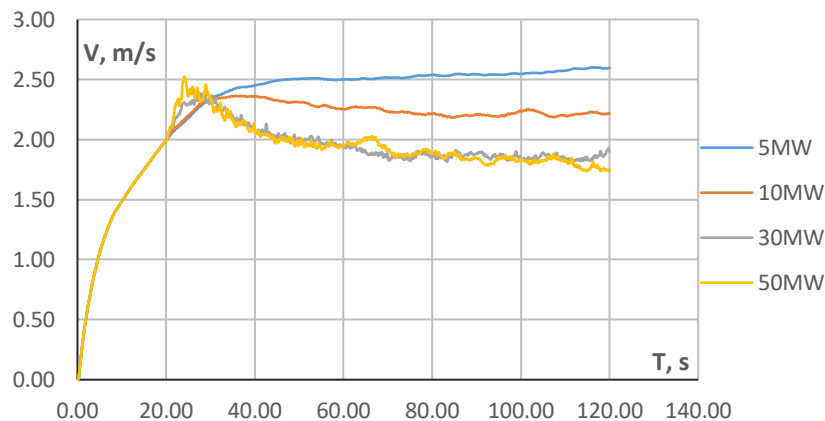


ფიგ. 5. ჰორიზონტალური გვირაბის ვენტილაცია 5, 10, 30, 50 მგვტ ხანძრის გაჩენის მომენტისათვის $\tau = 20$ წმ: 1 - ჭავლური ვენტილატორი; O - ხანძრის კერის ცენტრი

ცხრილი 2. ჰაერის ხარჯი და სიჩქარე გვირაბში რიცხვითი ექსპერიმენტების მიხედვით

ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ	u_1 , მ/წმ	u_2 , მ/წმ	G_2 , მ ³ /წმ	G_1 , მ ³ /წმ	G , მ ³ /წმ
5	2.9	3.6	139.2	172.8	33.6
10	2.9	4.1	139.2	196.6	57.6
30	2.9	5.0	139.2	240.0	100.8
50	2.9	5.6	139.2	268.8	129.6

დახრილ გვირაბებში, ხანძრის პროდუქტების შერევის მიუხედავად, ხანძრის ამოქმედების პერიოდის ($\tau = 20$ წმ) შემდეგ, სავენტილაციო ნაკადის სიჩქარე ყოველთვის არ მატულობს. ფიგ. 6-დან ჩანს, რომ 30 და 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისათვის სავენტილაციო ნაკადის საშუალო სიჩქარე კლებულობს, მიუხედავად იმისა, რომ ჰაერს უფრო მეტი წვის პროდუქტები შეერევა, ვიდრე 5 მგვტ ხანძრის დროს. ამ შემთხვევაში, საბოლოოდ, ნაკადის ინერციის ძალებს გაცილებით აღემატება ჰაერის სიმკვრივის შემცირებით გამოწვეული ტივტივადობის ძალები. უფრო ზუსტად, პროცესზე გავლენის თვალსაზრისით, სავენტილაციო ნაკადის მოცულობის ზრდის ტემპი გაცილებით ჩამორჩება ტივტივადობის ძალების გავლენის ტემპს.

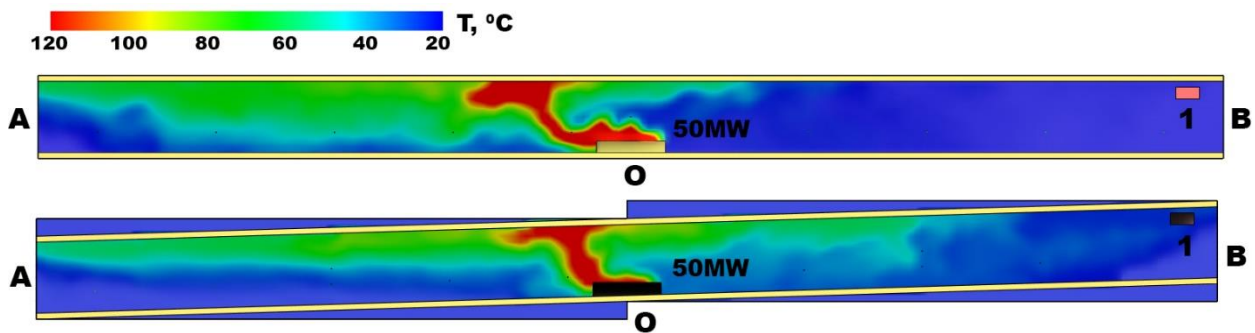


ფიგ. 6. დახრილ გვირაბში (3%) ჰაერის საშუალო სიჩქარის ცვალებადობა ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით დადებითი სავენტილაციო ნაკადებისათვის (ანუ მაშინ, როცა ჰაერის ნაკადის მოძრაობის მიმართულება არის დაღმავალი)

აღნიშნული ძალიან კარგად ჩანს ფიგ. 7-დან, რომელზედაც ნაჩვენებია 50 მგვტ ხანძრის განვითარების სცენარები ჰორიზონტალური და დახრილი გვირაბისათვის (3 %). ნულოვანი დახრილობის გვირაბისათვის ტივტივადობის ძალები ხელს არ უშლიან ვენტილაციას, ხოლო ჰაერის ნარევის მოცულობის ზრდის შედეგად მატულობს მისი სიჩქარე. 3 %-იანი დახრილობის შემთხვევაში თვით ხანძარი უკვე აეროდინამიკური წინააღმდეგობისათვის, ხოლო წვის პროდუქტები ორივე პორტალიდან უერთდება ატმოსფეროს. ჰორიზონტალური გვირაბისათვის

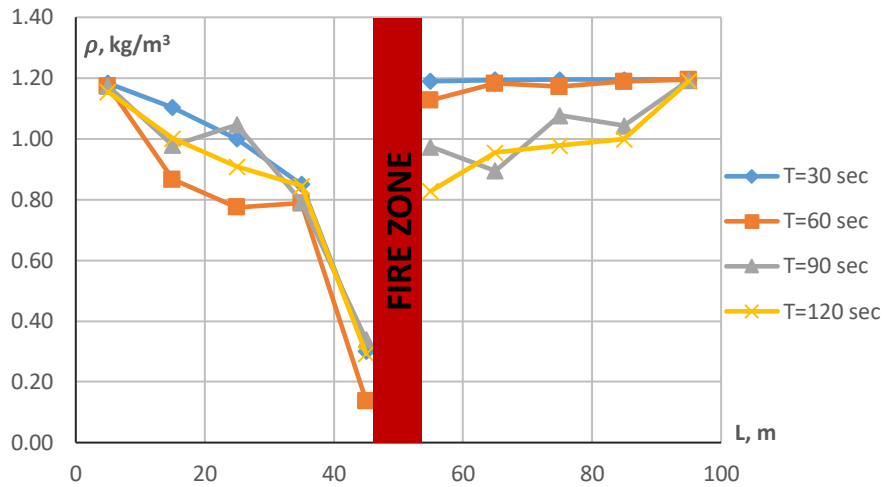
(ფიგ. 7, ზედა ნახაზი) გვირაბის BO მონაკვეთზე შენარჩუნებულია სუფთა ჰაერი. დახრილ გვირაბში კი, ხანძრის წვეის გავლენით ძლიერი უკუდინებისა და ამის შედეგად სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავების გამო, გვირაბის BO მონაკვეთზედაც გაჭუჭყიანებული ჰაერია (ფიგ. 7, ქვედა ნახაზი).

ძლიერი ხანძრის პირობებში ნაკადის გადაყირავებას აუცილებლად ექნება ადგილი, მაგრამ ამოცანა ადნიშნული მოვლენა რაც შეიძლება გვიან მოხდეს გვირაბის განივ კვეთში ხელოვნური ბარიერების ჩართვისა და გვირაბის აეროდინამიკური წინააღმდეგობის მომატების შედეგად, რათა გაიზარდოს ევაკუაციის პერიოდის ხანგრძლივობა გვირაბის BO მონაკვეთზე. გვირაბის კვეთის ნაწილობრივი გადაფარვა სწორედ ადნიშნულ მიზანს ემსახურება და იგი უფრო ეფექტურია გვირაბის ზედა ნაწილში, რადგან ნაკლები სიმკვრივის მქონე ნაწივი აირები გვირაბის ჭერის არეალში მოძრაობენ. ამის გამო ხანძრის შედეგად გვირაბში მიტოვებული მანქანების არსებობა ხელს არ შეუშლის შემოთავაზებული მოქნილი სისტემის მოქმედების ეფექტურობას საჭიროების დროს.

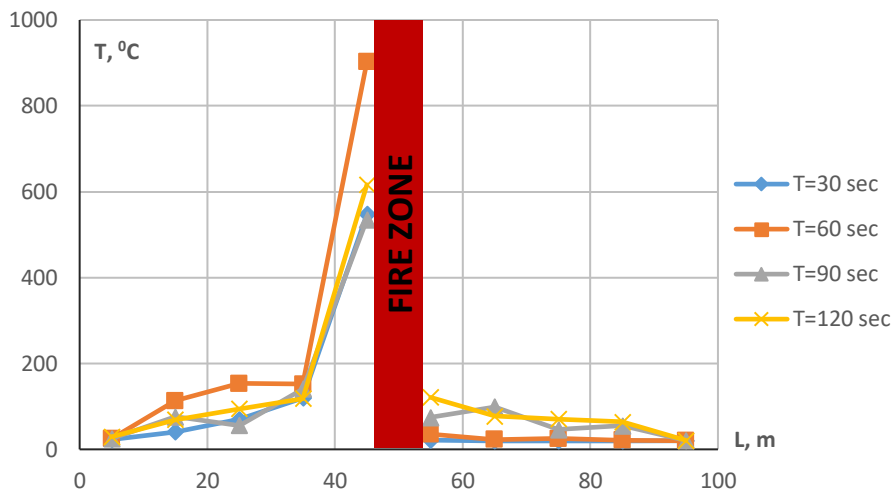


ფიგ. 7. 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის განვითარების სცენარი ჰორიზონტალური და 3 %-დახრილობის გვირაბისათვის: B პორტალიდან ჰაერის მიწოდება ხდება ვენტილატორით - 1

სავენტილაციო ჰაერის სიმკვრივის დინამიკა ხანძრის კერაზე და გვირაბის სიგრძის მიხედვით მოცემულია ფიგ. 8-ზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ დაღმავალ ნაკადზე ჰაერის სიმკვრივე შემცირებულია და უშუალოდ ხანძრის კერაზე მისი მინიმალური სიდიდე იცვლება 0.18 - 0.28 კგ/მ³ ფარგლებში. ანალიზისათვის ავიღოთ სიმკვრივის რიცხვითი სიდიდე 0.28 კგ/მ³. ხანძრის კერაზე მაქსიმალური ტემპერატურა, რომელმაც განაპირობა ჰაერის სიმკვრივის შემცირება მოცემულ ნიშნულამდე შეადგენს 610 °C, ანუ 883 K (იხ. ფიგ. 9). ფორმულით (1) გავსაზღვროთ ხანძრის მიერ აღძრული წნევა მოცემულ პირობებში, რაც შეადგენს 71.0 kPa. შევნიშნოთ, რომ ასეთი სიდიდის დინამიკური წნევა გვირაბში გამოიწვევს სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავებას.

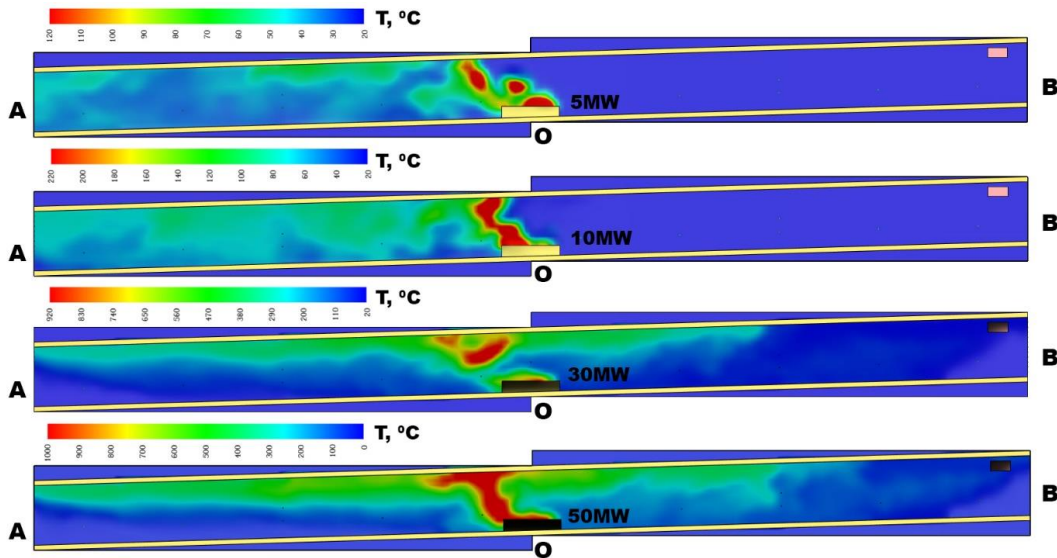


ფიგ. 8. სავენტილაციო ჰაერის სიმკვრივის ცვალებადობა 3% დახრილობის გვირაბის სიგრძის მიხედვით 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში



ფიგ. 9. სავენტილაციო ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში, გვირაბის ცენტრალურ გრძივ სიბრტყეზე იატაკიდან 1.7 მ სიმაღლეზე 3% დახრილობის გვირაბის სიგრძის მიხედვით.

მაშასადამე, როგორც თეორიულად, ისე რიცხვითი ექსპერიმენტების გზით დადგენილად უნდა მივიჩნიოთ, რომ ძლიერ ხანძარს გვირაბებში შეუძლია აღძრას ვენტილატორებზე უფრო დიდი დინამიკური წნევა, რომელსაც შეუძლია დადებითი სავენტილაციო ნაკადების გადაყირავება 3% და უფრო მეტი დახრილობის გვირაბებში. როგორც აღვნიშნეთ, დადებითია ნაკადი მაშინ, თუ სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება ჰიფსომეტრიულად მაღალი ნიშნულიდან და ადგილი აქვს სუფთა ჰაერის ნაკადის დაღმავალ მოძრაობას.



ფიგ. 10. ხანძრის განვითარების სცენარები 120 წმ-ის შემდეგ დადებითი (დადმავალი) სავენტილაციო ნაკადებისათვის (ხანძრის კერა ჰიფსომეტრიულად განლაგებულია ჰაერმიმწოდებელი B პორტალის დაბლა)

ფიგ. 10-ზე მოცემულია ხანძრის განვითარების სცენარები სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრისათვის 120 წმ-ის ბოლოს. ნახაზიდან ჩანს, რომ 30 MW სიმძლავრის ხანძრის პირობებში, როცა გვირახის დახრილობა შეადგენს 3 %, გვირახის ორივე პორტალიდან ატმოსფეროში გადის წვის პროდუქტები, რაც იმის ნიშანია, რომ მოხდა სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავება და გვირახის მთელ სიგრძეზე ყველგან გაჭუჭყიანებული ჰაერია. აღსანიშნავია, რომ მოდელირებული სცენარის მიხედვით, ნამწვი პროდუქტები ხანძრის გაჩენიდან დაახლოებით 30 წმ-ის შემდეგ გავრცელდა საპირისპირო მიმართულებით 50 მ მანძილზე და ატმოსფეროს შეერია იმ პორტალიდან, საიდანაც ხდება ჰაერის მიწოდება.

3.2. შემოთავაზებული სისტემის ფუნქციონირების ეფექტურობა ჰორიზონტალური გვირახისათვის გრძივი ვენტილაციის პირობებში

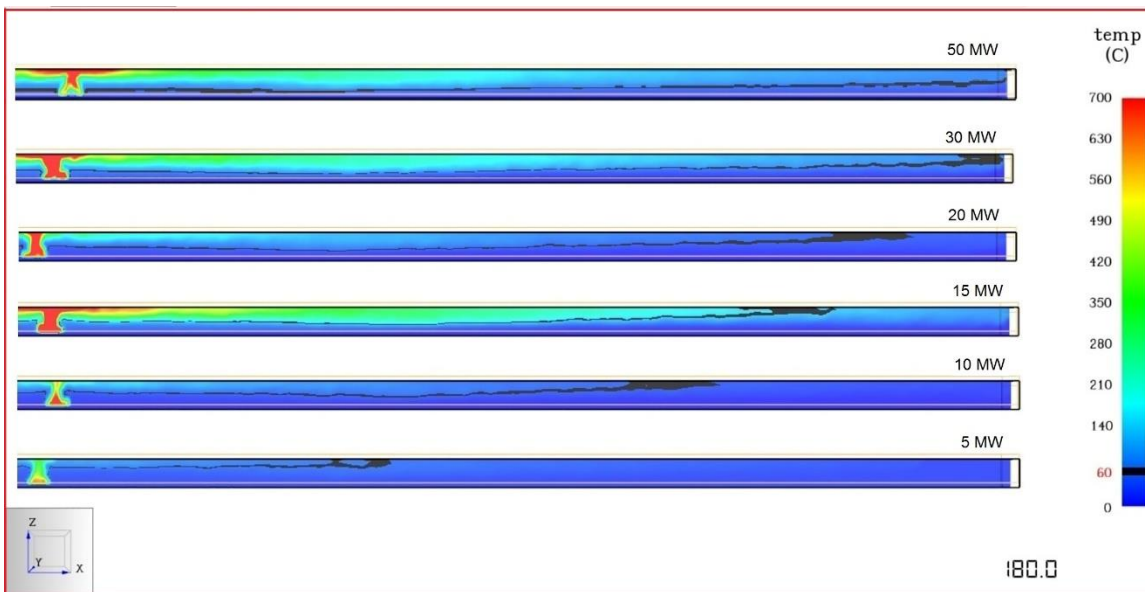
ამგვარად გრძივი ვენტილაციის პირობებში, დადებითი სავენტილაციო ნაკადებისათვის, გარკვეული დროის ინტერვალის გასვლისა და სავენტილაციო ნაკადის გადაყირავების შემდეგ, ხანძრის კერის ორივე მხარეზე გვირახში იქნება ადამიანის სიცოცხლესთან შეუთავსებელი ჰაერის გარემო. შემოთავაზებულ სისტემას გვირახის აეროდინამიკური წინააღმდეგობის გაზრდის შედეგად ამ შემთხვევაში შეუძლია ევაკუაციის პერიოდის გახანგრძლივება, რაც მეტად მნიშვნელოვანია სიცოცხლის გადარჩენისათვის. ახლა განვიხილოთ ჰორიზონტალური გვირახის შემთხვევა, როდესაც არცერთი სავენტილაციო სისტემა არ ფუნქციონირებს.

მოდელირება შესრულებულია FDS პროგრამულ გარემოში სასრულ მოცულობათა მეთოდის გამოყენებით. შედგა რიცხითი მოდელი 400 მ სიგრძის გვირაბში სხვადასხვა სიმძლავრის 5, 10, 15, 20, 30, 50 მგვტ ხანძრებით გამოწვეული ტემპერატურული დამაზიანებელი ფაქტორის გავრცელების დინამიკის შესასწავლად. გვირაბის განივი კვეთის ფართობი შეადგენს 42 მ², მოდელირებული პროცესის დრო შეადგენს 180 წმ. სასრული მოცულობის უჯრედის მინიმალური ზომა არის 0.25 x 0.25 x 0.25 მ, ხოლო მაქსიმალური - 0.5 x 0.5 x 0.5 მ. ცეცხლის კერა განთავსებულია გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში. ხანძრის მოდელირებისათვის წვის რეაგენტად აღებულია პოლიუორეთანი M 27, ხანძრის წვის ზედაპირის ფართობი რიცხვით ექსპერიმენტებში შეადგენდა 5-10 მ². ხანძრის კერა იატაკიდან დაშორებული იყო 0.1 მ მანძილით.

რიცხვითი მოდელირება შესრულდა ორი სცენარისათვის:

1. გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში გვაქვს სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრები. მოქნილი დამყოფი ტრანსფორმირებადი სისტემა ამოქმედებული არ არის;
2. გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში გვაქვს სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრები. მოქნილი დამყოფი ტრანსფორმირებადი სისტემის ამოქმედება ხდება ხანძრის კერიდან 50 მ მანძილზე ისე, რომ ზღუდარების მიერ გადაკეტილია გვირაბის განივი კვეთის 50 %.

ფიგ. 11-ზე და ცხრილში 3 წარმოდგენილია ტემპერატურული დამაზიანებელი ფაქტორის გავრცელების დინამიკა 60 °C კრიტიკული იზოთერმის დინამიკური ცვლილების სახით სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის, როდესაც დამყოფი ტრანსფორმირებადი ზღუდარი არ მოქმედებს.



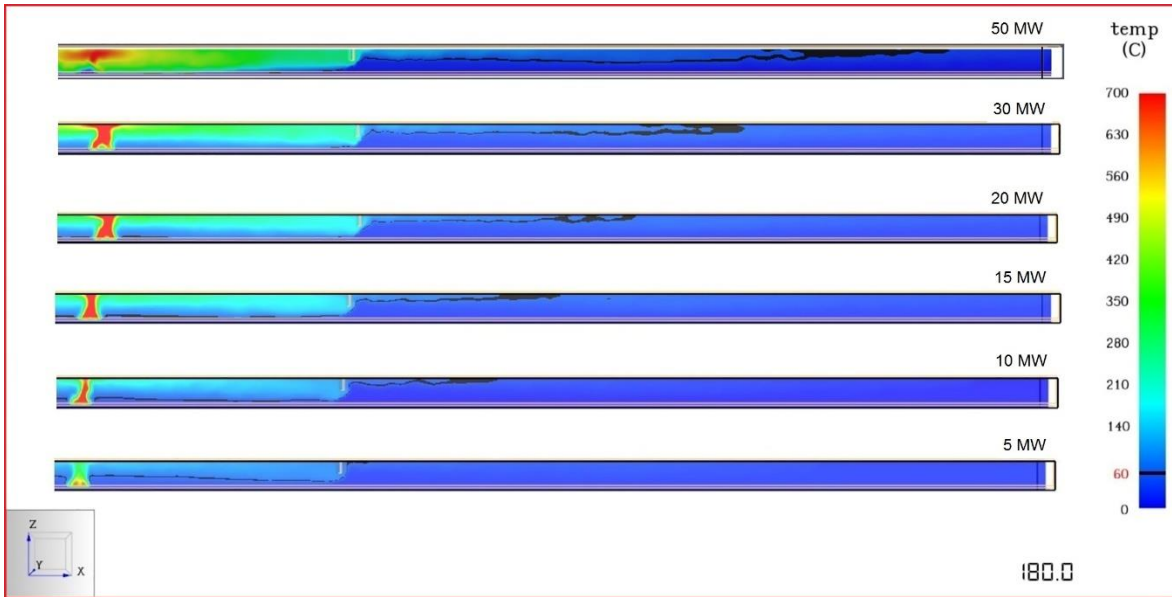
ფიგ. 11. ტემპერატურული დამაზიანებელი ფაქტორის გავრცელების დინამიკა 60° C კრიტიკული იზოთერმის დინამიკური ცვლილების მაგალითზე 5-50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისთვის

ცხრილი 3. 60 °C იზოთერმის გავრცელება ხანძრის შემთხვევაში ბუნებრივ პირობებში (დამყოფი ტრანსფორმირებადი ზღუდარი არის ლოდინის რეჟიმში)

60 °C იზოთერმის გავრცელება გვირაბის სიგრძის მიხედვით მაშინ, როცა არ არის ამოქმედებული დამყოფი ზღუდარი		
ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ	დაშორება ხანძრის კერიდან l_{min} , მ	დაშორება გვირაბის იატაკიდან h_{min} , მ
5	20	4.00
10	75	2.00
15	75	1.50
20	75	1.25
30	75	1.00
50	75	0.50

ცხრილის შედგენისას ორიენტირად აღებულია 60 °C -იანი იზოთერმის გავრცელება. მოცემულია ხანძრის კერიდან დაშორება გვირაბის სიგრძის მიხედვით, როდესაც 60 °C-იანი იზოთერმა ჰიფსომეტრულად მინიმალურ სიმაღლეზეა განლაგებული, რომელიც შესაძარია ადამიანის საშუალო სიმაღლესთან.

ფიგ. 12-ზე წარმოდგენილია ტემპერატურული დამაზიანებელი ფაქტორის გავრცელების დინამიკა 60 °C კრიტიკული იზოთერმის დინამიკური ცვლილების სახით სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის, როდესაც ტრანსფორმირებადი ზღუდარი მოდელირებული გვირაბის განივკვეთს კეტავს 50 %-ით. მოდელირების შედეგების მიხედვით, ცხრილი 3-ის ანალოგიით, შედგენილია ცხრილი 4. აღნიშნულ ცხრილში მოცემულია ხანძრის კერიდან დაშორება გვირაბის სიგრძის მიხედვით ტრანსფორმირებადი ზღუდარების გარეთ, 60 °C-იანი იზოთერმის ჰიფსომეტრულად მინიმალურ სიმაღლეზე განლაგების პირობებში.



ფიგ. 12. ტემპერატურული დამაზიანებელი ფაქტორის გავრცელების დინამიკა 60 °C კრიტიკული იზოთერმის დინამიკური ცვლილების მაგალითზე 5-50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისთვის, როდესაც ზღუდარები ამოქმედებულია ხანძრის ორივე მხარეზე და განლაგებულია ხანძრის კერიდან 50 მ მანძილზე

ცხრილი 4. 60 °C იზოთერმის გავრცელება ხანძრის შემთხვევაში ამოქმედებული დამყოფი ტრანსფორმირებადი ზღუდარის პირობებში

60 °C იზოთერმის გავრცელება გვირაბის სიგრძის მიხედვით ზღუდარის გარეთ, როცა გვირაბის კვეთი გადაკეტილია 50 %-ით		
ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ	დაშორება ხანძრის კერიდან l_{min} , მ	დაშორება გვირაბის იატაკიდან h_{min} , მ
5	55	5.0
10	60	4.0
15	65	3.5
20	75	4.5
30	75	3.5
50	75	2.5

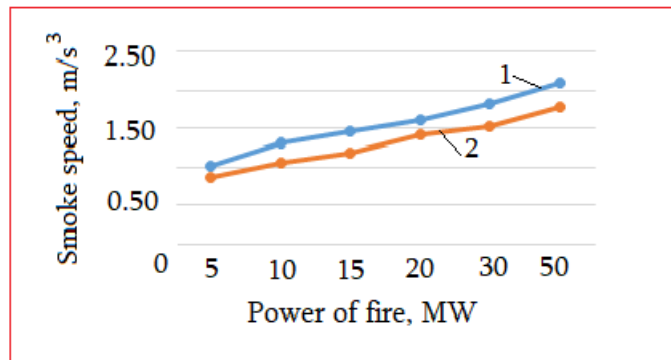
რიცხვითი ექსპერიმენტის წარმოდგენილი შედეგები აჩვენებენ ზღუდარების გამოყენების უპირატესობას. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული უპირატესობა მით უფრო გამოიკვეთილია, რაც უფრო დიდია მოდელირებული ხანძრის სიმძლავრე. მე-3 და მე-4 ცხრილების შედარებიდან

მკაფიოდ ჩანს ზღუდარების გამოყენების ეფექტი იმით, რომ 60 °C იზოთერმის გავრცელების მინიმალური ჰიფსომეტრიული სიმაღლე მკვეთრად იზრდება ზღუდარების გამოყენების დროს, რაც მნიშვნელოვან საევაკუაციო დროით რესურსს ქმნის ზღუდარს გარეთ მყოფი ადამიანებისათვის.

ფიგ. 12-ზე წარმოდგენილი მასალიდან აგრეთვე ჩანს, რომ ზღუდარებით შემოფარგლული ხანძრის კერის სიახლოვეს ადგილი ექნება ტემპერატურის მკვეთრმა ტემბას. აღნიშნული გარემოების საილუსტრაციოდ გვირავის დამყოფ ზღუდართან, გვირავის იატაკიდან 2 მ სიმაღლეზე, სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის დაფიქსირდა ტემპერატურა, რომელიც მოცემულია ცხრილში 5.

ცხრილი 5. ტემპერატურის ცვალებადობა გვირავის იატაკიდან 2 მ სიმაღლეზე ტრანსფორმირებად ზღუდართან (იზოლირებული ხანძრის კერის პირობებში)

<i>ხანძრის სიმძლავრე, მგვტ</i>	<i>ტემპერატურა ხანძრის კერიდან 50 მ მანძილზე (ზღუდართან), h = 2 მ სიმაღლეზე, °C</i>
<i>5</i>	<i>73</i>
<i>10</i>	<i>100</i>
<i>15</i>	<i>105</i>
<i>20</i>	<i>158</i>
<i>30</i>	<i>180</i>
<i>50</i>	<i>204</i>



ფიგ. 13. კვამლის ფრონტის გავრცელების სიჩქარე ჰორიზონტალურ გვირავში იმ შემთხვევაში, როცა არ მოქმედებს სავენტილაციო სისტემა:

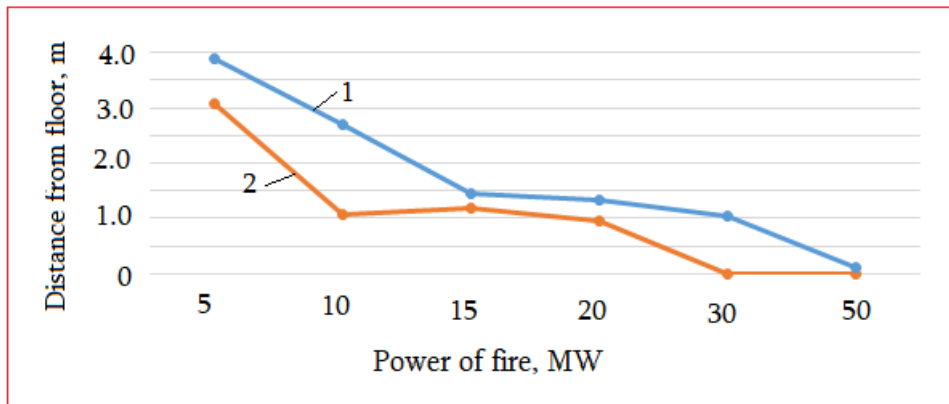
1 - მოქნილი ტიხრის გარეშე; 2 - გვირავის განივი კვეთის მოქნილი ტიხრის საშუალებით 50 %-ით გადაფარვის შემთხვევაში

რიცხვითი მოდელირების შედეგების მიხედვით კვამლისა და ნახშირბადის მონოოქსიდის გავრცელების კანონზომიერებებიც ანალოგიურია იმავე პირობებში. კერძოდ, განხილული და ერთმანეთთან შედარებული გვაქვს რიცხვითი მოდელირების ორი ტიპის ამოცანა სხვადასხვა

სიმძლავრის ხანძრებისთვის: 1) როცა გვირაბში არ გამოიყენება მოქნილი მოწყობილობები; 2) მოქნილი ელემენტების დახმარებით გადაფარულია გვირაბის განივი კვეთის 50 %. შედეგები წარმოდგენილია ფიგურებზე 13 და 14. ფიგ. 14-ის წარმოდგენამდე შევნიშნოთ, რომ სამუშაო ზონაში (იატაკიდან 2 მ სიმაღლემდე), ადამიანების ყოფნის ხანგრძლივობის მიხედვით, დასაშვები კონცენტრაცია ნახშირბადის მონოოქსიდისათვის შემდეგია:

- 8 სთ-იანი სამუშაო დღე - 20.0 მგ/მ³;
- 60 წთ განმავლობაში - 50.0 მგ/მ³;
- 30 წთ განმავლობაში - 100 მგ/მ³;
- 15 წთ განმავლობაში - 200 მგ/მ³.

ასეთი მიდგომა საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ მაქსიმალური საფრთხის შემცველი აგენტების გავრცელების სიჩქარე და შევაფასოთ შემოთავაზებული ტექნოლოგიის ეფექტურობა ადამიანების თვითევაკუაციისათვის საჭირო დროის მიხედვით.



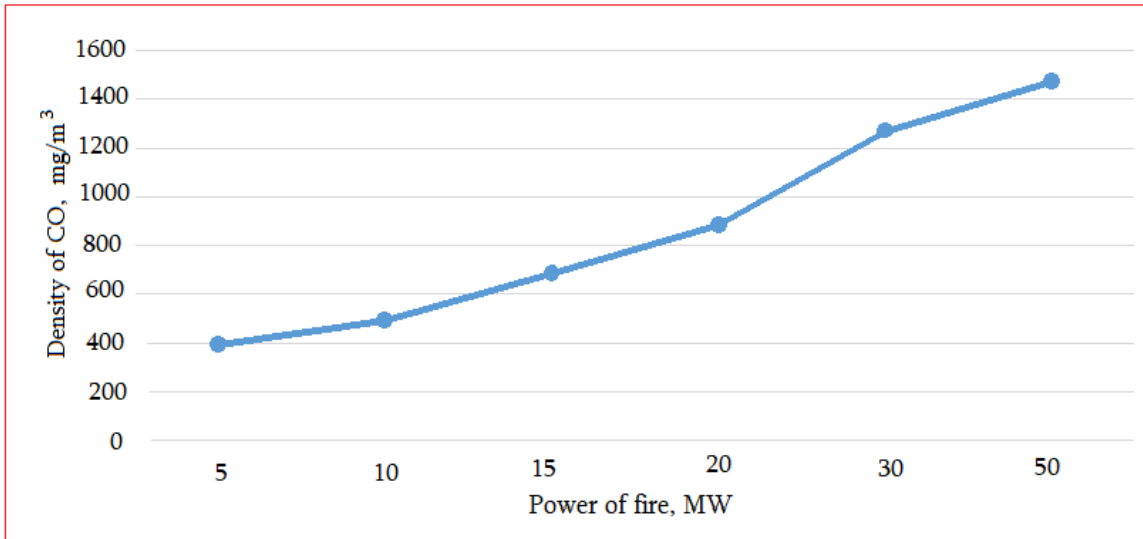
ფიგ. 14. ნახშირბადის მონოოქსიდის 200 მგ/მ³ მოცულობითი კონცენტრაციის იზოხაზის იატაკიდან დაშორების მანძილის ცვალებადობა ჰორიზონტალურ გვირაბში იმ შემთხვევაში, როცა არ მოქმედებს სავენტილაციო სისტემა:

- 1 - მოქნილი ტიხრის გარეშე; 2 - გვირაბის განივი კვეთის მოქნილი ტიხრის საშუალებით 50 %-ით გადაფარვის შემთხვევაში

როგორც წარმოდგენილი მასალიდან (ფიგ. 13-დან) ჩანს, კვამლის ფრონტის გავრცელების სიჩქარე საშუალოდ მცირდება 16-20 %-ით მოქნილი ტრანსფორმირებადი ელემენტების გამოყენების შედეგად. ფიგ. 14-დან კი ჩანს, რომ შემოთავაზებული მოწყობილობის გამოყენების გარეშე 20 მგ/მ³ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევაშიც ნახშირბადის მონოოქსიდის ზღვრული რიცხვითი მნიშვნელობა (200 მგ/მ³) ჩამოდის ადამიანის სამუშაო ზონაში - გვირაბის იატაკიდან 2 მ-მდე სიმაღლეზე. ნახშირბადის მონოოქსიდის 200 მგ/მ³ მოცულობითი კონცენტრაციის

იზოხაზის იატაკიდან დაშორების მანძილი, როგორც ნახაზიდან ჩანს მცირდება 20-25 %, რაც აუმჯობესებს ადამიანების ევაკუაციის პირობებს.

ტემპერატურის ანალოგიურად, მოქნილი ტრანსფორმირებადი ელემენტებით შემოფარგლულ გვირაბის ნაწილში, ხანძრის კერის უშუალო სიახლოვეში, კვამლისა და ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაცია მკვეთრად მატულობს. იმის გამო, რომ ნახშირბადის მონოოქსიდი ფეთქებადობით ხასიათდება დიაპაზონში 12.5 – 75 % (1.45, 10⁵–8.71, 10⁵, მგ/მ³), მოგვაქვს გრაფიკი მხოლოდ ნახშირბადის მონოოქსიდის ცვალებადობის შესახებ მითითებულ დახურულ სივრცეში, რაც წარმოდგენილია ფიგ. 15-ზე.



ფიგ. 15. ნახშირბადის მონოოქსიდის სიმკვრივის ცვალებადობა ტრანსფორმირებადი ელემენტებით შემოფარგლულ სივრცეში ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით

ფიგ. 15-დან ჩანს, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი ელემენტებით შემოფარ-გლულ გვირაბის სივრცეში ადგილი აქვს ნახშირბადის მონოოქსიდის სიმკვრივის სწრაფ ზრდას ისე, რომ მოდელირების დროის 180 წამის გასვლის შემდეგ, აღნიშნული სიდიდე ადამიანისათვის დასაშვებ ზღვარს რამდენჯერმე აღემატება, მაგრამ გაცილებით ნაკლებია ფეთქებადსაშიშ კონცენტრაციასთან შედარებით. აღნიშნულით დასტურდება, რომ მოქნილი ტრანსფორმირებადი ელემენტების გამოყენებით, გვირაბის განივი კვეთის ნაწილობრივი გადაფარვის შემთხვევაში, შემოფარგლული სივრცის მიღმა, ევაკუაციის თვალსაზრისით, მიიღება პოზიტიური შედეგი. იმავე ღონისძიებით შემოფარგლულ სივრცეში არ შეიქმნება ნახშირბადის ფეთქებადსაშიშ კონცენტრაცია, რაც მეტად მნიშვნელოვანია უსაფრთხოების თვალსაზრისით.

წარმოდგენილი კვლევების შედეგები აჩვენებენ, რომ მოქნილი ტრანსფორმირ-ებადი ბარიერებით ხანძრის კერის ლოკალიზაციის შემთხვევაში ჰაერის ტემპერატურა, დაკვამლიანება და წვის სხვა ტოქსიკური პროდუქტების კონცენტრაცია ხანძრის კერის ახლომახლო

შემოფარგლულ სივრცეში მკვეთრად მატულობს. ამით იქმნება ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის არახელსაყრელი გარემო ლოკალიზაციის უბანზე. აქედან გამომდინარე, ტრანსფორმირებადი ელემენტების ამოქმედება უნდა მოხდეს ხანძრის კერაზე ვიდეო, თბური და ტოქსიკურ რეჟიმებზე სრულყოფილი დაკვირვებების კონტექსტში. აღნიშნული საკითხი რთული თანამედროვე საინჟინრო პრობლემაა და საჭიროებს შემდგომ შესწავლას. მეორე მხრივ, წარმოდგენილი კვლევები საკმარისად აჩვენებენ მოქნილი ტრანსფორმირება-დი სისტემის ეფექტურობას ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის სახიფათო ფაქტორების შემცირებაში ხანძრის კერის ლოკალიზაციის გარეთ, ადამიანების თვითევაკუაციის გზაზე.

ამ ნაშრომში შემოთავაზებული მოქნილი სისტემა ჩვენს მიერ არ განიხილება როგორც ხანძრის ლიკვიდაციის მიზნებისათვის ხელშესაწყობი საშუალება. თუმცა იმის აღნიშვნა აუცილებლად საჭიროა, რომ მიწისქვეშა სივრცეში უფრო გაუმჯობესებული ვითარება მეხანძრეებს შესაძლებლობას მისცემს იმოქმედონ უფრო ნაკლები კლასისა და ფასის აღჭურვილობით, ან ერთი და იმავე კლასის აღჭურვილობის შემთხვევაში - გაიზარდოს მათი გამოყენების ხანგრძლივობა ხანძრის ჩაქრობის მიზნებისათვის.

4. დასკვნები

თეორიულად და რიცხვითი ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ძლიერ ხანძარს გვირაბებში შეუძლია აღძრას საგვირაბე ვენტილატორების სტატიკურ წნევაზე უფრო დიდი დინამიკური წნევა, რომელსაც შეუძლია სავენტილაციო ნაკადების მოძრაობის მიმართულების შეცვლა („ნაკადების გადაყირავება“) 3% და უფრო მეტი დახრილობის გვირაბებში მაშინ, როცა ხანძრის კერა, ჰაერმიმწოდებელ პორტალთან შედარებით, განლაგებულია ჰიფსომეტრიულად დაბლა, რაც მკვეთრად აუარესებს უბედურების ზონაში მოხვედრილი ადამიანების თვითევაკუაციის შესაძლებლობებს.

აღნიშნული პრობლემის დასაძლევად შემოთავაზებულია ტრანსფორმირებადი მოქნილი სისტემა, რომელიც გვირაბების აეროდინამიკური წინაღობის ხელოვნურად გაზრდის შედეგად შეაფერხებს წვის მავნე პროდუქტების გავრცელებას ადამიანების ევაკუაციის გზაზე. ჰორიზონტალურ და დახრილ გვირაბებში ხანძრის განვითარების სცენარების გათვალისწინებით, შეფასებულია ხანძრის დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების დინამიკა მაშინ, როცა აღარ მოქმედებს ვენტილაცია და გამოიყენება მოქნილი სისტემა.

რიცხვითი მოდელირების შედეგები ცხადყოფენ, რომ მოქნილი სისტემის მეშვეობით გვირაბის განივი კვეთის 50 %-ით გადაფარვის შემთხვევაში შესაძლებელია მნიშვნელოვანი დადებითი შედეგების მიღება წვის პროდუქტების გავრცელების შეზღუდვისა და სიცოცხლის

გადარჩენის საქმეში. კერძოდ, 50 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის შემთხვევაში 60 °C იზოთერმა, ხანძრის განვითარებიდან 3 წთ-ის შემდეგ, ხანძრის კერიდან 75 მ მანძილზე ვრცელდება გვირაბის იატაკიდან 0.5 მ სიმაღლეზე, რაც სახიფათოა ადამიანების გადაადგილებისათვის. ტრანსფორმირებადი სისტემის გამოყენების შემთხვევაში კი იგივე იზოთერმა, იმავე პირობებში, იატაკიდან განლაგებულია ადამიანის საშუალო სიმაღლეზე გაცილებით მაღლა - 2.5 მ-ზე, რაც ქმნის ადამიანების ევაკუაციისათვის საკმარის პირობას.

ანალოგიურად, შემოთავაზებული სისტემის გამოყენება ამცირებს ხანძრის სხვა დამაზიანებელი ფაქტორების გავრცელების ინტენსიურობას. კერძოდ, კვამლის გავრცელების საშუალო სიჩქარე მიწისქვეშა სივრცეში მცირდება 16-20 %-ით, ხოლო ნახშირბადის მონოოქსიდის გავრცელების საშუალო სიჩქარე - 20-25 %-ით.

შესრულებული ანალიზი მკაფიოდ უჩვენებს, რომ მომხდარი ხანძრების შესწავლა და განზოგადება გამოდგება მათი მავნე გავლენის შესამცირებელი ღონისძიებების ადეკვატური დაგეგმვისა და განხორციელებისათვის. აღნიშნული დღის წესრიგში აყენებს არა მხოლოდ ხანძრის შემთხვევათა გულმოდგინე დაწვრილებით აღწერასა და ანალიზს, არამედ კონკრეტული გვირაბის გეომეტრიის, ადგილმდებარეობის, ბუნებრივი პირობების, სავენტილაციო სისტემების და ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით მოქმედების ცხადი ალგორითმის დამუშავების საჭიროობას და მიღებული შედეგების გავრცელებას მაშველებზე, გვირაბის მომსახურე პერსონალსა და მთელ საზოგადოებაზე.

ნაშრომი შესრულებულია შოთა რუსთაველის სახელობის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით. გრანტის ნომერი AR-19-1936, პროექტის დასახელება „ტრანსფორმირებადი სისტემების დამუშავება და გამოცდა საავტომობილო გვირაბში სიცოცხლის გადასარჩენად ხანძრის პირობებში“

გამოყენებული ლიტერატურა

Amelchukov S.P., Korotkov I.A., (2007), *Fire curtain*. Russian Patent, No. 2351378 C1, (Russian).

Atkinson G.T., Wu Y., (1996), *Smoke control in sloping tunnels*, *Fire Safety Journal*, **27**, 335–341.

Bettelini M., Rigert S., Seifert N., (2012), *Flexible devices for smoke control in road tunnels*, 6th International Conference “Tunnel Safety and Ventilation”, Graz, 265-272.

Beard A.N., Carvel R.O., (2005), *The Handbook of Tunnel Fire Safety*, Thomas Telford Publishing, London, 2005.

- Chow W.K. et al., (2015), *Smoke movement in tilted tunnel fires with longitudinal ventilation*, Fire Safety Journal, **75**, 14–22.
- Commission Directive 2004/102/EC, (2004), *On minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network*, THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, On line at: http://www.ocean-commerce.co.jp/ISPM_Report/pdf_countries/EUDirective2004102EC.pdf
- Deberteix P., Gabay D., Blay D., (2001), *Experimental study of fire-induced smoke propagation in a tunnel in the presence of longitudinal ventilation*, in Proceedings of the International Conference on Tunnel Fires and Escape from Tunnels, Washington.
- Fermi E. (1937) Thermodynamics, New York, Prentice-Hall Inc: 140.
- Ilias N., Lanchava O., Nozadze G., (2017), *Numerical modelling of fires in road tunnels with longitudinal ventilation system*, Supplement of Quality-Access to Success, Bucharest, **18**, 85-88.
- Ingason H., Li Y.Z., (2010), Model scale tunnel fire tests with longitudinal ventilation, *Fire Safety Journal*, **45**, 371–384.
- Ingason H., Li Y.Z., (2011), Model scale tunnel fire tests with point extraction ventilation, *Journal of Fire Protection Engineering*, **21**(1), 5-36.
- Lanchava O.A., (1982), [Heat and mass exchange in permanent mine workings](#), Soviet Mining **18** (6), 529-532.
- Lanchava O.A., (1986), [Heat and mass exchange in newly driven mine workings](#), Sov. Min. Sci. (Engl. Transl.); (United States) **21** (5).
- Lanchava O.A., Lebanidze Z.B., (1982), *Po povodu kollapsa sistemj ventilatsii tonnelia v sil'nom pojhare*, Transport, **3-4 (31-32)**, 29-31 (Russian).
- Lanchava O., Nozadze G., Bochorishvili N., Lebanidze Z., Arudashvili N., Jangidze M., Tsikarishvili K., (2014), *Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels*, “Transport Bridge Europe-Asia”, Materials of International Conference, 29-34, Tbilisi.
- Lanchava O., Abashidze G., Tsverava D., (2017), [Securing fire safety for underground structures](#), Supplement of Quality-Access to Success, Bucharest, **18**, 45-50.
- Lanchava O., Ilias N., (2017), [Some issues of thermal calculation of ventilation air for the metro](#), Journal of Engineering Sciences and Innovation, Bucharest, **2** (2), 92-105.

- Lanchava O., Ilias N., (2018), [Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway](#), Journal of Engineering Sciences and Innovation, Bucharest, **3** (1), 69-84.
- Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., (2019, A), *Heat and hygroscopic mass exchange modelling for safety management in tunnels of metro*, **Supplement of Quality-Access to Success, Bucharest, 20**, 27-33.
- Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N., (2019, B), *FDS modeling of the piston effect in subway tunnels*, Environmental Engineering and Management Journal, Vol. **18**, No. **4**, 317-325.
- Lanchava O., (2019), *Analysis of critical air velocity for tunnel fires controlled by ventilation*, Mining Journal, **1(42)**, 126-132, Tbilisi (Georgian).
- Lanchava O., Ilias N., (2020), [Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire](#), MATEC Web of Conferences 305, 00023. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500023>
- Lanchava O., Nozadze G., Jangidze M., (2021), *A system of transformable barriers to localize fires and minimize life-threatening outcomes in road tunnels*. Patent of Georgia, *15411*. International index A 62 C 2/06.
- Lanchava O., Ilias N., Radu S.M., Jangidze M., Khokerashvili Z., (2021), *Fire development study on physical models of transport tunnels*, MATEC Web of Conferences 342, 03020 (2021). <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134203020>
- Lanchava O., Javakhishvili G., (2021), *Impact of strong fires on a road tunnel ventilation system*, BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, **15** (4), 38-45.
- Lia J., Li Y.F., Cheng C.H., Chow W.K., (2019), *A study on the effects of the slope on the critical velocity for longitudinal ventilation in tilted tunnels*, Tunneling and Underground Space Technology, **89**, 262-265.
- Lei P., Chen Ch., Zhang Y., Xu T., H. Sun H., (2021), *Experimental study on temperature profile in a branched tunnel fire under natural ventilation considering different fire locations*, International Journal of Thermal Sciences, **159**, 106631.
- Li Y.Z., Lei B., Ingason H., (2010), *Study of critical velocity and backlayering length in longitudinally ventilated tunnel fires*, Fire Safety Journal, **45**, 361-370.

- Li Y.Z., Ingason H., (2017), *Effect of cross section on critical velocity in longitudinally ventilated tunnel fires*, Fire Safety Journal, **91**, 303–311.
- Li Y. Z., Ingason H., Jiang L., (2018), *Influence of tunnel slope on smoke control*, RISE Research Institutes of Sweden, 22.
- Li Y.Z., Ingason H., (2018), *Overview of research on fire safety in underground road and railway tunnels*, Tunneling and Underground Space Technology, **81**, 568–589.
- Seitlinger G., (2002), *Safety device in case of tunnel fires*, German Patent, No. 10127091 A1, (German).
- Tang F., Cao Z.L., Palacios A., Wang Q., (2018), *A study on the maximum temperature of ceiling jet induced by rectangular-source fires in a tunnel using ceiling smoke extraction*, International Journal of Thermal Sciences, **127**, 329–334.
- TRANS/AC 7/9, (2001), *RECOMMENDATIONS OF THE GROUP OF EXPERTS ON SAFETY IN ROAD TUNNELS*, Economic and Social Council, Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, On line at: <https://unece.org/DAM/trans/doc/2002/ac7/TRANS-AC7-09e.pdf>
- TRANS/AC 7/11, (2002), *REPORT OF THE AD HOC MULTIDISCIPLINARY GROUP OF EXPERTS ON SAFETY IN TUNNELS ON ITS FIFTH SESSION*, Economic and Social Council, Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, On line at: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2002/ac7/TRANS-AC7-11e.pdf>
- Vantelon J.P. et al., (1991), *Investigation of Fire-Induced Smoke Movement in Tunnels and Stations: An Application to the Paris Metro*. In IAFSS Fire Safety Science-Proceedings of the third international symposium. Edinburg.
- Vaitkevicius A., Carvel R., (2016), *Investigating the Throttling Effect in Tunnel Fires*, Fire Technology, **52**, 1619–1628.
- Vauquelin O., (2005), *Parametrical study of the backflow occurrence in case of a buoyant release*, Experimental Thermal and Fluid Science, **29**, 725-731.
- Vauquelin O., Telle D., (2005), *Definition and experimental evaluation of the smoke "confinement velocity" in tunnel fires*, Fire Safety Journal, **40**, 320-330.
- Wagner E.W., (2003), *Method and device for extinguishing fires in tunnels*, European Patent Office, No. EP 1312392 A1, (German).
- Wan H., Gao Z., Han J., Ji J., Ye M., Zhang Y., (2019), *A numerical study on smoke back-layering length*

and inlet air velocity of fires in an inclined tunnel under natural ventilation with a vertical shaft, International Journal of Thermal Sciences, **138**, 293–303.

Weng M.C. et al., (2016), *Study on the critical velocity in a sloping tunnel fire under longitudinal ventilation*, Applied Thermal Engineering, **94**, 422–434.

Yi L. et al., (2014), *An experimental study on critical velocity in sloping tunnel with longitudinal ventilation under fire*, Tunnelling and Underground Space Technology, **43**, 198-203.

Saving lives in a road tunnel using transformable elements restricting the propagation of fire products

Omar Lanchava¹, Leon Makharadze², Giorgi Nozadze², Marad Jangidze², Giorgi Javakhishvili², Teimuraz Kunchulia ¹, Zaza Khokerashvili ¹, Nino Arudashvili ¹, Davit Tsanava ¹, Samson Sebiskveradze ³

¹ Georgian Technical University

² G. Tsulukidze Mining Institute

³ LTD Lojini

Abstract

The paper considers various scenarios of fire development in road tunnels. The dynamics of combustion products propagation is studied by taking into account the fire strength, tunnel geometry and layout, and aerodynamics of the ventilation flow. The impact of strong fires on the sustainability and proper operation of ventilation systems is demonstrated, and different types of numerical models are considered with the FDS software environment. Theoretical and numerical experiments have demonstrated that strong fires in tunnels can induce dynamic pressures greater than the static pressures of the tunnel fans. The latter can change the direction of movement of ventilation flows in the tunnels with an inclination of 3% or more when the seat of fire is at a hypsometrical height lower than the air supply portal, thus drastically impairing the self-evacuation capability of people in the disaster zone. It was demonstrated that one of the most reliable ways to save lives in case of fire is to limit the spread of flue gases to prolong the time for evacuation. The paper proposes a transformable flexible system to save lives, which artificially increases the aerodynamic resistance of tunnels to prevent the propagation of harmful combustion products on the people's evacuation route. By considering the fire development scenarios in horizontal and inclined tunnels, the dynamics of the spread of the fire damaging factors when ventilation system is no longer operable and the only solution is the use of the flexible system is examined. The results of modeling evidence that by closing 50% of the tunnel cross-section with a flexible system it is possible to obtain important positive results in reducing the spread of combustion products and saving lives. The use of the

proposed system reduces the intensity of the spread of fire hazards and will definitely help the people in the disaster zone. The analysis carried out clearly shows its necessity and that the comprehensive study of fires and generalization of study results will be useful in adequate planning and implementing future measures to prevent and reduce their harmful effects. Following the above-mentioned, a detailed description, analysis and development of a clear algorithm of action of fire cases, and communicating the results to rescuers, tunnel service personnel and the general public are needed.

Key words: *Aerodynamic resistance, evacuation, flexible element, saving life, fire development under the ground*



ხანძრის ფიზიკური მოდელირების შედეგები საავტომობილო გვირაბებისათვის

ზაზა ხოკერაშვილი, დავით ცანავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, კოსტავას 77

აბსტრაქტი

ნაშრომში წარმოდგენილია 1:60 მასშტაბის საავტომობილო ტრანსპორტისათვის განკუთვნილი დახრილი გვირაბების ფიზიკურ მოდელზე ხანძრის განვითარების კვლევის შედეგები. გვირაბის დახრილობა იცვლებოდა 0-10% ფარგლებში 2%-იანი ბიჯით, ნატურ გვირაბში ინიცირებული და განვითარებული ხანძრის სიმძლავრე იცვლებოდა 5-15 მგვტ-ის ფარგლებში 5 მგვტ ბიჯით, ამასთან ნატური გვირაბის სიგრძე იყო 360 მ, სიგანე - 8 მ, სიმაღლე - 6 მ, განივი კვეთის ფართობი - 48 მ², ხოლო გვირაბის სიგანისა და სიმაღლის თანაფარდობა - 1,33. მოცემული გეომეტრიის ნატური გვირაბის მოდელი შესაბამისი მასშტაბით დამზადებული იყო 2 მმ სისქის უჟანგავი ფოლადის ფურცლისაგან. გვირაბის მოდელის ზომები არის: სიგრძე 6 მ, სიგანე 0,16 მ, სიმაღლე 0,12 მ, განივი კვეთის ფართობი 0,0192 მ². აღნიშნულ მოდელზე ექსპერიმენტების გზით შევისწავლეთ ხანძრის ინიცირებისა და განვითარების შემთხვევაში გამოყოფილი აირების (კვამლის) გავრცელების ხასიათი, განვსაზღვრეთ გრადიენტ ფაქტორის გავლენა კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების მანძილის ცვალებადობის ტემპზე. აღნიშნული მახასიათებლების შესწავლა განხორციელდა გვირაბის მოდელში არსებული ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის მიხედვით. ჰაერის ტემპერატურის გაზომვა ხდებოდა ღია და დახურული ტიპის აღმქმელებით აღჭურვილი K ტიპის თერმოწყვილებით. გაზომვის მაქსიმალური ტემპერატურა 800 °C. თერმოწყვილები დამონტაჟდა გვირაბის მოდელის ჭერში მთელ სიგრძეზე 5 და 10 სმ ბიჯით. ხანძარი დამოდელდა ბუნებრივი აირით. მოდელის ერთი პორტალიდან ღერძული ვენტილატორით ხდებოდა სავენტილაციო ჰაერის მიწოდება მოდელის შიგა

სივრცეში. სავენტილაციო ჰაერის სიჩქარე იზომებოდა ანემომეტრით, ხოლო ჰაერის ხარჯის გაანგარიშება ხდებოდა ყოველ ცალკეულ მომენტში სიჩქარის მიხედვით. დამოუკიდებელი ხანძრის საჭირო სიმძლავრის უზრუნველყოფა ხდებოდა ბუნებრივი აირით, ხოლო გაზომვა - მოცულობითი და მასური რეგულატორ-აღმრიცხველის საშუალებით. მოდელზე დამონტაჟებული K ტიპის თერმოწყვილებიდან, ანემომეტრიდან და ბუნებრივი აირის ხარჯსაზომიდან მონაცემების ერთდროული აღება, დამუშავება, ანალიზი და ციფრულ ფორმატში მათი გადმოცემა ხდებოდა მონაცემების შეგროვების DT-85 ტიპის „დატათეიქერის“ საშუალებით. მიღებული შედეგების გამოყენება შესაძლებელია საავტომობილო გვირაბების ვენტილაციის პროექტების დასამუშავებლად, რომლებშიდაც გათვალისწინებული იქნება ხანძრის გავლენა ვენტილაციაზე.

საკვანძო სიტყვები: აეროდინამიკური წინაღობა, კრიტიკული სიჩქარე, გრადიენტ ფაქტორი, უკუდინების მანძილი.

1. შესავალი

სახელმწიფოს ეკონომიკური განვითარების სტრატეგიულ გეგმაში, სატრანზიტო პოტენციალის ოპტიმალურად გამოყენება ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად განიხილება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შესაბამისი დონორი ორგანიზაციების დაფინანსებით წარმატებით ხორციელდება სხვადასხვა მნიშვნელოვანი პროექტებს დაგეგმვა და რეალიზება. ერთ-ერთ ასეთ, ქვეყნის განვითარებისათვის კრიტიკულად მნიშვნელოვან პროექტს წარმოადგენს, თანამედროვე სტანდარტების ჩქაროსნული ავტომაგისტრალისა და მისი გამართულად და უსაფრთხოდ ექსპლუატაციისათვის საჭირო დამხმარე ნაგებობების მშენებლობა. აღნიშნული პროექტის ფარგლებში, ჩქაროსნული ავტომაგისტრალის მშენებლობის პარალელურად, დაგეგმილია და უმეტეს შემთხვევაში მიმდინარეობს 50 ზე მეტი მაღალი სტანდარტის შესაბამისი საავტომობილო გვირაბების მშენებლობა.

საავტომობილო გვირაბების შესაბამისი სტანდარტი განიხილავს, მათ საიმედოდ, უსაფრთხოდ და მდგრადად ექსპლუატაციისა და ფუნქციონირების შესაძლებლობას. საავტომობილო გვირაბების უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის ერთ-ერთი აუცილებელი კომპონენტი, როგორცაა „უსაფრთხოების აუცილებელი მინიმალური დონე“ განსაზღვრულია ევროსაბჭოსა და ევროპარლამენტის ერთობლივად შემუშავებულ, მიღებულ და დამტკიცებულ დირექტივაში.

ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარე და სუფთა ჰაერის ჭავლში კვამლის საპირისპირო გავრცელების მანძილი - უკუდინების სიგრძე, საგანგებო სიტუაციების მართვის პროექტებში მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებს წარმოადგენს. თუ u_0 არის გრძივი ვენტილაციის

სიჩქარე, ხოლო u_c გრძივი ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარე. მაშინ შემთხვევა, როცა $u_0 > u_c$ უკუდინების გამოსარიცხი ტექნოლოგიური საშუალებაა. გვირახის დახრილობის მიხედვით ეს მაჩვენებლები ცვალებადობას განიცდიან. ცვალებადობის ტემპის მაჩვენებელი დახრილობის მიხედვით არის უგანზომილებო კოეფიციენტი - გრადიენტ-ფაქტორი k_g . შესაბამისად, გრადიენტ-ფაქტორის გამოყენებით კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების სიგრძის პროგნოზი ხდება უფრო კარგად შესწავლილი ჰორიზონტალურ გვირახებში ხანძრის განვითარების სცენარების მიხედვით.

კრიტიკული სიჩქარე განიმარტება როგორც გრძივი ვენტილაციის მინიმალური სიჩქარე, რომელიც გამორიცხავს კვამლის უკუნაკადის წარმოქმნას. უკუდინების სიგრძე არის ის მანძილი, რომელზედაც დაღმავალ სუფთა ჰაერის ნაკადში ვრცელდება კვამლი და წვის ტოქსიკური პროდუქტები. გრადიენტ-ფაქტორი განიმარტება როგორც გვირახის დახრილობის მიხედვით კრიტიკული სიჩქარისა და უკუდინების სიგრძის ზრდის პროპორციულობის კოეფიციენტი. სავენტილაციო სისტემის კოლაფსი განიმარტება როგორც სავენტილაციო სისტემის მდგომარეობა, როცა გვირახში ჰაერის მოძრაობის მიმართულებას და ინტენსიურობას განაპირობებს ხანძრის მიერ განვითარებული წევა.

კრიტიკული სიჩქარის ცნება შემოღებულია თომასის მიერ ნახევრად ემპირიული ფორმულის სახით, რომელიც იყენებს ფრუდის რიცხვის კრიტიკულ სიდიდეს [1]. აღნიშნული ნაშრომი განივრცო [2-4], აგრეთვე სხვა ნაშრომებში და მიღებულია ემპირიული დამოკიდებულებები ექსპერიმენტული მონაცემების გამოყენებით.

დანზიგერი და კენედი [4] რეინოლდსის რიცხვის ანალოგიურად ელოდნენ რა, რომ ფრუდის რიცხვსაც ექნებოდა კრიტიკული რიცხვითი სიდიდე, მნიშვნელობა 4.5 შემოიტანეს როგორც კრიტიკული. აქ მხოლოდ იმას აღვნიშნავთ, რომ ფრუდის რიცხვის კრიტიკული სიდიდის იდეა საკითხს ამარტივებს, რადგან ამ შემთხვევაში კრიტიკული სიჩქარე და ყველა მითითებული საძიებელი სიდიდე შედარებით მარტივად გამოითვლება. დანზიგერი და კენედის მოდელი ფართოდ გამოიყენება კრიტიკული სიჩქარის საანგარიშოდ. ის რეკომენდებულია ზოგიერთ საპროექტო ცნობარში, როგორებიცაა პიარკის ცნობარი [5] და აშშ-ის სახანძრო დაცვის ასოციაციის ცნობარი [6, 7].

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ფრუდის კრიტიკული რიცხვის გამოყენების შემთხვევაში ხშირად არ მიიღწევა საჭირო სიზუსტე, რაც პირველად აღინიშნა ლიტერატურაში [8, 9]. აღნიშნულის მიხედვად ფრუდის რიცხვი ხშირად გამოიყენება პრაქტიკაში სახანძრო ვენტილაციის პარამეტრების დასადგენად, რომლებიც აუცილებელია სიცოცხლის გადასარჩენად.

გვირახებში ხანძრის პირობებში სიცოცხლის გადარჩენა აღიარებული საერთაშორისო პრობლემაა, რომლის გადაჭრაზე მრავალი მკვლევარი და ინჟინერი მუშაობს მთელ მსოფლიოში. სიცოცხლის გადარჩენაზე აქცენტირება განსაკუთრებით მას შემდეგ გაძლიერდა, რაც მასშტაბურ ხანძრებს მოჰყვა ადამიანთა მსხვერპლი. ასეთი ხანძრების მაგალითებია: ხანძარი მონბლანის საავტომობილო გვირახში, საფრანგეთი/იტალია, რომლის შედეგად 39 ადამიანი დაიღუპა;

ხანძარი ფუნქულორის გვირაბში, ავსტრია, რომლის დროს 155 ადამიანი დაიღუპა; თავდასხმა ცეცხლის გაჩენით მეტროში სადგურზე ჯუნგანგო, სამხრეთ კორეა, 189 დაღუპული; ხანძარი მეტროს გვირაბში, აზერბაიჯანი, 260-ზე მეტი დაღუპული [14]; ხანძარი იანჩჟოუს გვირაბში, ჩინეთი, 40 დაღუპული [32]. სპეციალურ ლიტერატურაში [14] აღწერილია 40-ზე მეტი ხანძარი, რომელსაც მოჰყვა მსხვერპლი. პრობლემის საყოველთაოდ აღიარების დასტურია გაეროს ევროპულ კომისიის მუშაობა ამ მიმართულებით [10-12].

გვირაბის ხანძრების საშიშროება ძირითადად განპირობებულია ცხელი და მომწამვლელი კვამლის გავრცელებით მიწისქვეშა სივრცეში, რომელიც აგრეთვე თითქმის მთლიანად ზღუდავს ხილვადობას [15, 16]. მიწისქვეშ ხანძრის განვითარების თავისებურებები მრავალი ავტორის ყურადღების საგანი გახდა, დაგროვილია საკმარისი გამოცდილება და შესაძლებელია კვალიფიციურად გადაწყდეს ხანძართან დაკავშირებული მეტად მნიშვნელოვანი საკითხები: კვამლის გავრცელება [17-21], ვენტილაციის კრიტიკული სიჩქარე [9, 21-26], სითბოსა და ტენის გაცვლა ახლად გაყვანილ და „ძველ“ გვირაბებში [27-29], კვამლის უკუდინების სიგრძე [30-33], შესაძლებელია შესრულდეს მეტროს გვირაბების თბოფიზიკური გაანგარიშება, განისაზღვროს მატარებლების მოძრაობის დეგუმის ეფექტის გავლენა ვენტილაციაზე და სხვა მომიჯნავე საკითხები [34-40]. სტატისტიკის მიხედვით ცალკეულ გვირაბში სერიოზული ხანძრის მოხდენის შესაძლებლობა ართუ ისე მაღალია, მაგრამ გვირაბების რაოდენობის მატება და მოძრაობის ინტენსიურობის ზრდა იწვევს ხანძრის გაჩენის რისკის მომატებას. ძლიერი ხანძარი კი შეზღუდულ მიწისქვეშა სივრცეში აუცილებლად გამოიწვევს კატასტროფულ შედეგებს. ასეთი მაგალითებია ხანძარი მონბლანის გვირაბში (საფრანგეთი/იტალია) 1999 წლის 24 მარტს, რომელმაც იმსხვერპლა 39 ადამიანი; ხანძარი ავსტრიის გვირაბში ტაუერნი, რომელმაც იმსხვერპლა 12 ადამიანი (8 ავარიით მიღებული ტრავმებით, 4 ტოქსიკური აირებით სუნთქვის შედეგად); ხანძარი ფუნქულორის გვირაბში (ავსტრია) 2000 წლის 11 ნოემბერს, რომლის შედეგად ტოქსიკური აირებით სუნთქვის შედეგად დაიღუპა 155 ადამიანი [14] ხანძარი გოტარდის (Gotthard) გვირაბში (შვეიცარია) 2001 წლის 24 ოქტომბერს, რომლის შედეგად დაიღუპა 11 ადამიანი; ბოროტი განზრახვით გაჩენილი ხანძარი მეტროს სადგურში დაეგუ (Daegu) (სამხრეთ კორეა), რომელმაც იმსხვერპლა 198 ადამიანი, დამატებით 146 ადამიანი მოიწამლა ტოქსიკური აირებით და კვამლით [8]; ხანძარი იანჰოუს გვირაბში (ჩინეთი) 2014 წლის 1 მარტს, რომლის დროსაც დაიღუპა 40 ადამიანი, 12 მოიწამლა, განადგურდა 42 ავტომობილი [31].

2. თეორიული ნაწილი

პრობლემის არსი არის ჰაერის ნაკადების აეროდინამიკის ცვალებადობის კანონზომიერებებისა და ვენტილაციის მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური პარამეტრების დადგენა გვირაბის ხანძრისას როცა ცვალებადია გვირაბის დახრილობა, სითბოს გამოყოფის მაჩვენებელი, გვირაბის განივი

კვეთი, გვირაბის სიგანის ფარდობა სიმაღლესთან, გვირაბის ტრანსპორტით შევსების კოეფიციენტი და რაც მთავარია, ხანძრის კერაზე ცვალებადია სუფთა ჰაერისა და წვის პროდუქტების თანაფარდობა მათი ერთმანეთთან შერევის დროს.

ფრუდის რიცხვის მიხედვით, ნატურ გვირაბში განვითარებული ხანძრის დამოდელების ძირითადი პრინციპი ისაა, რომ გვირაბში ხანძრის განვითარებისას ფორმირებული ტიპტივადობისა და ინერციის ძალები ფრუდის რიცხვის მიხედვით განისაზღვრებიან. ეს უკანასკნელი კი დამოდელების დროს უცვლელად უნდა იყოს შესანჩუნებული. ფრუდის რიცხვის გამოსათვლელი ფორმულა შემდეგნაირად გამოისახება

$$Fr_c = \frac{\Delta p g H}{\rho_0 u_c^2}, \quad (1)$$

სადაც Fr_c არის ფრუდის კრიტიკული რიცხვი; g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ²; H - გვირაბის სიმაღლე, მ; ρ_0 - გარე ჰაერის სიმკვრივე, კგ/მ³; u_c - ჰორიზონტალურ გვირაბებში კრიტიკული სიჩქარე, მ/წმ; Δp - გვირაბის გარეთ არსებული ჰაერის სიმკვრივესა და გვირაბის შიგა სივრცეში არსებული ნამწვი აირების სიმკვრივეს შორის სხვაობა, კგ/მ³.

აღნიშნული მეთოდით ნატურ გვირაბში განვითარებული ხანძრის დამოდელებისას, ტემპერატურათა ველი ნატურ გვირაბში და მოდელებში ერთნაირია და უცვლელად ნარჩუნდება, ხოლო ნატურ გვირაბში და მოდელებში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის მასშტაბი შემდეგი გეომეტრიული მასშტაბით გამოისახება

$$\frac{Q_m}{Q_n} = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{2.5}, \quad (2)$$

სადაც Q_m და Q_n არის მთლიანი სითბოს გამოყოფის მაჩვენებლები მოდელებში და ნატურ გვირაბში შესაბამისად, კვტ; l_m და l_n - გვირაბის სიგრძე მოდელებზე და ნატურაში შესაბამისად, მ.

ამასთან ერთად, ფრუდის რიცხვის მიხედვით ხანძრის დამოდელებისას, ნატურ გვირაბში და მოდელებზე სავენტიაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარის მასშტაბი შემდეგი გეომეტრიული მასშტაბით გამოისახება

$$\frac{u_m}{u_n} = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{0.5}, \quad (3)$$

სადაც u_m და u_n არის ჰაერის ნაკადის სიჩქარე შესაბამისად მოდელებზე და ნატურაში, მ/წმ.

ხანძრის დამოდელების დეზინგერისა და კენედის მეთოდის მიხედვით, ჰორიზონტალურ გვირაბებში სავენტიაციო ნაკადის კრიტიკული სიჩქარე გამოითვლება

$$u_c = k \left(\frac{g Q_c H}{\rho_0 c_p T A}\right)^{1/3}, \quad (4)$$

სადაც Q_c არის კონვექციური სითბო, კვტ; c_p - ჰაერის კუთრი თბოტევადობა, კჯ/(კგ·K); T - გვირაბში ნამწვი აირების საშუალო ტემპერატურა, K; A - გვირაბის განივი კვეთის ფართობი, მ².

k არის პროპორციულობის მუდმივა და გამოითვლება ფრუდის რიცხვის მიხედვით

$$k = Fr_c^{-1/3}. \quad (5)$$

ჰორიზონტალური გვირაბებისათვის, ფრუდის კრიტიკული რიცხვით ხანძრის დამოდებების სტრატეგიისათვის, როდესაც ხანძრის კერაზე სუფთა ჰაერისა და წვის პროდუქტების თანაბარი შერევა ხდება, დეზინგერიმ და კენდიმ განსაზღვრეს ფრუდის კრიტიკული რიცხვი $Fr_c = 4,5$. მაშასადამე თუ $Fr_c < 4,5$ მაშინ გვირაბში განვითარებული ხანძრისას უკუდინებას ადგილი არ ექნება ($u_0 > u_c$).

ფრუდის კრიტიკული რიცხვის მნიშვნელობის მიხედვით (4) ფორმულაში პროპორციულობის მუდმივა $k = 0,606$.

გვირაბში განვითარებული ხანძრისას, გამოყოფილი კონვექციური სითბოს რაოდენობა გამოითვლება

$$\dot{Q}_c = \rho_0 c_p u_0 A \Delta T, \quad (6)$$

სადაც \dot{Q}_c არის გამოყოფილი სითბოს სრული რაოდენობა, კვტ, u_0 - გვირაბში სავენტრალური ჰაერის ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ.

ამასთან ერთად კონვექციური სითბოს რაოდენობა, გვირაბში ხანძრის განვითარებისას გამოყოფილი სითბოს სრული რაოდენობის 70%-ს შეადგენს

$$\dot{Q}_c = 0,7 \dot{Q}. \quad (7)$$

გვირაბში განვითარებული ხანძრისას, წვის პროდუქტების საშუალო ტემპერატურა

$$T = T_0 + \frac{\dot{Q}_c}{\rho_0 c_p A u_c}, \quad (8)$$

სადაც T_0 არის გვირაბის გარეთ ჰაერის ტემპერატურა, K.

კვლევების მიხედვით, გვირაბის დახრილობის მიხედვით კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობის განმსაზღვრელი „გრადიენტ ფაქტორი“ განისაზღვრება ფორმულით

$$k_g = \frac{u_{cs}}{u_c}, \quad (9)$$

სადაც k_g არის „გრადიენტ-ფაქტორი“; u_{cs} - დახრილ გვირაბში „კრიტიკული სიჩქარე“, მ/წმ.

3. შედეგები და ანალიზი

დასმული საკითხების გარკვევისა და ანალიზის მიზნით, განხორციელდა შესაბამისი კვლევა 1:60 მასშტაბის გვირაბის ფიზიკურ მოდელზე, რომლის დახრის კუთხის ცვალებადობის დიაპაზონი 0-10 % -ია, ხოლო ცვალებადობის ბიჯი 2%, ნატურალური გვირაბის განივი კვეთის ფართობია 48 მ², სიგრძე 360 მ, სიგანე 8 მ, სიმაღლე 6 მ, სიგანისა და სიმაღლის თანაფარდობა 1,33.

2 მმ სისქის უჟანგავი ფოლადის ფურცლებისაგან, შესაბამისი მასშტაბის მიხედვით დამზადდა ნატური გვირაბის მოდელი, რომლის პარამეტრებია: სიგრძე 6 მ, სიგანე 0,16 მ, სიმაღლე 0,12 მ, განივი კვეთის ფართობი 0,0192 მ².

გვირაბის მოდელის წარმოსახვით ჭერზე, ზედა ზედაპირზე, ყოველ 5 სმ მანძილის დაშორებით ხანძრის კერასთან, ხოლო 10 სმ მანძილის დაშორებით მოდელის დანარჩენ ნაწილზე, მოეწყო 2 მმ დიამეტრის ხვრელები. აღნიშნულ ხვრელებში, ხანძრის კერასთან განთავსდა 6 ცალი K ტიპის თერმოწყვილები დახურული აღმქმელებით, ხოლო დანარჩენ ხვრელებში- K ტიპის თერმოწყვილები ღია აღმქმელებით.



ფიგ. 1. საავტომობილო გვირაბის ფიზიკური მოდელი:

1 – K ტიპის თერმოწყვილები; 2 - ღერძული ვენტელატორი; 3 - ჰაერის სიჩქარის საზომი ხელსაწყო; 4 - გვირაბის მოდელი; 5 - მოდელის ასაწევ-დასაწევი მოწყობილობა; 6 - მონაცემთა შემკრები მოწყობილობა DT-85; 7 - ბუნებრივი აირის მისაწოდებელი მოქნილი მილი, რომელთანაც მიერთებულია აირის ხარჯსაზომი

გვირაბის მოდელის ერთი მხარე დამაგრებულია განსაზღვრულ სიმაღლეზე საგანგებოდ მოწყობილ სადგარზე, ხოლო მეორე ბოლო კი გვირაბის მოდელის დახრილობის შესაცვლელ საგანგებოდ მოწყობილ კონსტრუქციაზე. აღნიშნული კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა ვცვალოთ გვირაბის მოდელის დახრის კუთხე შესაბამისი ბიჯით. გვირაბის მოდელის დახრის შემთხვევაში იმ მხარეს, რომელიც ჰიფსომეტრულად უფრო მაღლა მდებარეობს, ვიდრე დამოდელელებული ხანძრის კერა, განთარსებულია შესაბამისი სიმძლავრის ღერძული ტიპის ვენტილატორი, რომლის საშუალებითაც ხდება გვირაბის მოდელში სავენტილაციო ჰაერის მიწოდება (ფიგ.1.). ღერძული ვენტილატორის მიმდებარედ, გვირაბის მოდელის კონკრეტულ ლოკაციაზე განთარსებულია ციფრული ტიპის, ჰაერის სიჩქარის გასაზომი მოწყობილობა, რომლის ჩვენების მიხედვით შესაძლებელია სავენტილაციო ჰაერის ხარჯის ანგარიში. აღნიშნული ხელსაწყო გაზომვის დიაპაზონია 0,05-10 მ/წმ.

გვირაბის მოდელის შუა ნაწილში, წარმოსახვით ძირზე შესაბამისი ფართის წინასწარ მოწყობილ ღიობში განთავსებულია ბუნებრივი აირის საქშენი, რომლის საშუალებითაც ხდება გვირაბის მოდელზე ხანძრის ინიცირება. ბუნებრივი აირის საქშენში მიწოდებული მეთანის რაოდენობის, და მაშასადამე დამოდელელებული ხანძრის სიმძლავრის რეგულირება ხდება ბუნებრივი აირის მოცულობითი და მასური რეგულატორ-აღმრიცხველის საშუალებით, რომელიც ინტეგრირებულია DT-85 მონაცემების შემკრებ და დამამუშავებელ მოწყობილობასთან.

ამასთან ერთად, აღნიშნულ მოწყობილობასთან მიერთებულია აქ მოყვანილი ციფრული ანემომეტრი და გვირაბის მოდელის მთელს სიგრძეზე განთავსებული თერმოწყვილები. აღნიშნულ DT-85 მოწყობილობას, „დატათეიქერს“ აქვს შესაძლებლობა მასზე მიერთებული ხელსაწყოებიდან, სულ მცირე ყოველი 1 წმ-ის ინტერვალით მიიღოს, შეკრიბოს და დაამუშაოს შესაბამისი ინფორმაცია, რომლის შედეგების წარმოჩენა ხდება მასთან მიერთებულ კომპიუტერის მონიტორზე.

წარმოდგენილ გვირაბის მოდელზე შევისწავლეთ:

- 1) გვირაბში განვითარებული ხანძრისას კვამლის გავრცელების ხასიათი;
- 2) სავენტილაციო ნაკადის „კრიტიკული სიჩქარის“ კორელაცია გვირაბის მოდელის დახრილობასთან;
- 3) „კრიტიკული სიჩქარის“ ცვალებადობის ტემპის განმსაზღვრელი, „გრადიენტ ფაქტორი“. ფორმულა 2-ის საშუალებით გავიანგარიშეთ ხანძრის სიმძლავრის მოდელირების მასშტაბი

$$\frac{\dot{Q}_m}{\dot{Q}_n} = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{2.5} = \left(\frac{6}{360}\right)^{2.5} = 0.000036$$

აქედან $\dot{Q}_m = 0.000036\dot{Q}_n$.

მიღებული მასშტაბის მიხედვით ნატურ გვირაბში განვითარებული 5-10-15 მგვტ. ხანძრის სიმძლავრე, გადავიანგარიშეთ გვირაბის მოდელისათვის და შესაბამისად შეადგინა 0.18-0.36-0.54 კვტ. მიღებული შედეგები შევიტანეთ ცხრილი 2-ში.

აღსანიშნავია, რომ 1 მ³ ბუნებრივი აირის სრული წვისას გამოიყოფა 9,3 კვტ რაოდენობის სითბო. ამ მონაცემების მიხედვით გადავიანგარიშეთ საჭირო ბუნებრივი აირის ხარჯი. მიღებული შედეგები ასახულია ცხრილი 1-ში.

ცხრილი 1.

ხანძრის სიმძლავრეების მნიშვნელობები ნატურ გვირაბსა და მოდელზე შესაბამისი მასშტაბის მიხედვით

ხანძრის სრული სიმძლავრე, გვირაბში და მოდელზე.		კონვექციური სითბოს რაოდენობა, გვირაბში და მოდელზე.		ბუნებრივი აირის ხარჯი, მ ³ /სთ.
Q _n , მგვტ.	Q _m , კვტ.	Q _{cn} , მგვტ.	Q _{cm} , კვტ.	
5	0.18	3,5	0.126	0.019
10	0.36	7,0	0.252	0.039
15	0.54	10,5	0.378	0.058

ფორმულა -7 -ის მიხედვით დავიანგარიშეთ, შესაბამისი სიმძლავრის ხანძრებისათვის, კონვექციური სითბოს რაოდენობა, როგორც ნატური ასევე გვირაბის მოდელისათვის. შედეგები შეტანილია ცხრილი 2 -ში.

ფორმულა 3-ის მიხედვით დავადგინეთ, ხანძრის დამოდელეებისას სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის მასშტაბი

$$\left(\frac{u_m}{u_n}\right) = \left(\frac{l_m}{l_n}\right)^{0.5} = \left(\frac{6}{360}\right)^{0.5} = 0.13$$

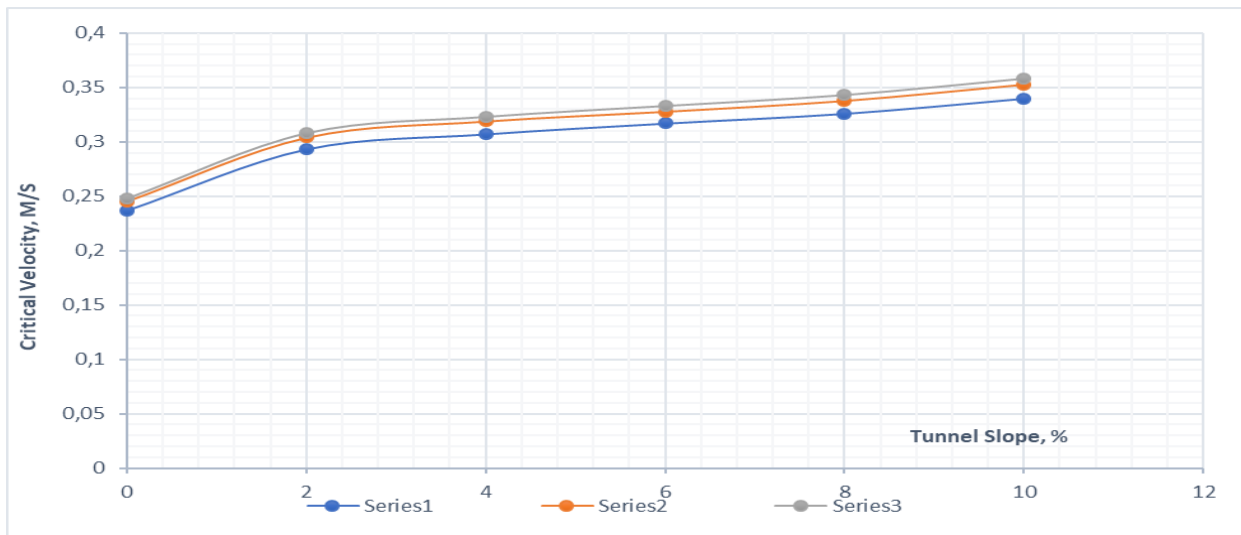
აქედან $u_m = 0.13u_n$.

მიღებული მასშტაბის მიხედვით, გვირაბის მოდელისათვის გადავიანგარიშეთ სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარის მნიშვნელობა და შედეგები შევიტანეთ ცხრილი 2-ში.

სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარეების მნიშვნელობები ნატურ გვირაბსა და მოდელზე შესაბამისი მასშტაბის მიხედვით

სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის სიჩქარე და ნატურაში მოდელზე		სავენტილაციო ჰაერის მასური ხარჯი მოდელზე G_m , კგ/სთ	ნატურ გვირაბში ხანძრის სიმძლავრის შესაბამისი ტემპერატურის ნაზარდის მნიშვნელობა ექსპერიმენტის მონაცემების მიხედვით. °C		
u_n , მ/წმ	u_m , მ/წმ		5 მგვტ.	10 მგვტ.	15მგვტ.
0,5	0,065	5,39	84	168	252
1,0	0,13	10,8	42	84	126
1,5	0,195	16,15	27,4	54,8	82,2
2,0	0,26	21,53	20,7	41,3	62
2,5	0,325	26,9	16,5	32,7	49,1

გვირაბის მოდელზე განთავსებული ციფრული ანემომეტრის ჩვენებების მიხედვით,



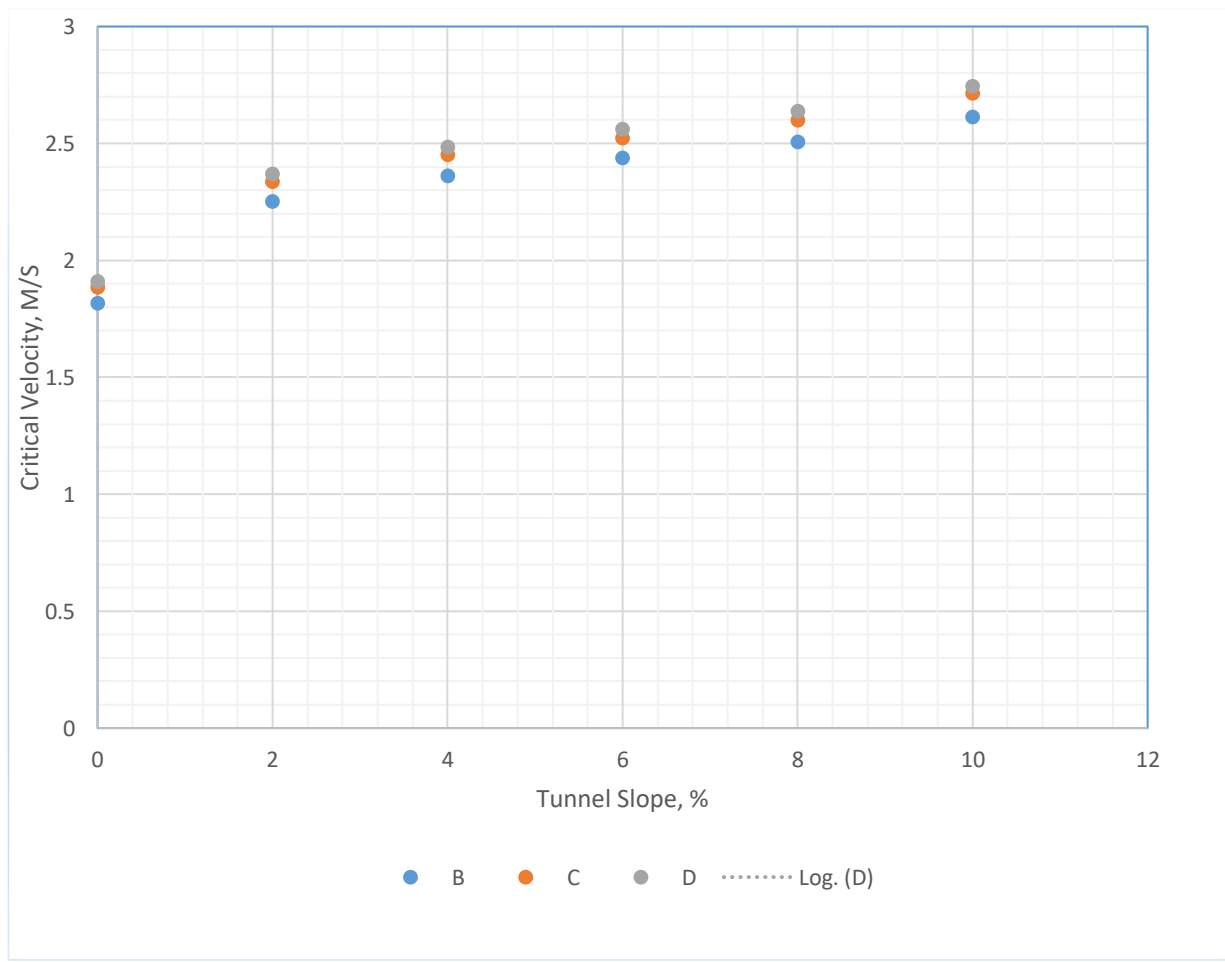
ფიგ. 2. გვირაბის მოდელზე „კრიტიკული სიჩქარის“ ცვალებადობა ჰორიზონტალური და დახრილი გვირაბებისათვის დამოკიდებული ხანძრის სხვადასხვა სიმძლავრისათვის:

1 – 0,18 კვტ; 2 – 0,36 კვტ; 3 – 0,46 კვტ

გავიანგარიშეთ სავენტილაციო ჰაერის მასური ხარჯი, ხოლო მოდელირებული ხანძრის კერასთან განთავსებული თერმოწყვილების(დახურული აღმქმელებით) მონაცემების მიხედვით, სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის განისაზღვრეთ ტემპერატურის ნაზარდის(გვირაბში წვის პროდუქტებისა და გვირაბის გარეთ ჰაერის ტემპერატურებს შორის სხვაობა)საშუალო მნიშვნელობები. შედეგები შეტანილია ცხრილი 3-ში. ამომავალი, ტემპერატურათა ველის უცვლელობაა ხანძრის დამოდების დროს.

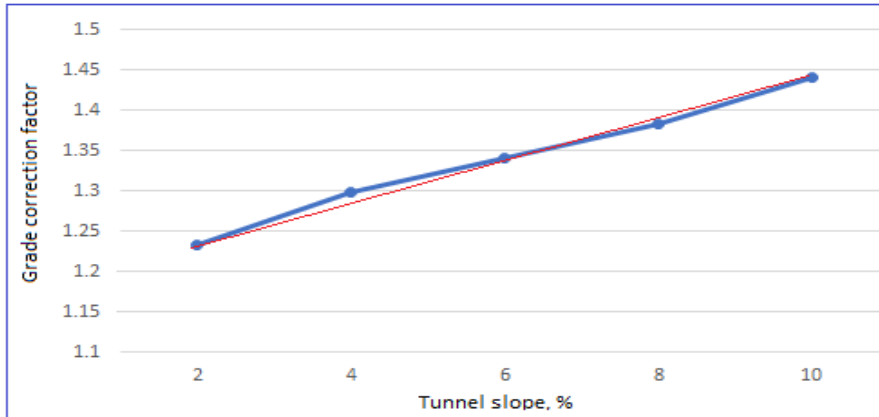
სავენტილაციო ნაკადის „კრიტიკული სიჩქარის“ ცვალებადობასთან დაკავშირებით, გვირაბის მოდელზე განხორციელებული ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია ფიგ.2-ზე.

სავენტილაციო ჰაერის ნაკადის „კრიტიკული სიჩქარის“ მნიშვნელობები და მათი ცვალებადობა ნატურ გვირაბში დახრის კუთხის მიხედვით წარმოდგენილია ფიგ. 3-ზე.



**ფიგ. 3 ჰორიზონტალურ და დახრილ გვირაბებში „კრიტიკული სიჩქარის“ ცვალებადობა სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის:
B - 5 მგვტ; C - 10 მგვტ; D - 15 მგვტ**

ნატურ გვირაბში 5-10-15 მგვტ. სიმძლავრის ხანძრების დამოძღვრებისას გვირაბის მოდელზე ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად დავადგინეთ „გრადიენტ-ფაქტორის“ საშუალო მნიშვნელობების ცვალებადობა გვირაბის მოდელის დახრის კუთხის მიხედვით. მიღებული შედეგები მოცემულია ფიგ. 4-ზე.



**ფიგ. 4. გვირაბის მოდელის დახრილობის მიხედვით „გრადიენტ-ფაქტორის“ გასაშუალებული კოეფიციენტების ცვალებადობა:
 ლურჯი კონტური - 5-10-15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრების საშუალო მაჩვენებლები; წითელი კონტური - გაწვრივებული საშუალო მაჩვენებლები**

დადგენილი კანონზომიერებებისა და მიღებული ახალი შედეგების გამოყენება შესაძლებელია სავენტილაციო ნაკადის „კრიტიკული სიჩქარისა“ და „უკუდინების მანძილის“ განსაზღვრისას გვირაბის ვენტილაციისა და ხანძრებით გამოწვეული საგანგებო სიტაციების მართვის პროექტებში.

4. დასკვნა

15 მგვტ. სიმძლავრის ხანძრის პირობებში, გვირაბის 10 % -ით დახრილობის შემთხვევაში, სავენტილაციო ნაკადის კრიტიკული სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 2,75 მ/წმ, ჰორიზონტალური გვირაბისათვის, კრიტიკული სიჩქარის მინიმუმი არ აღემატება 1,82 მ/წმ, ხოლო, როდესაც გვირაბის დახრის კუთხის დიაპაზონი 2-10 % - ია, კრიტიკული სიჩქარის ცვალებადობის კანონზომიერება წრფივია და იცვლება 2,25-2,75 დიაპაზონის ფარგლებში. ნატურ გვირაბში 5 - 15 მგვტ სიმძლავრის ხანძრებისათვის, როდესაც გვირაბის დახრის კუთხის დიაპაზონი შეადგენს 2-10 %, გრადიენტ-ფაქტორის ცვალებადობის კანონზომიერება წრფივია. გრადიენტ-ფაქტორის მნიშვნელობა მოცემული დიაპაზონისათვის იცვლება 1,22 - 1,45 ფარგლებში.

წინამდებარე ნაშრომი მომზადებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით. (გრანტის ნომერი: AR-19-1936, დასახელება: „ტრანსფორმირებადი სისტემების დამუშავება და გამოცდა საავტომობილო გვირაბში სიცოცხლის გადასარჩენად ხანძრის პირობებში“).

გამოყენებული ლიტერატურა

1. P.H. Thomas (1958) *Fire Research Notes* 351, Available on <http://www.iafss.org/publications/frn/351/-1>.
2. P.L. Hinkley (1970) The flow of hot gases along an enclosed shopping mall - a tentative theory. *Fire Research Notes* 807, Fire Research Station, Watford, UK.
3. A.J.M. Heselden (1976) Studies of fire and smoke behavior relevant to tunnels. In: *Proceedings of the 2nd International Symposium of Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels*. Cambridge University Press, pp. 1-6.
4. N.H. Danziger, and W.D. Kennedy (1982) *4th International Symposium on the Aerodynamics & Ventilation of Vehicle Tunnels*, 169-186.
5. World Road Association (1999) Fire and smoke control in road tunnels. PIARC Report 05.05.B, World Road Association.
6. National Fire Protection Association (2011) NFPA 502 Standard for road tunnels, bridges, and other limited access highways. National Fire Protection Association, Quincy, US.
7. National Fire Protection Association (2014) NFPA 502 Standard for road tunnels, bridges, and other limited access highways. National Fire Protection Association, Quincy, US.
8. Y.Z. Li, H. Ingason, and L. Jiang (2018) *Influence of tunnel slope on smoke control* (RISE Research Institutes of Sweden).
9. Y.Z. Li, and H. Ingason (2018) *Fire Safety Journal* **99**, 22-26.
10. COMMISSION DIRECTIVE 2004/102/EC (2004) On minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network, THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, On line at: http://www.ocean-commerce.co.jp/ISPM_Report/pdf_countries/EUDirective2004102EC.pdf
11. TRANS/AC 7/9 (2001) RECOMMENDATIONS OF THE GROUP OF EXPERTS ON SAFETY IN ROAD TUNNELS, Economic and Social Council, Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, On line at: <https://unece.org/DAM/trans/doc/2002/ac7/TRANS-AC7-09e.pdf>
12. TRANS/AC 7/11 (2002) REPORT OF THE AD HOC MULTIDISCIPLINARY GROUP OF EXPERTS ON SAFETY IN TUNNELS ON ITS FIFTH SESSION, Economic and Social Council, Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, On line at: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2002/ac7/TRANS-AC7-11e.pdf>

13. A. Vaitkevicius, and R. Carvel (2016) Investigating the Throttling Effect in Tunnel Fires. *Fire Technology*, Vol. 52, pp. 1619–1628.
14. A.N. Beard, and R.O. Carvel (2005) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*, Thomas Telford Publishing, London.
15. Ilias N., Lanchava O., Nozadze G. (2017) Numerical modelling of fires in road tunnels with longitudinal ventilation system. *Supplement of Quality-Access to Success*, 18, 85-88.
16. O. Lanchava, G. Abashidze, and D. Tsverava (2017) Securing fire safety for underground structures. *Quality-Access to Success*, Vol. 18, S1, pp. 47-50.
17. F. Tang, Z.L. Cao, A. Palacios, and Q. Wang (2018) A study on the maximum temperature of ceiling jet induced by rectangular-source fires in a tunnel using ceiling smoke extraction. *International Journal of Thermal Sciences*, 127, 329–334.
18. O. Lanchava, N. Ilias, G. Nozadze, and S.M. Radu (Jan 2019) Heat and hygroscopic mass exchange modeling for safety management in tunnels of metro. *Quality Access to Success*, Vol. 20, S1, pp. 27-33.
19. O. Lanchava, N. Ilias, G. Nozadze, S.M. Radu, R.I. Moraru, Z. Khokerashvili, and N. Arudashvili (2017) The impact of the piston effect on the technological characteristics of ventilation in the subway tunnels. *Proceedings of 8th International Symposium "Occupational Health and Safety" SESAM 2017*, Bucharest, pp. 342-352.
20. A. Kashef, Z. Yuan, and B. Lei (2013) Ceiling temperature distribution and smoke diffusion in tunnel fires with natural ventilation, *Fire Safety Journal* 62, 249–255.
21. O. Lanchava (2020) Analysis of the parameters of the fire modeled in a road tunnel, *GEORGIAN SCIENTISTS* 2 (4).
22. G.T. Atkinson, and Y. Wu (1996) Smoke control in sloping tunnels. *Fire Safety Journal*, 27, 335–341.
23. J. Li, Y.F. Li, C.H. Cheng, and W.K. Chow (2019) A study on the effects of the slope on the critical velocity for longitudinal ventilation in tilted tunnels. *Tunneling and Underground Space Technology*, 89, pp. 262-267.
24. O. Lanchava, and N. Ilias (2020) Critical velocity analysis for safety management in case of tunnel fire. *MATEC Web of Conferences* 305, 00023.
25. Y.-P. Lee, and K.-Ch. Tsai (2012) Effect of vehicular blockage on critical ventilation velocity and tunnel fire behavior in longitudinally ventilated tunnels, *Fire Safety Journal* 53, 35–42.
26. O. Lanchava, N. Ilias, G. Nozadze (Jan 2017) Some problems for assessment of fire in road tunnels. *Quality Access to Success*, Vol. 18, S1, pp. 69-72.
27. O.A. Lanchava (1982) Heat and mass exchange in permanent mine workings. *Soviet Mining* 18 (6), 529-532.

28. O.A. Lanchava (1986) Heat and mass exchange in newly driven mine workings. *Sov. Min. Sci. (Engl. Transl.); (United States)* 21 (5).
29. O.A. Lanchava (1998) Hygroscopic heat and mass transfer in underground structures, *GTU*, Tbilisi, 272.
30. H. Ingason, and Y.Z. Li (2010) Model scale tunnel fire tests with longitudinal ventilation. *Fire Safety Journal*, 45, 371–384.
31. H. Wan, Z. Gao, J. Han, Y. Zhang (2019) A numerical study on smoke back-layering length and inlet air velocity of fires in an inclined tunnel under natural ventilation with a vertical shaft. *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 138, pp. 293-303.
32. C.G. Fan, J. Yang (2017) Experimental study on thermal smoke backlayering length with an impinging flame under the tunnel ceiling. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 82, pp. 262–268.
33. X. Guo, X. Pan, Z. Wang, J. Yang, M. Hua, J. Jiang (2018) Numerical simulation of fire smoke in extra-long river-crossing subway tunnels. *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 82, pp. 82-98.
34. O. Lanchava, N. Ilias, G. Nozadze, S.M. Radu, R.I. Moraru, Z. Khokerashvili, and N. Arudashvili (2019) FDS Modelling of the Piston Effect in Subway Tunnels. *Environmental Engineering and Management Journal*. 18 (4), pp. 317-325.
35. O. Lanchava, and N. Ilias (2018) Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway. *Technical Sciences* 3 (1), 69-84.
36. O. Lanchava, and N. Ilias (2017) Some issues of thermal calculation of ventilation air for the metro. *Journal of Engineering Sciences and Innovation* 2 (2), 92-105.
37. O. Lanchava, G. Nozadze, N. Bochorishvili, Z. Lebanidze, N. Arudashvili, M. Jangidze, and K. Tsikarishvili (2014) Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels. “*Transport Bridge Europe-Asia*”, Materials of International Conference, 29-34.
38. O. Lanchava, N. Ilias, S.M. Radu, L. Makharadze, T. Kunchulia, N. Arudashvili, Z. Khokerashvili (2020) A system of transformable crosspieces to block harmful combustion product propagation in tunnels. Web-page “Association for Science”.
39. N. Ilias, O. Lanchava, and G. Nozadze (2020) Numerical simulation of air flow in short metro ventilation shafts caused by a piston effect. *MATEC Web of Conferences* 305, 00050.
40. O.A. Lanchava, G. Nozadze, N. Arudashvili, and Z. Khokerashvili (2021), TO DETERMINATION OF VENTILATION AIR OF THE METRO OF TBILISI BY THERMAL FACTOR. *GEORGIAN SCIENTISTS* 3 (1).

The results of physical modeling of fires for road tunnels

Zaza Khokerashvili, Davit Tsanava

Georgian Technical University

Abstract

The paper gives the results of a fire development study using physical models of inclined vehicular traffic tunnels scaled 1:60. The tunnel inclination varied within 0-10% with a 2% increment. The fire strength initiated and developed in a natural tunnel varied within 5-15 MW with a 5 MW increment. The length of the natural tunnel was 360 m, width: 8 m, height: 6 m, cross-sectional area: 48 m², and the tunnel width and height ratio: 1.33. The model of the natural tunnel of the given geometry was made of a 2-mm-thick stainless steel sheet with an appropriate scale. The sizes of the tunnel model are: length: 6 m, width: 0.16 m, height: 0.12 m, and cross-sectional area: 0.0192 m². By doing experiments on this model, we studied the nature of propagation of gases (smoke) emitted during the fire initiation and development, specified the impact of the gradient factor on the rate of variability of the critical velocity and backlayering distance. The said characteristics were studied according to the air temperature variability in the tunnel model. The air temperature was measured with K-type thermocouples equipped with open and closed detectors. Maximum measuring temperature was 800°C. The thermocouples were installed in the ceiling of the tunnel model along the entire length, with 5 and 10 cm increments. The fire was modeled with natural gas. Ventilation air was supplied into the model by an axial fan from one portal of the model. The velocity of the ventilation air was measured with an anemometer, and the air discharge was calculated at every moment according to the velocity. The required strength of the modeled fire was provided by natural gas, and the measurement was done with a volumetric and mass regulatory meter. Simultaneous data collection, processing, analysis and digital transmission of data from the K-type thermocouples, anemometers and natural gas flow meters were provided with DT-85 Datalogger. The obtained results can be used to develop road tunnel ventilation projects that take into account the impact of fires on ventilation.

Key words: Aerodynamic resistance, critical velocity, gradient factor, backlayering distance



ენდომეტრიუმის მიკროგარემოს თავისებურებები ენდომეტროიდული ტიპის ადენოკარცინომების განვითარებაში

კრიტიკული მიმოხილვა

პ. ჟორჟოლიანი, ზ. ბოხუა, გ. ბურკაძე

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი

ენდომეტრიული კარცინომა ყველაზე ხშირი გინეკოლოგიური ავთვისებიანი პათოლოგიაა და წარმოადგენს სიხშირით მეორე გინეკოლოგიურ ავთვისებიან პათოლოგიას მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. 2018 წლის მონაცემებით დიაგნოსტირდა 380,000-ზე მეტი ახალი შემთხვევა მსოფლიოს მასშტაბით, რომელთაგანაც 90,000 შემთხვევაში აღინიშნებოდა ლეტალური გამოსავალი. სიმსივნურ უჯრედებსა და მათ გარშემო არსებულ მიკროგარემოს შორის ურთიერთქმედება არეგულირებს ავთვისებიანი პროცესის პროგრესიას თითქმის ყველა ტიპის სიმსივნეში. შესაბამისად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ენდომეტროიდული კარცინომის განვითარებასა და პროგრესიაში. ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიაში და აგრესიული სიმსივნის ჩამოყალიბებაში მონაწილე მექანიზმები კარგად შესწავლილი არ არის. სტრომული უჯრედებისგან და/ან ექსტრაცელულური მატრიქსისგან წარმოქმნილი მოლეკულური სიგნალები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ სიმსივნის ავთვისებიან პროგრესიაში. სიმსივნის მიკროგარემო შედგება როგორც უჯრედული კომპონენტისგან ისე არაუჯრედული კომპონენტისგან, იგივე ექსტრაცელულური მატრიქსისგან. სიმსივნური უჯრედების ინვაზია და მეტასტაზირება წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს რის გამოც ეს დაზიანება ძნელად ექვემდებარება მკურნალობას და ხასიათდება ცუდი პროგნოზით. მიკროგარემოს სასიგნალო გზების ან სტრომული უჯრედებისგან წარმოქმნილი ცილების იდენტიფიკაცია პოტენციურად წარმოადგენს ენდომეტრიული კარცინომის მეტასტაზირებისა და მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ბიომარკერს. შესაბამისად ენდომეტროიდული კარცინომის მიკროგარემოს,

მისი ცალკეული კომპონენტების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სიმსივნის წარმოშობის, პროგრესიისა და პროგნოზის განსაზღვრაში.

საკვანძო სიტყვები: *ენდომეტროიდული კარცინომა; სიმსივნის მიკროგარემო; სიმსივნის პროგრესიისა და მეტასტაზირების ბიომარკერები;*

ენდომეტრიული კარცინომა ყველაზე ხშირი გინეკოლოგიური ავთვისებიანი პათოლოგიაა და წარმოადგენს სიხშირით მეორე გინეკოლოგიურ ავთვისებიან პათოლოგიას მთელი მსოფლიოს მასშტაბით [1], [2]. 2018 წლის მონაცემებით დიაგნოსტირდა 380,000-ზე მეტი ახალი შემთხვევა მსოფლიოს მასშტაბით, რომელთაგანაც 90,000 შემთხვევაში აღინიშნებოდა ლეტალური გამოსავალი[3]. მიუხედავად იმისა, რომ განვითარდა ადრეული დიაგნოსტიკის მეთოდები და ასევე დაიხვეწა ქირურგიული ჩარევისა და ქიმიოთერაპიის მეთოდები, რამაც გარკვეულწილად შეამცირა ამ დაავადებით სიკვდილიანობა, პაციენტთა უმეტესობაში შეუძლებელია ავთვისებიანი პროცესის სრულიად აღმოფხვრა. გარდა ამისა, ბოლო წლებში აღინიშნება ენდომეტრიული კარცინომის ინციდენტობის მკვეთრი ზრდა, რაც სავარაუდოდ გამოწვეული უნდა იყოს პოპულაციის დაბერებით და ჭარბწონიანობის პრობლემის გაზრდით. 1992-2022 წლის მონაცემებით ენდომეტრიუმის სიმსივნის წლიური 2.5% (დიაგნოსტირებული ქალებში 50-74 წლის ჯგუფში) გაიზარდა 10%-მდე 2006-2012 წლის მონაცემებით[4]–[6].ენდომეტროიდული ტიპის ადენოკარცინომები შეადგენს ენდომეტრიუმის ადენოკარცინომების 70-80%-ს[1]. მიუხედავად ამ დაავადების ხშირი გავრცელებისა, მის განვითარებაში მიკროგარემოს მნიშვნელობის შესახებ მწირი ინფორმაციაა და კვლევის ეტაპზეა.

სიმსივნურ უჯრედებსა და მათ გარშემო არსებულ მიკროგარემოს შორის ურთიერთქმედება არეგულირებს ავთვისებიანი პროცესის პროგრესიას თითქმის ყველა ტიპის სიმსივნეში[7][8], [9]. შესაბამისად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ენდომეტროიდული კარცინომის განვითარებასა და პროგრესიაში.

ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიაში და აგრესიული სიმსივნის ჩამოყალიბებაში მონაწილე მექანიზმები კარგად შესწავლილი არ არის. სტრომული უჯრედებისგან და/ან ექსტრაცელულური მატრიქსისგან წარმოქმნილი მოლეკულური სიგნალები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ სიმსივნის ავთვისებიან პროგრესიაში. სიმსივნურ უჯრედებსა და სიმსივნის მიკროგარემოს შორის კავშირი არეგულირებს თითქმის ყველა ტიპის სიმსივნის პროგრესიას. ეს კონცეპცია პირველად მოწოდებული იქნა 1889 წელს სტეფან პეჯეტის მიერ როგორც ”თესლის და ნიადაგის” ჰიპოთეზა, რომლის მიხედვითაც თესლი არის სიმსივნური უჯრედები, რომლებსაც შეუძლიათ გაიზარდონ ნაყოფიერ ნიადაგში, ანუ სიმსივნის მიკროგარემოში. შესაბამისად სიმსივნური უჯრედები ვრცელდებიან იმ მიმართულებით, სადაც სიმსივნის მიკროგარემო, ანუ ნიადაგი უფრო ნაყოფიერი და ხელსაყრელია[10].

უჯრედებსა და მათ მიკროგარემოს შორის დინამიური ურთიერთქმედება მნიშვნელოვანი და აუცილებელი ფაქტორია, როგორც ნორმალური ქსოვილის ჰომეოსტაზის, ისე სიმსივნის ზრდისათვის. სიმსივნის მიკროგარემო შედგება როგორც უჯრედული კომპონენტისგან (ფიბრობლასტები, მიოფიბრობლასტები, სისხლძარღვები, პერიციტები, ადიპოციტები, გლუვკუნთოვანი უჯრედები, იმუნური და ანთებითი უჯრედები), ისე არაუჯრედული კომპონენტისგან, იგივე ექსტრაცელულური მატრიქსისგან. ნორმალურ პირობებში, უჯრედები ცვლიან ინფორმაციას სხვა ტიპის უჯრედებთან პირდაპირი უჯრედულ-უჯრედული კონტაქტით ან ექსტრაცელულური მატრიქსის საშუალებით. ექსტრაცელულური მატრიქსი წარმოადგენს სივრცეს სადაც გადაადგილდება ზრდის ფაქტორები, ციტოკინები და სტრუქტურული ცილები, რომლებიც წარმოიქმნება ეპითელურ უჯრედებსა და მიმდებარე სტრომულ უჯრედებს შორის კავშირის საშუალებით. ეპითელური უჯრედების ბაზალური ზედაპირი ქმნის ბაზალურ მემბრანას, რომელიც გამოყოფს ეპითელურ და სტრომულ კომპონენტებს. ამგვარად ნორმალური, ეპითელიუმი გამოიყოფა ბაზალური მემბრანით დერმული ან სტრომული კომპონენტებისგან. თუმცა, კარცინომის სიმსივნისწინარე ეტაპიდან განვითარების პროცესში, ხდება ქსოვილის ნორმალური ჰომეოსტაზის დარღვევა, რომელიც განაპირობებს ეპითელური უჯრედების პროლიფერაციას და სიმსივნურ უჯრედების ინვაზიას სტრომულ კომპარტმენტში, ბაზალური მემბრანის დეგრადაციის საშუალებით[11]. კავშირი რომელიც მყარდება ხსნადი ფაქტორებისა და ცილების საშუალებით, სიმსივნურ უჯრედებსა და არასიმსივნურ სტრომულ უჯრედებს შორის, ხელს უწყობს სიმსივნის განვითარებას და პროგრესიას. შედეგად, სიმსივნური უჯრედები გადაადგილდებიან მიმდებარე სტრომაში და ცვლიან ამ მექანიკურ ბარიერს სიმსივნისათვის ხელსაყრელ მიკროგარემოდ, რაც საბოლოოდ განაპირობებს სიმსივნური უჯრედების დისემინაციას[12].

ამგვარად მიკროგარემოს აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა როგორც ჯანმრთელ ისე სიმსივნურ ქსოვილებში. ნორმალურ ქსოვილში, ნორმალური მიკროგარემო წარმოქმნის ანტი-სიმსივნურ სიგნალებს და ინარჩუნებს ეპითელური ქსოვილის ჰომეოსტაზს. თუმცა, სიმსივნის პროგრესიის დროს, რეაქტიული სტრომული კომპონენტები ხელს უწყობს სიმსივნური უჯრედების პროლიფერაციას სხვადასხვა სიმსივნური სასიგნალო კასკადების დახმარებით[12]. უფრო მეტიც, ონკოგენური მუტაციები სიმსივნურ უჯრედებში არ არის საკმარისი, რომ წარმოიქმნას მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის სიმსივნე, თუ არ მოხდა მოლეკულური სასიგნალო გზების ცვლილება სიმსივნურ გარემოში. ამგვარად სიმსივნის მიკროგარემო თამაშობს მნიშვნელოვან როლს სიმსივნის პროგრესიაში.

სიმსივნის მიკროგარემო მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიაში. ენდომეტრიული კარცინომის ინიცირებაში მნიშვნელოვანი როლი უჭირავს PTEN, KRAS, P53 მუტაციებს და მიკროსატელიტურ არასტაბილურობას, თუმცა ეს ცვლილებები არ განაპირობებს მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის სიმსივნის ჩამოყალიბებას და მეტასტაზების განვითარებას, შესაბამისი მიკროგარემოს გარეშე[13]. ენდომეტრიული სიმსივნის მიკროგარემო

შედგება სხვადასხვა ტიპის უჯრედებისგან. კერძოდ ფიბრობლასტებისგან, მიოფიბრობლასტებისგან, ენდოთელური უჯრედებისგან, მაკროფაგებისგან და ანთებით უჯრედებისგან. ეს უჯრედები ურთიერთქმედებენ ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედებთან ციტოკინების, ზრდის ფაქტორების ან რეცეპტორების საშუალებით, რომელთა ლიგანდებსაც წარმოადგენს ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედების მიერ სეკრეტირებული ფაქტორები. ამგვარად რეციპროკული ურთიერთქმედება ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედებსა და სხვადასხვა ტიპის სტრომულ უჯრედებს შორის, ქმნის ხელსაყრელ გარემოს ენდომეტრიული კარცინომის ინვაზიისა და მეტასტაზირებისათვის. სიმსივნური უჯრედების ინვაზია და მეტასტაზირება წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად მიზეზს რის გამოც ეს დაზიანება მწელად ექვემდებარება მკურნალობას და ხასიათდება ცუდი პროგნოზით. მიკროგარემოს სასიგნალო გზების ან სტრომული უჯრედებისგან წარმოქმნილი ცილების იდენტიფიკაცია პოტენციურად წარმოადგენს ენდომეტრიული კარცინომის მეტასტაზირებისა და მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ბიომარკერს [13], [14]. სხვა სტრომულ უჯრედებთან ერთად მიოფიბრობლასტები ასრულებენ დომინანტურ როლს სიმსივნის პროგრესიაში. სტრომული მიოფიბრობლასტები ასეკრეტირებენ სხვადასხვა ტიპის ციტოკინებს და ზრდის ფაქტორებს, რომლებიც ხელს უწყობს ენდომეტრიული კარცინომის ზრდას, უჯრედების გადაადგილებას, ანგიოგენეზს და საბოლოოდ მეტასტაზის განვითარებას. კერძოდ კი ჰეპატოციტების ზრდის ფაქტორი (HGF), სეკრეტირდება მიოფიბრობლასტების მიერ და იგი წარმოადგენს ძლიერ ზრდის მაინიცირებელ ფაქტორს, რომელიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ენდომეტრიული კარცინომის მიკროგარემოს ჩამოყალიბებაში. ნაჩვენებია, რომ ენდომეტრიულ სტრომულ უჯრედებსა და ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედებს შორის ურთიერთქმედება გაშუალებულია HGF/MET სასიგნალო გზით [15]. ენდომეტრიული უჯრედების მიერ სეკრეტირებული HGF ურთიერთქმედებს ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედებზე არსებულ MET რეცეპტორთან და აინდუცირებს ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედების ინვაზიას. MET რეცეპტორის ფოსფორილირება HGF-ის მიერ ახდენს AKT სასიგნალო გზის გამშვები მთავარი ცილის AKT-ს ფოსფორილირებას, რომელიც აინიცირებს ეპითელური უჯრედების პროლიფერაციას ციკლინ D1-ის ტრანსკრიფციის მოდულაციის გზით[16]. ეს ასევე ხსნის იმ ფაქტს, თუ რატომ არ მოხდა AKT/PI3K სასიგნალო გზის ინჰიბიტორების კლინიკაში დანერგვა, რომლებმაც აჩვენეს ეფექტური შედეგები ინ ვიტრო გამოკვლევების დროს. ინ ვიტრო ანალიზი ჩვეულებრივ ტარდება უჯრედებზე, რომლებიც არ შეიცავენ სტრომულ კომპონენტს. უფრო მეტიც მზარდი მტკიცებულებების საფუძველზე შესაძლოა ვივარაუდოთ, რომ მიოფიბრობლასტები ასტიმულირებენ სიმსივნის ზრდას CXCL12 სეკრეციის საშუალებით. ქემოკინი CXCL12 (ასევე ცნობილია როგორც სტრომული ფაქტორი ერთი, Stromal-derived Factor 1, SDF-1), თამაშობს კრიტიკულ როლს, როგორც ქემოატრაქტანტი სიმსივნის ნიშაში[12], [13], [16]. ის პირველად უკავშირდება რეცეპტორ CXC R4-ს და არეგულირებს როგორც ნორმალური ისე ავთვისებიანი უჯრედების როლს. ამგვარად, პარაკრინული გზით, CXCL12 იზიდავს CXCR4

მაექსპრესირებელ სიმსივნურ უჯრედებს ახალ სიმსივნურ ნიშაში, რაც განაპირობებს სიმსივნური უჯრედების ინვაზიას და მეტასტაზირებას. ამას გარდა იმუნოჰისტოქიმიური და PCR გამოკვლევებით გამოვლენილია, რომ CXCR4-ის ცილის და სასიგნალო რნმ-ის მომატებული დონე ენდომეტრიული კარცინომის ქსოვილებში. ეს მონაცემები კიდევ უფრო ამყარებს მოსაზრებას, რომ CXCL12-სა და CXCR4-ს შორის ურთიერთქმედება ხელს უწყობს სიმსივნის ინვაზიას.

ნაჩვენებია სიმსივნესთან ასოცირებული ფიბრობლასტების მნიშვნელოვანი როლი ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიაში[17], [18]. სიმსივნის მიერ წარმოქმნილი ზრდის ფაქტორები, როგორცაა ტრანსფორმაციული ზრდის ფაქტორი ბეტა ხელს უწყობს სტრომული ფიბრობლასტების დიფერენცირებას მიოფიბრობლასტებად. მიოფიბრობლასტებში იწყება ალფა-გლუკუუნთოვანი აქტინის მაღალი დონით ექსპრესია და ისინი გარდაიქმნებიან სიმსივნესთან ასოცირებულ ფიბრობლასტებად. ენდომეტრიული კარცინომის შემთხვევაში სიმსივნესთან ასოცირებული მაკროფაგების რაოდენობა იზრდება და ისინი იძენენ კიდევ უფრო მეტ ავთვისებიანობას[19]–[21]. ეს უჯრედები აქტიურ სტრომაში ასეკრეტირებენ დიდი რაოდენობით კოლაგენ I-ს და III-ს შედარებით ნორმალურ ქსოვილთან, რაც აადვილებს დესმოპლაზიას მყარი კოლაგენური მატრიქსის დეზორგანიზაციის გზით. ამას გარდა, სიმსივნესთან ასოცირებული ფიბრობლასტები მნიშვნელოვნად უწყობენ ხელს ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიას ისეთი ციტოკინების სეკრეციით როგორებიცაა ინტერლეიკინ-6, ინტერლეიკინ-8, მონოციტების ქემოატრაქტანტი ცილა-1 (MCP-1 ან CCL2), ქემოკინების ლიგანდი 5 (CCL5 ან RANTES)) და ვასკულური ენდოთელური ზრდის ფაქტორი. ვასკულური ენდოთელური ზრდის ფაქტორი წარმოადგენს ძლიერ ზრდის ფაქტორს, რომელიც ასტიმულირებს სისხლმილთა ზრდას სიმსივნის გარშემო და ხელს უწყობს ანგიოგენეზს. სეკრეტირებული ციტოკინები ასევე მოქმედებენ, როგორც ქემოატრაქტანტები ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედების მიგრაციასა და ინვაზიაში პირველადიდან მეორად უზნებამდე[22]–[24]. ამგვარად სტრომული მიოფიბრობლასტები და სიმსივნესთან ასოცირებული ფიბრობლასტები შესაძლოა ხელს უწყობენ ენდომეტრიული კარცინომის ზრდას და მეტასტაზირებას, რაც მიუთითებს სიმსივნის მიკროგარემოს მნიშვნელოვან როლზე აღნიშნულ პროცესში.

ექსტრაცელულური მატრიქსის TGF-B სასიგნალო გზა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფიბროზის განვითარებასა და ენდომეტრიული კარცინომის მეტასტაზირებაში. ბოლოდროინდელი გამოკვლევებით ნაჩვენებია, რომ TGF-B სასიგნალო გზა ხელს უწყობს ენდომეტრიული კარცინომის მეტასტაზირებას. ამგვარად მიკროგარემოში გააქტიურებული სასიგნალო გზების ინჰიბირების გზით შესაძლებელია ენდომეტრიული კარცინომის მეტასტაზირების ბლოკირება.

APC არის მულტიდომენური ცილა, რომელიც არეგულირებს WNT სასიგნალო გზას და ბეტა-კატენინის აქტივობას. ამას გარდა, APC ურთიერთქმედებს სხვა რამდენიმე ცილასთან,

რომლებიც არეგულირებენ სხვადასხვა უჯრედულ პროცესებს, როგორცაა უჯრედის პროლიფერაცია, დიფერენციაცია და მიგრაცია. ასევე ნაჩვენებია, რომ APC-C სტრომული დელეცია ხელს უწყობს ენდომეტრიული კარცინომის განვითარებას [25], [26]. APC მუტაციური თავის მოდელის ჰისტოლოგიური ანალიზით ნაჩვენებია ენდომეტრიული ჰიპერპლაზიის პროგრესიული განვითარება, სტრომული მიოფიბრობლასტების პოპულაციის გაზრდა, ესტროგენის რეცეპტორის და პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესიის შემცირება და ვასკულური ენდოთელური ფაქტორის და SDF-1-ის მომატებული დონე, რაც საერთო ჯამში მიუთითებს ავთვისებიანი პროცესის განვითარებაზე.

LKB1 (ღვიძლის კინაზა ბ1), წარმოადგენს სასიგნალო გზის ნეგატიურ რეგულატორს. LKB1-ის დაკარგვა სტრომაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიაში [27]–[29]. სტრომულ-უჯრედულ-სპეციფიკური LKB1-ის დაკარგვა ხელს უწყობს მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული კარცინომის განვითარებას საშვილოსნოს ეპითელიუმში. LKB1 ინჰიბიცია ასევე განაპირობებს ანთებითი ციტოკინი-ქემოკინის ლიგანდის CCL2-ის ჭარბ პროდუქციას, რომელიც აადვილებს მაკროფაგების მოზიდვას და სიმსივნის ზრდას [27], [30].

სტრომული HAND2 სასიგნალო გზა. HAND2 გენის (Heart and neural crest derivatives expressed 2) ჰიპერმეთილირება ენდომეტრიულ სტრომაში მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ენდომეტრიული კარცინომის განვითარებას. ენდომეტრიული კარცინომის მქონე პაციენტებში, ეპიგენომური ანალიზით ნაჩვენებია HAND2 გენის ჭარბი მეთილაცია სტრომულ კომპონენტში. საინტერესოა, რომ ტრანსგენური თავის მოდელები რომლებიც არ შეიცავენ HAND2 გენს აღინიშნება პრეკანცერული ენდომეტრიული დაზიანებების განვითარება.

სტრომული VEGF სასიგნალო გზა. ენდომეტრიული კარცინომების უჯრედების უმეტესობაში ექსპრესირებს ზედაპირული ეპითელური მემბრანული პროტეინ-2. EMP2 არის ახალი ონკოგენი, რომელიც ხელს უწყობს სიმსივნის ანგიოგენეზს VEGF-ის ექსპრესიის მომატების გზით. VEGF-ის დონის ჭარბი რაოდენობა სტრომაში უკავშირდება სიმსივნურ უჯრედებს და ასტიმულირებს ზრდას და პროლიფერაციას. უფრო მეტიც VEGF-ის მომატებული დონე სტრომაში უკავშირდება VEGFR რეცეპტორს სიმსივნურ უჯრედებზე და ასტიმულირებს სიმსივნის ზრდას და პროლიფერაციას. VEGFR რეცეპტორის მომატებული დონე ასევე არის ცუდი პროგნოზული ფაქტორი ენდომეტრიულ კარცინომაში.

ენდომეტრიუმის მიკროგარემოს სტეროიდული სასიგნალო გზები ასევე მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ენდომეტრიულ კანცეროგენეზში. სტრომული ესტროგენის რეცეპტორ-ალფათი (ER α) გაშუალებულია ესტროგენის მიტოგენური ეფექტები. არსებული მტკიცებულებები ნათლად აჩვენებს ესტროგენის როლს ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიაში. პოსტმენოპაუზურ ქალებში, მიუხედავად დაბალი რაოდენობით მოცირკულაციე ესტროგენის არსებობისა, ნაჩვენებია, რომ სტრომულ და სიმსივნის ეპითელურ უჯრედების

შორის ურთიერთქმედების შედეგად იზრდება არომატაზის აქტივობა და ესტროგენის ბიოსინთეზი. პოზიტიური უკუკავშირი არომატაზას ინტერლეიკინ-6 და in situ ესტროგენს შორის ინარჩუნებს ესტროგენის მაღალ დონეს ენდომეტრიული კარცინომის მიკროგარემოში. ექსპერიმენტებით ნაჩვენებია, რომ ესტროგენის ალფა რეცეპტორი უკავშირდება და იწვევს ინტერლეიკინ-6-ის დონის მომატებას ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედებში NF-KB სასიგნალო გზის აქტივაციით. ინტერლეიკინ-6 ამის შემდგომ ასტიმულირებს არომატაზას ეხპრესიას ენდომეტრიულ სტომულ უჯრედებში, ინტერლეიკინ-6-ის რეცეპტორთან ურთიერთქმედებით. არომატაზას გაზრდილი ექსპრესია განაპირობებს უფრო მეტი ესტროგენის სინთეზს, რომელიც თავის მხრივ ხელს უწყობს ენდომეტრიული ჰიპერპლაზიისა და საბოლოოდ კარცინომის განვითარებას.

ბოლო წლების მანძილზე აღინიშნება მნიშვნელოვანი პროგრესი ავთვისებიანი პროცესის განვითარების პროცესში იმუნური სისტემის როლის შესწავლაში. სიმსივნის მაინფილტრირებელი მონონუკლეური უჯრედები შედგება T ლიმფოციტებისგან (დამხმარე და სუპრესორული/ციტოტოქსიკური), ბუნებრივი NK მკვლელი უჯრედებისგან, B ლიმფოციტებისგან და მაკროფაგებისგან, რაც მიუთითებს აქტიური იმუნური პასუხის არსებობაზე მასპინძელ ორგანიზმში, რომელიც შესაძლოა მიმართული იყოს სიმსივნური უჯრედების წინააღმდეგ[31], [32].

სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების არსებობა სიმსივნის მიკროგარემოში ითვლება სიმსივნის წინააღმდეგ მასპინძელი ორგანიზმის საპასუხო რეაქციის ბიომარკერად. T უჯრედები და მაკროფაგები შეადგენს სიმსივნის მაინფილტრირებელი უჯრედების უმეტესობას ეპითელურ სიმსივნეებში. ფენოტიპზე და ფუნქციაზე დამოკიდებულებით, T უჯრედები შესაძლებელია მოქმედებდნენ როგორც სიმსივნური უჯრედების დესტრუქციის მედიატორები, ან პირიქით იმუნური ტოლერანტობის მაინდუცირებლები. მაკროფაგები შესაძლოა ასევე თამაშობდნენ უფრო კომპლექსურ როლს სიმსივნის პროგრესიასა და მეტასტაზირებაში[32], [33].

შესწავლილი იქნა სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების როლი ენდომეტრიულ კარცინომაში ნაჩვენებია, რომ სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტები ასოცირდება მიკროსატელიტურ არასტაბილურობასთან, B7-H7 მემბრანული პროტეინის ექსპრესიასთან, რომელიც ნეგატიურად არეგულირებს T უჯრედულ პასუხს და იდოლამინ-2,3-დიოქსიგენაზის – ტრიფტოპანის ნაკლებობაზე პასუხისმგებელი ენზიმის ექსპრესიასთან. ასევე ნაჩვენებია ურთიერთსაწინააღმდეგო შედეგები სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების როლზე ენდომეტრიული კარცინომის პროგნოზში. ეს კონფლიქტური შედეგები ძირითადად განპირობებულია სხვადასხვა ტიპის და რაოდენობის პაციენტების შესწავლით, მეთოდოლოგიური სხვაობით და ასევე სხვაობით შესწავლილ ლიმფოციტების პოპულაციაში. ერთ-ერთ ადრეულ კვლევაში დიდი რაოდენობით ინტრაეპითელური CD8+ სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტები სიმსივნის ინვაზიურ კიდეზე წარმოადგენდა პაციენტთა

უკეთესი გადარჩენადობის დამოუკიდებელ პრედიქტულ ფაქტორს. მაღალი რაოდენობით CD8+ ლიმფოციტების ასოციაცია ხანგრძლივ რეციდივის განვითარების დროსთან და გაუმჯობესებულ სიცოცხლისუნარიანობასთან ასევე აღწერილი იქნა ენდომეტრიული კარცინომის მქონე პაციენტში. ასევე ნაჩვენებია პოზიტიური კავშირი მეხსიერების (CD45RO+) T უჯრედებსა და პაციენტთა გადარჩენადობას შორის. ზოგიერთი კვლევებით ასევე შესწავლილია (FOXP3)+CD4+ T უჯრედები და გამოვლენილია ამ უჯრედების სარწმუნო ასოციაცია პროგრესისგან თავისუფალ გადარჩენადობასთან და საერთო გადარჩენადობასთან ენდომეტრიული კარცინომის მქონე პაციენტებში[33]. თუმცა ერთ-ერთი კვლევით (FOXP3)+CD4+ T უჯრედები არ ასოცირდებიან პაციენტების პროგნოზთან. (FOXP3)+CD4+ T უჯრედების არსებობა ასევე კავშირშია სხვა კლინიკოპათოლოგიურ მახასიათებლებთან, როგორებიცაა სისხლძარღვების მაღალი სიმკვრივე, სტადია, დიფერენციაცია და ლიმფოვასკულური ინვაზია. განსხვავებით სხვა გინეკოლოგიური სიმსივნეებისგან, მონაცემები სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების შესახებ ენდომეტრიულ კარცინომაში შეზღუდულია. ერთ-ერთ ბოლოდროინდელ კვლევაში ნაჩვენებია CD3+ ლიმფოციტების შემცირებული რაოდენობა მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის სიმსივნეებში. მიუხედავად იმისა, რომ არ გამოვლინდა კავშირი სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების არსებობასა და პროგნოზს შორის მთლიანი პაციენტების ჯგუფში, ნანახი იქნა რომ CD3+ და CD20+ ლიმფოციტები ასოცირდება პაციენტთა კარგ გადარჩენადობასთან ადრეული სტადიის, მაგრამ მაღალი რისკის სიმსივნეებში[32].

მაკროფაგები წარმოადგენენ ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან სტრომულ კომპონენტს, რადგან ისინი ასეკრეტირებენ სხვადასხვა სახის ზრდის ფაქტორებს, ციტოკინებს და ქემოკინებს, რომლებიც ხელს უწყობენ სიმსივნის ზრდას და ინვაზიას. ფენოტიპურ ვარიაციაზე დამოკიდებულებით მაკროფაგებს აქვთ ორმაგი როლი სიმსივნის პროგრესიის პროცესში. ისინი ან ხელს უწყობენ, ან პირიქით ხელს უშლიან სიმსივნის პროგრესიას. ჩვეულებრივ მაკროფაგები გვხვდება ორი ძირითადი ფენოტიპით M1 და M2[34]–[36]. M1 მაკროფაგებს გააჩნიათ ციტოტოქსიკური პოტენციალი და ითვლებიან ანტისიმსივნურ მაკროფაგებად, ხოლო M2 მაკროფაგებს კი, რომლებიც ასოცირდებიან ჭრილობის შეხორცებასთან და ქსოვილის რეპარაციასთან, გააჩნიათ სიმსივნის მაინცირებელი პოტენციალი. ნაჩვენებია სიმსივნესთან ასოცირებული მაკროფაგების მნიშვნელოვანი როლი ენდომეტრიული კარცინომის ზრდასა და პროგრესიაში[35]. ენდომეტრიულ კარცინომებში აღინიშნება მაკროფაგების უფრო ჭარბი ინფილტრაცია ნორმალურ ენდომეტრიუმთან შედარებით. ასევე, მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტროიდული კარცინომები ან II ტიპის კარცინომები მიომეტრიული ინვაზიით, ხასიათდებიან უფრო ჭარბი მაკროფაგული ინფილტრაციით ვიდრე I ტიპის ენდომეტროიდული ადენოკარცინომები მიომეტრიული ინვაზიის გარეშე. ენდომეტრიუმის კარცინომის უჯრედების მიერ წარმოქმნილი ქემოატრაქტანტები, როგორებიცაა კოლონიის მასტიმულირებელი ფაქტორი და CC ქემოკინები, ხელს უწყობს მაკროფაგების ონკოგენურ ინფილტრაციას სისხლძარღვების გავლით. უფრო მეტიც იმუნოპისტოქიმიური ანალიზით

ნაჩვენებია სამი ტიპის მაკროფაგული პასუხის მარკერის (CD163, FCGR2A, და FCGR3A) არსებობა ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედებში. ასევე ნაჩვენებია, რომ კოლონია მასტიმულირებელი ფაქტორი ენდომეტრიული კარცინომის უჯრედებზე ხელს უწყობს მონონუკლეური მაკროფაგებით ინფილტრაციას. სიმსივნეში მოზიდული მაკროფაგების გარდა, ენდომეტრიუმის რეზიდენტი მაკროფაგებიც ასევე აადვილებენ ენდომეტრიული კარცინომის პროგრესიას. მაკროფაგები განთავსდებიან საშვილოსნოს პერინეკროზულ და პერივასკულურ უბნებში და ხელს უწყობენ ენდომეტრიულ კანცეროგენეზს ანთებითი ციტოკინების ექსპრესიით, როგორებიცაა სიმსივნის ნეკროზის ფაქტორი ალფა, ინტერლეიკინ-1 ბეტა, ინტერლეიკინ-6 და ჟანგბადის თავისუფალი რადიკალები. ინტერლეიკინ-1-ბეტა სასიგნალო გზა აქტიურდება ინტერლეიკინ-1-ბეტა რეცეპტორის მიერ ენდომეტრიული კარცინომის ზედაპირზე. სიმსივნესთან ასოცირებული მაკროფაგების დაგროვება ნეკროზის უბნებში ხასიათდება მიკროგარემოს დაბალი ოქსიგენაციით ჰიპოქსიური მიკროგარემოთი რაც თავის მხრივ კიდევ უფრო მეტად ააქტიურებს ანგიოგენეზს. ამგვარად სიმსივნესთან ასოცირებულ მაკროფაგებს გააჩნიათ პოტენციალი რომ ხელი შეუწყონ ენდომეტრიულ კარცინოგენეზს ციტოკინების, ჟანგბადის რეაქტიული რადიკალების წარმოქმნით და ჰიპოქსიური მიკროგარემოს ჩამოყალიბებით.

მცირე ინფორმაცია არსებობს ენდომეტრიულ კარცინომაში მაკროფაგების პროგნოზული როლის შესახებ. ერთ ერთ კვლევაში ნაჩვენებია, რომ CD68+ მაკროფაგები კარცინომის ინვაზიურ ნაწილში ასოცირდებიან სიმსივნის ავთვისებიანობის ხარისხთან, სტადიასთან, მიომეტრიულ ინვაზიასთან, ლიმფური კვანძების მეტასტაზებთან და ლიმფოვასკულურ ინვაზიასთან[35].

შესაბამისად ენდომეტრიული კარცინომის მიკროგარემოს, მისი ცალკეული კომპონენტების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სიმსივნის წარმოშობის, პროგრესიისა და პროგნოზის განსაზღვრაში.

გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] P. Morice, A. Leary, C. Creutzberg, N. Abu-Rustum, and E. Darai, “Endometrial cancer,” *The Lancet*, vol. 387, no. 10023, pp. 1094–1108, Mar. 2016, doi: 10.1016/S0140-6736(15)00130-0.
- [2] R. L. Siegel, K. D. Miller, and A. Jemal, “Cancer statistics, 2019,” *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, vol. 69, no. 1, pp. 7–34, Jan. 2019, doi: 10.3322/CAAC.21551.
- [3] F. Bray, J. Ferlay, I. Soerjomataram, R. L. Siegel, L. A. Torre, and A. Jemal, “Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries,” *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, vol. 68, no. 6, pp. 394–424, Nov. 2018, doi: 10.3322/CAAC.21492.
- [4] G. D. Constantine, G. Kessler, S. Graham, and S. R. Goldstein, “Increased Incidence of Endometrial Cancer Following the Women’s Health Initiative: An Assessment of Risk Factors”, doi: 10.1089/jwh.2018.6956.
- [5] F. Guo, L. Levine, and A. Berenson, “Trends in the incidence of endometrial cancer among young women in the United States, 2001 to 2017.,” *Journal of Clinical Oncology*, vol. 39, no. 15_suppl, pp. 5578–5578, May 2021, doi: 10.1200/JCO.2021.39.15_SUPPL.5578.
- [6] “Rising Incidence of Endometrial Cancer Linked to Obesity in Younger Women - Cancer Therapy Advisor.” <https://www.cancertherapyadvisor.com/home/news/conference-coverage/asco-2021/endometrial-cancer-obesity-younger-women-rising-incidence-risk/> (accessed Mar. 07, 2022).
- [7] F. J. A. Gujam, D. C. McMillan, Z. M. A. Mohammed, J. Edwards, and J. J. Going, “The relationship between tumour budding, the tumour microenvironment and survival in patients with invasive ductal breast cancer,” *British Journal of Cancer*, vol. 113, no. 7, pp. 1066–1074, Sep. 2015, doi: 10.1038/BJC.2015.287.
- [8] S. Rousset-Rouviere *et al.*, “Endometrial Carcinoma: Immune Microenvironment and Emerging Treatments in Immuno-Oncology,” *Biomedicines*, vol. 9, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/BIOMEDICINES9060632.
- [9] S. Labiano, A. Palazon, and I. Melero, “Immune response regulation in the tumor microenvironment by hypoxia,” *Seminars in Oncology*, vol. 42, no. 3, pp. 378–386, Jun. 2015, doi: 10.1053/J.SEMINONCOL.2015.02.009.
- [10] D. Ribatti, G. Mangialardi, and A. Vacca, “Stephen Paget and the ‘seed and soil’ theory of metastatic dissemination,” *Clinical and experimental medicine*, vol. 6, no. 4, pp. 145–149, Dec. 2006, doi: 10.1007/S10238-006-0117-4.

- [11] I. Pastushenko and C. Blanpain, “EMT Transition States during Tumor Progression and Metastasis,” *Trends in Cell Biology*, vol. 29, no. 3, pp. 212–226, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.TCB.2018.12.001.
- [12] S. Fulda, “Targeting Apoptosis Signaling Pathways for Anticancer Therapy,” *Frontiers in Oncology*, vol. 1, no. AUG, 2011, doi: 10.3389/FONC.2011.00023.
- [13] A. Markowska, M. Pawałowska, J. Lubin, and J. Markowska, “Signalling pathways in endometrial cancer,” *Współczesna Onkologia*, vol. 18, no. 3, pp. 143–148, 2014, doi: 10.5114/WO.2014.43154.
- [14] E. Coll-De La Rubia, E. Martinez-Garcia, G. Dittmar, A. Gil-Moreno, S. Cabrera, and E. Colas, “Clinical Medicine Prognostic Biomarkers in Endometrial Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis”, doi: 10.3390/jcm9061900.
- [15] H. Taghizadeh *et al.*, “22P Hepatocyte growth factor (HGF) and c-Met expression in metastatic endometrial cancer,” *Annals of Oncology*, vol. 32, p. S1352, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.ANNONC.2021.08.2018.
- [16] X. Shi, J. Wang, Y. Lei, C. Cong, D. Tan, and X. Zhou, “Research progress on the PI3K/AKT signaling pathway in gynecological cancer (Review),” *Molecular Medicine Reports*, vol. 19, no. 6, pp. 4529–4535, Jun. 2019, doi: 10.3892/MMR.2019.10121/HTML.
- [17] Q. Ping *et al.*, “Cancer-associated fibroblasts: overview, progress, challenges, and directions,” *Cancer Gene Therapy 2021 28:9*, vol. 28, no. 9, pp. 984–999, Mar. 2021, doi: 10.1038/s41417-021-00318-4.
- [18] D. Zhao, X. ping Li, M. Gao, C. Zhao, J. liu Wang, and L. hui Wei, “Stromal cell-derived factor 1alpha stimulates human endometrial carcinoma cell growth through the activation of both extracellular signal-regulated kinase 1/2 and Akt,” *Gynecologic oncology*, vol. 103, no. 3, pp. 932–937, Dec. 2006, doi: 10.1016/J.YGYNO.2006.05.045.
- [19] X. Tang, “Tumor-associated macrophages as potential diagnostic and prognostic biomarkers in breast cancer,” *Cancer Letters*, vol. 332, no. 1, pp. 3–10, May 2013, doi: 10.1016/j.canlet.2013.01.024.
- [20] X. F. Jiang *et al.*, “Tumor-associated macrophages correlate with progesterone receptor loss in endometrial endometrioid adenocarcinoma,” *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, vol. 39, no. 4, pp. 855–863, Apr. 2013, doi: 10.1111/j.1447-0756.2012.02036.x.
- [21] J. Liu *et al.*, “Association of tumour-associated macrophages with cancer cell EMT, invasion, and metastasis of Kazakh oesophageal squamous cell cancer,” *Diagnostic Pathology*, vol. 14, no. 1, Jun. 2019, doi: 10.1186/s13000-019-0834-0.

- [22] C. Casas-Arozamena and M. Abal, “Endometrial Tumour Microenvironment,” *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 1296, pp. 215–225, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-59038-3_13.
- [23] X. Yang *et al.*, “Increased expression of human macrophage metalloelastase (MMP-12) is associated with the invasion of endometrial adenocarcinoma,” *Pathology Research and Practice*, vol. 203, no. 7, pp. 499–505, Aug. 2007, doi: 10.1016/j.prp.2007.03.008.
- [24] G. D’Andrilli, A. Bovicelli, M. G. Paggi, and A. Giordano, “New insights in endometrial carcinogenesis,” *Journal of Cellular Physiology*, vol. 227, no. 7, pp. 2842–2846, Jul. 2012, doi: 10.1002/jcp.24016.
- [25] “Addressing activation of WNT beta-catenin pathway in diverse landscape of endometrial carcinogenesis - PubMed.” <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34956444/> (accessed Mar. 07, 2022).
- [26] D. Pradip, A. Jennifer, and D. Nandini, “Cancer-associated fibroblasts in conversation with tumor cells in endometrial cancers: A partner in crime,” *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 17, Sep. 2021, doi: 10.3390/ijms22179121.
- [27] C. M. Contreras *et al.*, “Loss of Lkb1 provokes highly invasive endometrial adenocarcinomas,” *Cancer Research*, vol. 68, no. 3, pp. 759–766, Feb. 2008, doi: 10.1158/0008-5472.CAN-07-5014.
- [28] C. M. Contreras *et al.*, “Lkb1 inactivation is sufficient to drive endometrial cancers that are aggressive yet highly responsive to mTOR inhibitor monotherapy,” *DMM Disease Models and Mechanisms*, vol. 3, no. 3–4, pp. 181–193, Mar. 2010, doi: 10.1242/dmm.004440.
- [29] C. G. Peña *et al.*, “LKB1 loss promotes endometrial cancer progression via CCL2-dependent macrophage recruitment,” *The Journal of clinical investigation*, vol. 125, no. 11, pp. 4063–4076, Nov. 2015, doi: 10.1172/JCI82152.
- [30] H. Cheng *et al.*, “A genetic mouse model of invasive endometrial cancer driven by concurrent loss of pten and Lkb1 is highly responsive to mTOR inhibition,” *Cancer Research*, vol. 74, no. 1, pp. 15–23, Jan. 2014, doi: 10.1158/0008-5472.CAN-13-0544.
- [31] K. van de Vijver, “Evaluation of Tumor Infiltrating Lymphocytes (TILs) in Endometrial Carcinoma Guidelines for TILs assessment from the ‘International Immunology Oncology Biomarker Working Group’”.
- [32] M. Tomšová, B. Melichar, I. Sedláková, and I. Šteiner, “Prognostic significance of CD3+ tumor-infiltrating lymphocytes in ovarian carcinoma,” *Gynecologic oncology*, vol. 108, no. 2, pp. 415–420, Feb. 2008, doi: 10.1016/j.ygyno.2007.10.016.

- [33] W. Yamagami *et al.*, “Immunofluorescence-detected infiltration of CD4+FOXP3+ regulatory T cells is relevant to the prognosis of patients with endometrial cancer.” *International journal of gynecological cancer : official journal of the International Gynecological Cancer Society*, vol. 21, no. 9, pp. 1628–1634, Dec. 2011, doi: 10.1097/igc.0b013e31822c271f.
- [34] X. Yang *et al.*, “Increased expression of human macrophage metalloelastase (MMP-12) is associated with the invasion of endometrial adenocarcinoma,” *Pathology Research and Practice*, vol. 203, no. 7, pp. 499–505, Aug. 2007, doi: 10.1016/j.prp.2007.03.008.
- [35] X. F. Jiang *et al.*, “Tumor-associated macrophages correlate with progesterone receptor loss in endometrial endometrioid adenocarcinoma,” *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, vol. 39, no. 4, pp. 855–863, Apr. 2013, doi: 10.1111/j.1447-0756.2012.02036.x.
- [36] E. C. Dun, K. Hanley, F. Wieser, S. Bohman, J. Yu, and R. N. Taylor, “Infiltration of tumor-associated macrophages is increased in the epithelial and stromal compartments of endometrial carcinomas,” *International journal of gynecological pathology : official journal of the International Society of Gynecological Pathologists*, vol. 32, no. 6, pp. 576–584, Nov. 2013, doi: 10.1097/PGP.0B013E318284E198.

Features of the endometrial microenvironment in developing of endometrioid adenocarcinoma

Critical Review

P. Djordjoliani; Z.Bokhua, G.Burkadze

Tbilisi State Medical University

Abstract

Endometrial Carcinoma is the most common gynaecological malignancy in the female population and is considered as incidentally the second gynaecological malignancy worldwide. Based on 2018 data more than 380 000 new cases were diagnosed worldwide and almost 90 000 of them had a lethal outcome. Interaction between cancer cells and their microenvironment regulates cancer progression in multiple types of cancer. It has great value in developing endometrial cancer and its progression respectively. There is no sufficient research data about the consequences and mechanisms which are participating in endometrial cancer progression and what determines its aggressive behaviour. Molecular signals derived from stromal cells and/or extracellular matrix plays a crucial role in malignancy. The cancer microenvironment is composed of cellular components and noncellular components (extracellular matrix) as well. Cancer cell invasion and metastasizing are some of the leading reasons why endometrial cancer is hardly sensitive to the treatment and has worse overall prognoses. Identification of Signaling pathways of the local microenvironment and peptides synthesized by stromal cells has a critical role in the modification of potentially significant biomarkers for endometrial cancer metastases and high-grade malignancy. In consideration of all of the mentioned microenvironment of endometrial cancer and its single components needs deeper examination while it has a critical value in understanding cancer aetiology, progression and its prognoses.

Keywords: *Endometrial Carcinoma; Cancer microenvironment; Biomarkers of Cancer Progression and Metastasize*



პრობიოტიკული თვისებების პროდუქტების გავლენა საექსპერიმენტო ცხოველების ფუნქციურ მაჩვენებლებზე

დ. თავდიდიშვილი, მ. ფხაკაძე, რ. საკანდელიძე, ნ. ლაჭავა
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო

ანოტაცია

ხორცის დაკეპილი ნაწარმისთვის პრობიოტიკული თვისებების მინიჭების მიზნით დასაბუთებულია რეცეპტურებში საკვები ბოჭკოების, ლაქტულოზის, მწვანე ჩაის ექსტრაქტის და მინერალური წყალი ლუგელას შემცველი კომპლექსური დანამატების გამოყენების მიზანშეწონილობა.

ახალი ნაწარმის რეცეპტურები შემუშავებულია კომპიუტერული მოდელირების მეთოდით. შემუშავებული ნაწარმის მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების გამოკვლევა მიუთითებს მათ უსაფრთხოებაზე.

საექსპერიმენტო ცხოველებზე ჩატარებული კვლევებით დადგენილია, რომ პრობიოტიკული დანამატებით გამდიდრებული ნაწარმი ვირთაგვების სისხლში ზრდის ერთროციტების და შესაბამისად, ჰემოგლობინის რაოდენობას, აუმჯობესებს სისხლის პლაზმის ცილოვან შემადგენლობას, ასევე დადებით გავლენას ახდენს ცხოველების საჭმლის მონელების სისტემაზე, არ იწვევს შინაგანი ორგანოების დესტრუქციას და ქცევითი მდგომარეობის ცვლილებებს.

მიღებული მონაცემები დამუშავდა მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდის IBM SPSS Statistics კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ხორცის პროდუქტები, პრობიოტიკური ინგრედიენტები, უსაფრთხოება, საექსპერიმენტო ცხოველები, ჰემატოლოგიური მაჩვენებლები, ფუნქციური ცვლილებები

შესავალი

კვება ადამიანის ნორმალური განვითარების, ჯანმრთელობის განმტკიცების და საბოლოო ჯამში, პროგრესისა და ცხოვრების ხარისხის გადამწყვეტი პირობაა.

ბოლო წლებში მოსახლეობის კვების სტრუქტურა არსებითად შეიცვალა. ცხოვრების ნაკლებად მოძრავი წესის და მასთან დაკავშირებული მცირე ენერგეტიკული დანახარჯების ფონზე გაიზარდა ცხოველური ცხიმების და ადვილად შესათვისებელი ნახშირწყლების მოხმარება, აღინიშნება ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავებისა და ქოლესტერინის მაღალი ხვედრითი წილი, კვების რაციონში სეზონის მიუხადავად გამოვლინდა ვიტამინების, მიკრო- და მაკროელემენტების მკვეთრი დეფიციტი. აღნიშნული გადახრები იწვევს იმუნური სტატუსის დარღვევას, ორგანიზმის რეზისტენტობის დაქვეითებას ინფექციებისა და გარემო არეს სხვა უარყოფითი ფაქტორების მიმართ.

კვების ხარისხის ამადლების, ესენციალური ნუტრიენტების დეფიციტის კორექტირების, დაავადებათა პროფილაქტიკის და ჯანმრთელობის განმტკიცების პერსპექტიულ ინოვაციურ მიმართულებად გვესახება ყოველდღიური საკვები პროდუქტების გამდიდრება ისეთი ბიოლოგიურად აქტიური ინგრედიენტებით, რომლებიც მიაწვდიან მათ ფუნქციური პროდუქტის თვისებებს [1, 2, 3, 4, 5, 6].

ამ საკითხების გადაწყვეტის ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა ადამიანის ორგანიზმში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მიწოდების პროცესის მართვა საკვების გამდიდრებით მათი წარმოების პროცესში. კერძოდ, სხვადასხვა წარმომავლობის ხორცის დაკვიპილი ნახევარფაბრიკატების რეცეპტურებში ისეთი არატრადიციული ნედლეულის გამოყენებით რომლებსაც გააჩნია გარკვეული ფიზიოლოგიური და ბიომაკორექტირებელი მოქმედება. ეს შეიძლება იყოს მცენარეული ნედლეული ცილის და საკვები ბოჭკოების მაღალი შემცველობითი, იოდით მდიდარი წყალმცენარეები და ბიოაქტიური მოქმედების აპი- და ფიტომცენარეები [7, 8, 9, 10, 11].

დღეისთვის მეტად აქტუალურია საჭმლის მონელების სხვადასხვა ფუნქციების დარღვევების მკურნალობის საკითხები, რაც განპირობებულია კუჭ-ნაწლავის დაავადებების მნიშვნელოვანი გავრცელებით და მედიკამენტური პრეპარატებით მათი მკურნალობის სიმძნელებით. ასეთი დაავადებების დროს და მათი ანტიბიოტიკებით ხანგრძლივი მკურნალობისას, სასარგებლო მიკროფლორის რაოდენობა მკვეთრად მცირდება და იწვევს ნაწლავების ბუნებრივ ბიოცენოზს. ამ პრობლემის გადაწყვეტას დიდწილად ხელს შეუწყობს საკვებში პრობიოტიკებისა და პრებიოტიკების ფართო გამოყენება. დადგენილია, რომ პრობიოტიკები და პრებიოტიკები, წარმოადგენენ რა ნაწლავების ნორმალური მიკროფლორის მიკროორგანიზმებს და უზრუნველყოფენ მისი ზრდისა და განვითარების ოპტიმალურ პირობებს, დადებით გავლენას ახდენენ ადამიანის ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. ამ მხრივ პერსპექტიული და გამართლე-ბული მიმართულებაა ისეთი ფუნქციური პროდუქტების წარმოება, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება ცხოველური და მცენარეული

პროდუქტების ურთიერთგამდირების ეფექტი, რის შედეგადაც ისინი შეიძენს ორგანიზმისათვის სასარგებლო, მათ შორის პრობიოტიკურ თვისებებს [20, 21, 22, 23, 24, 25].

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა პრობიოტიკური თვისებების მქონე ბოცვრის ხორცის ნაწარმის გავლენის შესწავლა მათ უსაფრთხოებაზე, საექსპერიმენტო ცხოველების ჰემატოლოგიურ და ფუნქციურ მაჩვენებლებზე

კვლევის ობიექტები და მეთოდები

კვლევები ჩატარდა აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საკვები პროდუქტების წარმოების ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ტექნოლოგიურ და ბიოლოგიის დეპარტამენტის ფიზიოლოგიის ლაბორატორიაში.

კვლევის ობიექტებად არჩეული იყო: ტრადიციული რეცეპტურით დამზადებული ბოცვრის ხორცის დაკეპილი ნატურალური ნახევარფაბრიკატები და მზა ნაწარმი; ჩვენს მიერ შემუშავებული რეცეპტურებითა და ტექნოლოგიით დამზადებული მოდელური ნახევარფაბრიკატები და მზა ნაწარმი პრობიოტიკური მოქმედების კომპლექსური დანამატებით [8]; საექსპერიმენტო ცხოველები

სამუშაოს შესრულებისას გამოყენებული იყო ტექნოლოგიური და მედიკო-ბიოლოგიური კვლევის თანამედროვე, სტანდარტული, საყოველთაოდ მიღებული მეთოდები, რომლებიც შეესაბამება დასახული ამოცანების გადაწყვეტას.

რეცეპტურული კომპოზიციების პროექტირებას ვაწარმოებდით კომპიუტერული მოდელირების მეთოდით.

შემუშავებული ნაწარმის უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული მიკრობიოლოგიური ანალიზის დროს მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობას ნიმუშებში ვსაზღვრავდით *ГОСТ 10444.15-94*-ით „საკვები პროდუქტები. მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდები“; ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის ბაქტერიების რაოდენობას ვსაზღვრავდით *ГОСТ P 50454-92*-ით „ხორცი და ხორცპროდუქტები. სავარაუდო კოლიფორმული ბაქტერიების და *Escherichia coli* აღმოჩენა და აღრიცხვა“; სალმონელას რაოდენობას - *ГОСТ P 50455-92*-ით „ხორცი და ხორცპროდუქტები. სალმონელას აღმოჩენა“.

ნაწარმის მედიკო-ბიოლოგიურ შეფასებას ვაწარმოებდით ექსპერიმენტული მეთოდებით თეთრ ლაბორატორიულ მამრ ვირთაგვებზე. ერთროციტებისა და ლეიკოციტების რაოდენობას ვსაზღვრავდით გორიავის კამერის საშუალებით; საერთო ცილას სისხლის შრატში - *IRF-22* რეფრაქტომეტრის გამოყენებით; ჰისტოლოგიურ გამოკვლევებს - *ГОСТ P 51604-2000*-ით „ხორცი და ხორცპროდუქტები. შედგენილობის ჰისტოლოგიური იდენტიფიკაციის მეთოდი“ კუჭნაწლავის ტრაქტის ორგანოების ჰისტოლოგიური სტრუქტურის შესასწავლად ჰისტოპრეპარატების მიკროსკოპული გამოკვლევისათვის ვიყენებდით *MBI-1* მიკროსკოპს

(ოკულატორის გადიდება 7x, ობიექტივის - 40x), ლორწოვანი გარსის სისქეს ვსაზღვრავდით ოკულარ-მიკრომეტრის MOB-1-10-ის საშუალებით.

შედეგები და ანალიზი

პრობიოტიკური თვისებების პროდუქტების რეცეპტურების და ტექნოლოგიის პროექტირებისას ვხელმძღვანელობდით ჯანსაღი კვების თეორიის პრინციპებით. ნაწარმის მაქსიმალური ეფექტურობის უზრუნველყოფისათვის ბიომაკორექტირე-ბელი მოქმედების პროდუქტების შერჩევასთან ერთად ვითვალისწინებდით მათ ურთიერთშეთავსებადობას და ცალკეული ინგრედიენტების დადებით სამკურნალო-პროფილაქტიკურ თვისებებს.

რეცეპტურების ძირითადი ინგრედიენტებია:

ნიმუში I - ბოცვრის ხორცის ფარში, მინერალური წყალი, სანელებლები, ჯანჯაფილი და ფუნქციური კომპლექსური დანამატი, რომლის კომპონენტებია სელის ფხვნილი და ლაქტულოზა.

ნიმუში 2 - ბოცვრის ხორცის ფარში, მწვანე ჩაის ექსტრაქტი, სანელებლები და ფუნქციური კომპლექსური დანამატი, რომლის კომპონენტებია შვრიის ქატო, ტოპინამბურის ფხვნილი და ლაქტულოზა.

ინგრედიენტების ასეთი ნაკრები განპირობებულია ორგანიზმზე მათი ფიზიოლოგიური ზემოქმედების სპექტრით (მათ შორის პრობიოტიკული მოქმედების) და ორგანოლექტიკური თვისებებით.

კერძოდ, შვრიის ქატო და სელი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს საკვებ ბოჭკოებს, რომლებიც ამცირებს ქოლესტერინის დონეს, აადვილებს საკვების მონელებას, აუმჯობესებს ნაწლავების პერისტალტიკას და უზრუნველყოფს ორგანიზმის დროულ დეტოქსიკაციას; ტოპინამბური გამოირჩევა ინსულინის, ვიტამინების, მინერალური ნივთიერებებისა და საკვები ბოჭკოების შემცველობით;

ლაქტულოზას გააჩნია პრობიოტიკული მოქმედება. ლაქტულოზა ანიჭებს რა ნაწარმს ბიფიდოგენურ თვისებებს, ასტიმულირებს სასარგებლო მიკროფლორის ცხოველქმედებას, ამცირებს სისხლში ქოლესტერინის შემცველობას და იცავს ორგანიზმს დიარეისაგან (ცდებისათვის ვიყენებდით ლაქტულოზას სიროფს, რომელშიც ლაქტულოზას მასური წილი შეადგენდა 1:2); მწვანე ჩაის ექსტრაქტი ცნობილია ანტიოქსიდანტური, ანტიკანცეროგენული, ანტიმიკრობული და კარდიოპროტექტორული მოქმედებით; მინერალური წყალი ლუგელა კალციუმის ქლორიდის ბუნებრივი 9,5%-იანი კონცენტრატია, რომელშიც CaCl_2 წარმოდგენილია იონიზირებული ფორმით (Ca^{2+} , Cl^-), რაც აადვილებს კალციუმის ბიომისაწვდომობას.

რეცეპტურული კომპოზიციების პროექტირებას ვაწარმოებდით კომპიუტერული მოდელირების მეთოდით.

ნაწარმის ტექნოლოგიების შედგენისას მათი ფუნქციური მიმართულების კონტროლისა და იდენტიფიცირებისათვის განსაზღვრული იყო კრიტიკული საკონტროლო წერტილები:

ფუნქციონალური ნედლეულის მომზადება და დოზირება, შეტანის სტადიები, რეცეპტურული კომპონენტების თანაბარი განაწილება, ტემპერატურული რეჟიმი.

რეცეპტურული ინგრედიენტების ოპტიმალური რაოდენობის დასადგენად გამოვიკვლიეთ კომპლექსური დანამატების გავლენა ბოცვრის ხორცის დაკეპილი ნაწარმის ფუნქციურ-ტექნოლოგიურ თვისებებზე და ხარისხის ორგანოლეპტიკურ მაჩვენებლებზე.

შემუშავებული ნაწარმის უსაფრთხოების დასადგენად შევისწავლეთ მისი მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები. ანალიზს ვატარებდით მეზოფილურ-აერობული და ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების (მაფამ), სალმონელების, ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის ბაქტერიების არსებობაზე (ნჩჯბ) (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. ბოცვრის ხორცის დაკეპილი ნაწარმის მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები

მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები	დასაშვები ნორმა	საცდელი ნიმუშები		
		კონტროლი	ნიმუში 1	ნიმუში 2
მაფამ რაოდენობა, კწე/გ, არა უმეტეს	5×10^6	1.8×10^3	2.6×10^3	2.9×10^3
ნჩჯბ (კოლიფორმები) 0.01 გ ნიმუშში	დაუშვებელია	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
ობი, კოლონიების წარმოქმნის ერთეული, კწე/გ, არა უმეტეს	500	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
პათოგენური მიკროორგანიზმები, მათ შორის <i>Salmonella</i> , 25 გ ნიმუშში	დაუშვებელია	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

ცხრილის მონაცემები მეტყველებს, რომ საკვლევ ნიმუშებში მეზოფილურ-აერობული და ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა იყო $2.6 \cdot 10^3$ -დან $3.2 \cdot 10^3$ კწე/გ-მდე ფარგლებში, რაც არ აღემატება სანიტარული ნორმებითა და წესებით დადგენილ მნიშვნელობას. ნაწლავის ჩხირების ჯგუფის (კოლიფორმის) ბაქტერიები არ აღმოჩნდა 0,01 გ ნიმუშში და შეესაბამებოდა მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების ჰიგიენურ მოთხოვნებს, ხოლო პათოგენური მიკროორგანიზმები, მათ შორის სალმონელები, არ გამოვლინდა 25 გ ნიმუშში, რაც ასევე შეესაბამებოდა მიკრობიოლოგიურ, უსაფრთხოების ნორმებს და მეტყველებს პროდუქტის უვნებლობაზე.

სამუშაოს შემდეგ ეტაპზე შევისწავლეთ, თუ რა გავლენას ახდენს შემუშავებული ნაწარმი საცდელი ცხოველების სისხლის ჰემატოლოგიურ მაჩვენებლებზე, რასაც ვსაზღვრავდით

შემდეგი პარამეტრების მიხედვით: 1 - სისხლის მორფოლოგიური მაჩვენებლები, 2 - სისხლის პლაზმის ბიოქიმიური მაჩვენებლები.

კვლევა ჩატარდა ცალ-ცალკე, შესაბამისად საექსპერიმენტო და საკონტროლო ცხოველებზე (ჯგუფში ცხოველთა რაოდენობა n=4). ექსპერიმენტით მიღებული მაჩვენებლების მიხედვით, თითოეული ჯგუფისათვის გამოგვყავდა საშუალო სტატისტიკური მონაცემი, ვანგარიშობდით ექსპერიმენტში მიღებული რიცხოვრივი მაჩვენებლების საშუალოს და ვადარებდით საკონტროლო ჯგუფის ცხოველთა მონაცემებს. ჰემატოლოგიური მაჩვენებლების გადახრების მიხედვით ვმსჯელობდით მოსალოდნელ ფუნქციურ დარღვევებზე.

საკონტროლო ნიმუშად აღებული იყო „ბოცვრის ხორცის ნატურალური ფარში“, რომლის ჰემატოლოგიური მაჩვენებლები თავდაპირველად შევადარეთ რეკომენდირებულ ნორმებს.

საექსპერიმენტო ცხოველების სისხლის მორფოლოგიური მაჩვენებლების კვლევის შედეგები ასახულია ცხრილში 2.

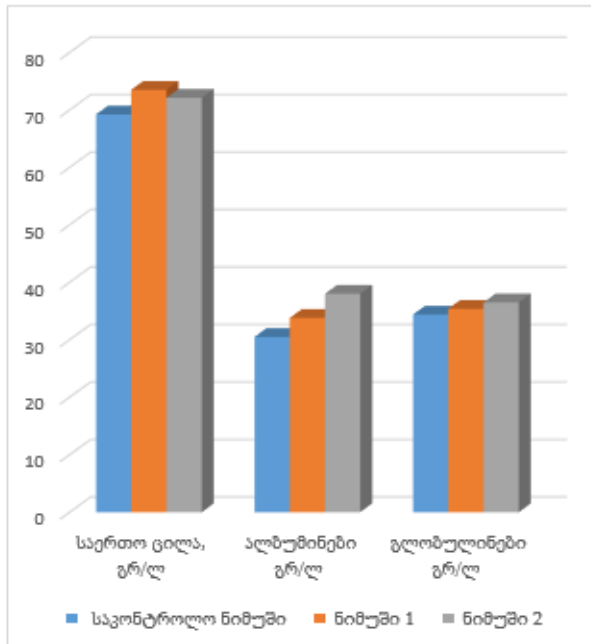
ცხრილი 2. საექსპერიმენტო ცხოველების სისხლის მორფოლოგიური მაჩვენებლები

სისხლის მაჩვენებლები	ნორმა	ნიმუშები		
		საკონტროლო	ნიმუში 1	ნიმუში 2
ერიტროციტების რაოდენობა (RBC) მილიონ/მკლ	7,2	8,5	9,08	9,4
ერიტროციტების საშუალო მოცულობა (MCV) 1მკმ ³	55,5	58,1	58,5	59,56
ჰემოგლობინის საერთო რაოდენობა გრ/ლ	132,2	134,1	136,82	142
ერიტროციტების ოსმოსური რეზისტენტობა	0,36	0,33	0,35	0,39
ლეიკოციტების რაოდენობა ათასი/მლ	11,57	11,78	11,39	11,26

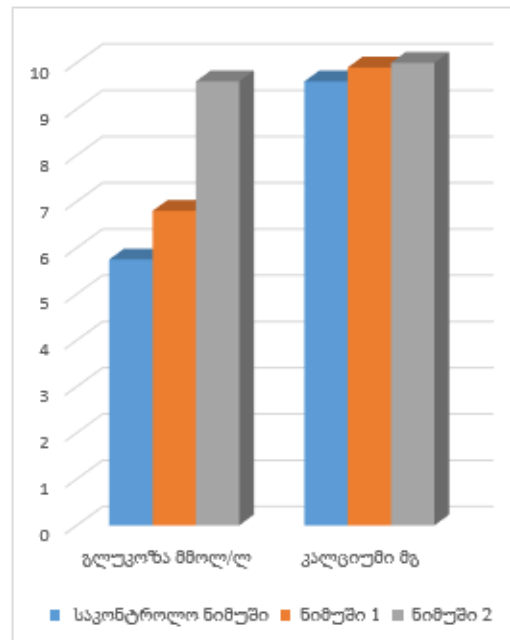
მიღებული მონაცემების ანალიზი მეტყველებს, რომ ბოცვრის ხორცის ახალი სახის ნაწარმმა საცდელი ცხოველების სისხლში გამოიწვია მორფოლოგიური შედგენილობის და პლაზმის ბიოქიმიური მაჩვენებლების მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება. კერძოდ, ჰემოგლობინის საერთო შემცველობა ნიმუშში 1 გაიზარდა 2.02 %-ით, ხოლო ნიმუშში 2 - 5.9 %-ით. შესაბამისად მომატებული აღმოჩნდა ერიტროციტების რაოდენობა 6,8 % – 11.1 %-ის ფარგლებში. ერიტროციტების რეზისტენტობის მხრივ გაუმჯობესება მოხდა 6.1 % - 8.2%-ით. ლეიკოციტების რაოდენობა მნიშვნელოვნად არ შეიცვალა, გამოვლინდა მისი სტაბილური მდგომარეობა, რომელიც მიუთითებს ჰემოპოეზის ჰომეოსტაზურ მდგრადობაზე, რაც მნიშვნელოვნად დადებითი მაჩვენებელია იმუნური სისტემის გაძლიერებისთვის.

სისხლის მორფოლოგიური მაჩვენებლების ასეთმა ცვლილებებმა გამოიწვია ორგანიზმის რიგი სასიცოცხლო პროცესების გააქტიურება, კერძოდ, გაძლიერდა ჰემოპოეზის პროცესი. აღნიშნული მონაცემები მიუთითებს, რომ სისხლის ფუნქციური მაჩვენებლები ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობის მიმართულებით საკმაოდ გაუმჯობესდა.

ახალი სახის ნაწარმით კვებამ საცდელი ცხოველების სისხლში, მორფოლოგიური შედგენილობის გაუმჯობესებასთან ერთად, დადებითი გავლენა მოახდინა პლაზმის ბიოქიმიურ მაჩვენებლებზე (ნახ. 1,2).



ნახ.1. საერთო ცილის, ალბუმინების და გლობულინების შემცველობა სისხლის პლაზმაში



ნახ. 2. გლუკოზის და კალციუმის შემცველობა სისხლის პლაზმაში

დიაგრამების ანალიზი გვაჩვენებს, რომ, გაუმჯობესდა პლაზმის ცილების რაოდენობა, მათ შორის საერთო ცილის და ალბუმინების შემცველობა ყველა საკვებ ნიმუშში გაიზარდა 4.2%- 4.5%-ის ფარგლებში. ასეთი ცვლილება პირველ რიგში აუმჯობესებს თვით პლაზმის ონკოზურ წნევას და განაპირობებს ალბუმინების მიერ ნივთიერებათა ტრანსპორტის ეფექტურობას.

აღნიშნული ნიმუშებით საცდელი ცხოველების კვებამ სისხლის პლაზმაში 2.9%-6.1%-მდე გაზარდა გლობულინების რაოდენობაც, რომელიც მონაწილეობს ანტისხეულების წარმოქმნაში და ასრულებს ე.წ. დამცველ ფუნქციას; ცვლილებები აღინიშნა გლუკოზისა და კალციუმის შემცველობაშიც.

ამრიგად, პრობიოტიკული დანამატებით გამდიდრებული ახალი სახის ნაწარმი სისხლში ზრდის ერთროციტების და შესაბამისად, ჰემოგლობინის რაოდენობას, ასევე აუმჯობესებს სისხლის პლაზმის ცილოვან შემადგენლობას, რაც განაპირობებს ორგანიზმში ნივთიერებათა ტრანსპორტს, იმუნური სისტემის გაძლიერებას და მეტაბოლიზმის გაუმჯობესებას.

ვირთაგვების კუჭნაწლავის ტრაქტის მორფომეტრულმა კვლევებმა გამოავლინა ორგანოების ლორწოვანი გარსის სისქის მომატება, რაც აიხსნება პრობიოტიკული დანამატების დადებითი მოქმედებით საჭმლის მომნელებელ სისტემაზე.

ვირთაგვებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების ბოლოს ცხოველების მასის მატება შეადგენდა: საკონტროლო ნიმუშში 33.5 %-ს, საცდელ ნიმუშებში - 40.5 %-ს (ნიმუში 1) და 43.1 %-ს (ნიმუში 2), რაც მეტყველებს, რომ კომპლექსური დანამატები ხელს უწყობს ნივთიერებათა ცვლის პროცესის ინტენსიურ მიმდინარეობას.

ექსპერიმენტების მსვლელობის პროცესში ვირთაგვების ქცევითი მდგომარეობა არ შეცვლილა. ისინი იყვნენ აქტიური, ბეწვის საფარი ჰქონდათ მბრწყინავი და დაწყობილი, კვლევის პერიოდში არც ერთი ვირთაგვა არ დაღუპულა.

კვლევებმა ასევე აჩვენა, რომ ახალი სახის ნაწარმის ნიმუშების საკვებად გამოყენებას ვირთაგვების ორგანიზმში არ გამოუწვევია შინაგანი ორგანოების დესტრუქცია, არ განვითარებულა პარენქიმატოზური უჯრედების დისტროფიული და სკლეროტოზული ცვლილებები.

ამრიგად, მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, ადგილი არა აქვს საექსპერი- მენტო ცხოველების ორგანიზმის ფუნქციურ, სტრუქტურულ და სომატომეტრულ მონაცემთა ცვლილებებს.

დასკვნები

ჯანსაღი კვების პრინციპების გათვალისწინებით შემუშავებულია პრობიოტიკული დანიშნულების ბოცვრის ხორცის ნაწარმის მიღების მეცნიერულად დასაბუთებული ტექნოლოგია და რეცეპტურები.

ახალი სახის ნაწარმის მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლების შესწავლა ადასტურებს მათ ჰიგიენურ უსაფრთხოებას.

შემოთავაზებული ნაწარმი დადებით გავლენას ახდენს საექსპერიმენტო ცხოველების სისხლის მორფოლოგიურ და სისხლის პლაზმის ბიოქიმიურ მაჩვენებლებზე, ასევე საჭმლის მონელების სისტემაზე, არ იწვევს შინაგანი ორგანოების დესტრუქციას და ქცევითი მდგომარეობის ცვლილებებს.

ლიტერატურა

1. The Role of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements in Intestinal Health. *Nutrients*. - 2010, 2(6) P.611-625
<https://doi.org/10.3390/nu2060611>
2. Functional Foods. The Connection Between Nutrition, Health, and Food Science. Edited By Leah Coles. Apple Academic Press. - 2021. 422 p. ISBN 9781774633168.
3. თავდიდიშვილი დ.რ., ხუციძე ც.ზ. ფუნქციონალური ინგრედიენტების გამოყენება კვების პროდუქტების წარმოებაში. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი.- 2011. ტ. 59, #3, გ. 114-115.
<https://gen.techinformi.ge/inf52.htm>
4. Decker E.A., Park Y. Healthier meat products as functional foods // *Meat Science*. 2010. Vol. 86. P. 4955. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.021>
5. Шендеров Б.А. 2001. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Россия : Пробиотики и функциональное питание. Издательство «Грант». 288
стр.<http://gastroportal.ru/php/content.php?id=111371>.
6. Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., Salminen, H. 2010. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Sci.*, vol. 86, p. 196-213. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.008>
7. Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications, Edited by: Charis M. Galanakis 2019. – P. 345-354. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00645-3>
8. Tavdidishvili, D., Khutsidze, T., Tsagareishvili, D., Mamrikishvili-Okreshidze, L. Studying the impact of non-traditional supplements on the quality of the minced rabbit meat products. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. - 2018. vol. 12, no. 1, P. 806-814. DOI:[10.5219/982](https://doi.org/10.5219/982)
9. Dodo Tavdidishvili, Tsira Khutsidze, Manana Pkhakadze, Aleko Kalandia, Maia Vanidze
THE EFFECT OF ANTIOXIDANTS ON THE QUALITY OF SEMI-FINISHED MINCED RABBIT MEAT. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2020. vol. 14, no. 1, P. 429-436. <https://doi.org/10.5219/1335>
10. Higdon J. V. and Frei B. 2003. “Tea Catechins and Polyphenols: Health Effects, Metabolism, and Antioxidant Functions,” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 43, no. 1, pp. 89-143. doi:10.1080/10408690390826464
11. Oomah B Dave, 2001. Flaxseed as a functional food source. *J. of the science of food and agriculture*. 81: p. 889-894. <https://doi.org/10.1002/jsfa.898>
12. Гришель, А. И., Кишкурно А. И. Пробиотики и их роль в современной медицине. *Вестн. фармации*. – 2009. – № 1 (43). – С. 1–4. <http://elib.vsmu.by/handle/123/7193>
13. J Novak · Probiotics and prebiotics for gastrointestinal infections. *Curr Infect Dis Rep*. – 2006. Mar;8(2):103-9. DOI: [10.1007/s11908-006-0005-9](https://doi.org/10.1007/s11908-006-0005-9)
14. S.Hempel, S.J.Newberry, A.R.Maher [e.a.] Probiotics for the prevention and treatment of antibiotic-associated diarrhea: a systematic review and meta-analysis probiotics for antibiotic-associated diarrhea.

The Journal of the American Medical Association. – 2012. – № 307(18) – P. 1959-1969.

DOI: [10.1001/jama.2012.3507](https://doi.org/10.1001/jama.2012.3507)

15. Шильман Л. З. , Фоменко О.С., Субботин И.Г. Влияние добавок пробиотического действия на органы пищеварения// Вавиловские чтения –2006: – Саратов, 2006. – с.173–174.
16. Григорьев П.Ю., Яковенко Е.П. Лактулоза в лечение заболеваний органов пищеварения Гастроэнтерологический журнал,- 2000.вып. 1, № 2. <http://medi.ru/doc/6700213.htm>
17. Храмова В.Н., Долгова В. А., Проскурина О. Ю. Эффективность введения лактулозосодержащих биологически активных добавок в рецептуре вареных колбасных изделий. Мясная серия, -2011, т. 1, № с. 50-51.
18. Леонидов Д.С. Лактулоза в продуктах питания – назад в будущее. Переработка молока. - 2013. вып. 1, с. 46-47. http://40.ru/upload/pererabotka_02-13.pdf.
19. Максимов И.В., Курчаева Е.Е., Манжесов В.И., Лысенко Ю.В., Лютикова А.О. Разработка функциональные мясные продукты с использованием комплексных добавок пребиотико-сорбционной направленности. Молодой ученый, - 2013. т. 1, № 10. с. 251-256. <https://moluch.ru/archive/57/7889>.
20. ყიფიანი ა, თავდიდისშვილი დ, ფხაკაძე მ, ბაქრაძე მ. პრობიოტიკების გამაჯანსაღებელი ეფექტი და გამოყენების პერსპექტივები. საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია „კვების მრეწველობის ტექნოლოგიური პროცესების და მოწყობილობების პრობლემები“. თბილისი. - 2015. გვ. 321-332
21. თავდიდისშვილი დ, ფხაკაძე მ, ყიფიანი ა. პრობიოტიკების და პრეპრობიოტიკების გამოყენების შესახებ ფუნქციონალური კვების პროდუქტების წარმოებაში. საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა“. ქუთაისი. – 2016. გვ. 241-244. <http://www.atsu.edu.ge/images/pdf/krebulebi/tomiMETEP%202016.pdf>
22. Farouk M.M., Yoo M.J.Y., Hamid Nazimah S.A., Staincliffe M., Davies B., Knowles S.O. Novel meat-enriched foods for older consumers // Food Research International. 2018. Vol. 104. P. 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.033>
23. Шарипова Т.В. , Мандро Н.М., Денисович Ю.Ю. Биологические испытания мясорастительных продуктов на лабораторных животных// Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – Орел: Изд. ГУНПК, 2012. – №6(17). – С. 37-43.
24. Долгова В.А., Храмова В.Н., Проскурина О.Ю. Разработка мясных продуктов функционального назначения с применением пребиотиков.Журнал Нижневолжский Агроуниверситет. - 2013. вып. 2, , № 3 (31)с.168-171.
25. Самченко О.Н., Мишина Е.Д. Разработка рецептуры и технология комбинированных мясных изделий. Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественное питание. -2013, т. 2, № 72-76. http://www.cnsnb.ru/jour/j_g.asp?id=5147.

The impact of products with probiotic properties on functional indicators of experimental animals

D. Tavdidishvili, R.Sakandelidze, N. Gachava, M. Pkhakadze

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia

Abstract

With a view to imparting the probiotic properties to the minced rabbit meat products, we have justified the expediency of using the dietary fiber, lactulose, green tea extract and mineral water "Lugela", as a multiple supplement in the recipes. Recipes of new products have developed by the method of computer simulation. The study of microbiological indicators of developed products points to their safety.

Experiments on laboratory animals have shown that foods fortified with probiotic supplements increase the number of erythrocytes and, accordingly, hemoglobin in the blood of rats, improve the protein composition of blood plasma, and also they have a positive effect on the digestive system of animals, does not cause damage to internal organs and changes in behavioral status.

Key words: meat products, probiotic ingredients, safety, experimental animals, hematological parameters, functional changes



მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში სადენტა განივკვეთის ოპტიმალური ფართობის შერჩევით ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის რეჟიმის პარამეტრთა რეგულირება

ლაშა მაჭავარიანი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი. სადოქტორო პროგრამის, საინჟინრო ტექნოლოგიები და სისტემები, დოქტორანტი

რეზიუმე. ნაშრომში წარმოდგენილია ქ. ქუთაისის ნკვ ძაბვის ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის გამოკვლევის შედეგები. კერძოდ: განსაზღვრულია ქსელის, როგორც 6 ისე 0,38კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები. შედეგად გამოთვლილია ქსელის ყველა კვანძში ძაბვის გადახრა და დადგენილია პრობლემური კვანძები. ასევე განსაზღვრულია ქსელის უბანთა რეჟიმის პარამეტრები და მის საფუძველზე მიღებულია ქსელში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგები. შეფასებულია ქსელის მუშაობის ეფექტურობა მარგი ქმედების კოეფიციენტის საშუალებით. ყოველივე ამის ანალიზის საფუძველზე გაკეთებულია რიგი დასკვნები და დასმულია ამოცანა, რომლის მიზანსაც წარმოადგენს ქსელის იმ კრიტერიუმების შესრულება, რომელსაც ის უნდა აკმაყოფილებდეს ნორმალურ დამყარებულ რეჟიმში. კერძოდ: დატვირთვის კვანძებში მიწოდებული ძაბვის მაღალი ხარისხი და მუშაობა სიმძლავრეთა მცირე დანაკარგებით.

ქსელის თავისებურების საფუძველზე
$$\begin{cases} \Delta U_{მაქს} \leq \Delta U_{დასაშ} \\ F_{გ,გ,ბ} \Rightarrow \min \end{cases}$$
 პირობით გამოთვლილია მაგისტრალურ უბნებზე სადენტა განივკვეთის ოპტიმალური ფართობი და ანგარიშებით დასაბუთებულია ამ ღონისძიების მართებულობა. ნაშრომში წარმოდგენილი ქსელის რეჟიმის პარამეტრების საანგარიშოდ გამოყენებულია საინჟინრო კომპიუტერული პროგრამა "NEPLAN".

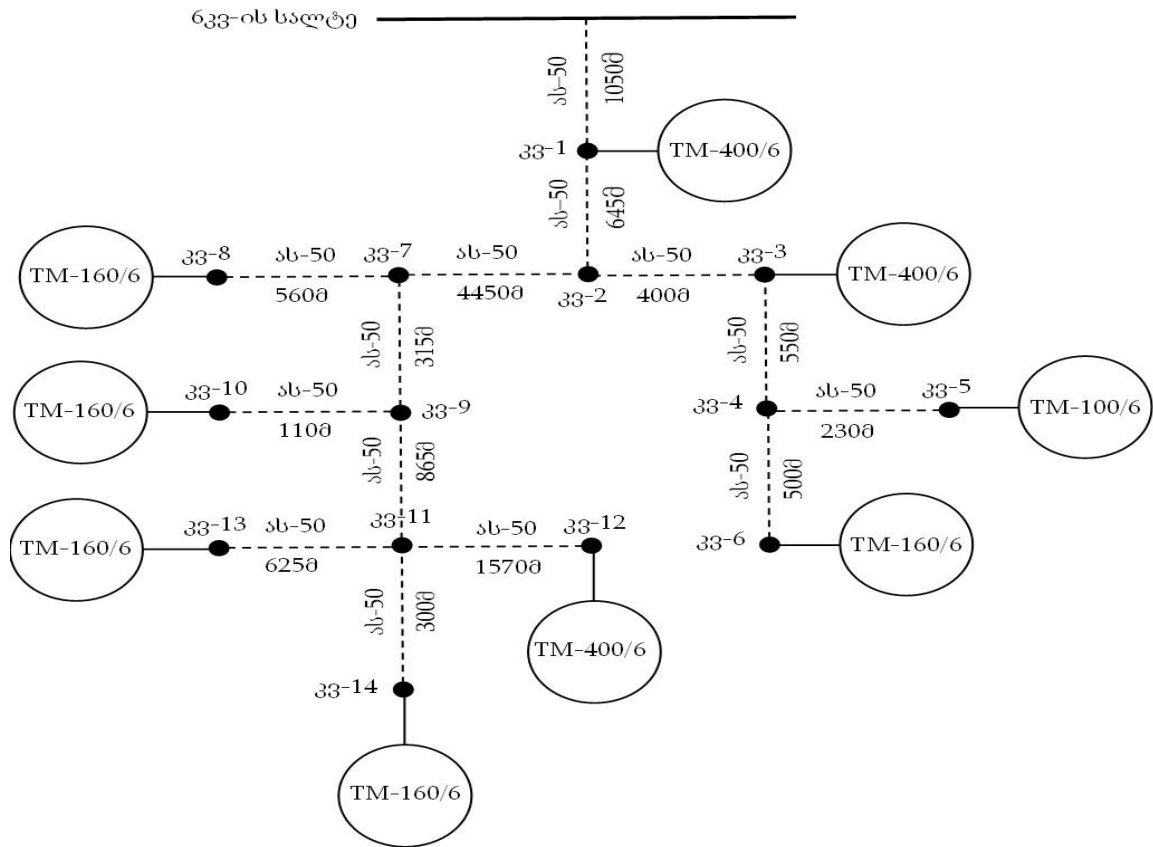
საკვანძო სიტყვები: მუშა ძაბვა, ძაბვის გადახრა, სიმძლავრის დანაკარგი, განივკვეთის ფართობი, ოპტიმალური.

შესავალი. ნებისმიერი ძაბვისა და დანიშნულების ელექტრული ქსელი ნორმალურ დამყარებულ რეჟიმში უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათის მოთხოვნებს: მომხმარებელთა ელექტრომომარაგება უნდა იყოს საიმედო, ელექტრომიმღებები უნდა იკვებებოდნენ მაღალი ხარისხის ელექტროენერგიით და ქსელი უნდა მუშაობდეს როგორც აქტიურ, ისე რეაქტიულ სიმძლავრეთა მცირე დანაკარგებით, ანუ ეკონომიურად[5]. აქედან გამომდინარე, ელექტრული ქსელების ექსპლუატაციისას საჭიროა ჩატარდეს შესაბამისი ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათის გაანგარიშებები სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგების დადგენის მიზნით და ასევე ძაბვის ვარდნისა და დანაკარგების შეფასების თვალსაზრისით, რათა დადგინდეს და შემდგომი ანალიზის საფუძველზე შეფასდეს მისი ელექტრომაგნიტური მდგომარეობა[6]. შედეგად დაისმება იმ დამატებითი ღონისძიების ან ღონისძიებათა ჯგუფის გატარების საკითხი, რომელიც უზრუნველყოფს მისადმი წაყენებული მოთხოვნების შესრულებას. თავის მხრივ ქსელის ელექტრომაგნიტური მდგომარეობა დამოკიდებულია დატვირთვის რეჟიმზე და ქსელის ელექტრულ პარამეტრებზე, ამიტომ ქსელთან დაკავშირებული საკითხების გადაწყვეტისას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ქსელის ზღვრული, მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის გამოკვლევას[7].

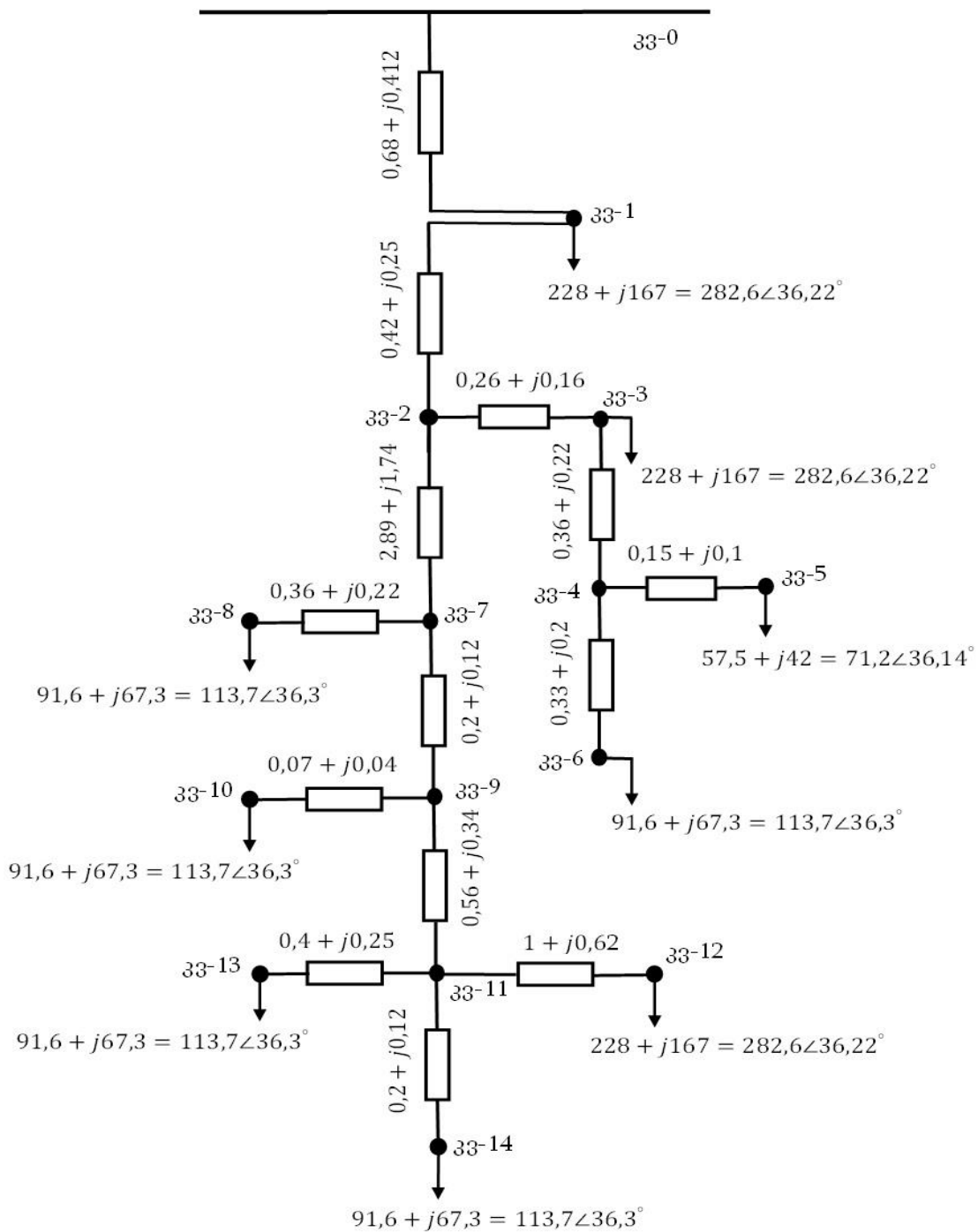
სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ქ. ქუთაისის გამანაწილებელი ქსელის, 35/6 კვ ძაბვის ქვესადგურის, ღია განშტოებული ელექტრული ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრთა ანგარიში. მათი შემდგომი ანალიზის საფუძველზე მაგისტრალურ უბნებზე სადენთა განივკვეთის ოპტიმალური ფართობის შერჩევა და ქსელის ახალი ელექტრული პარამეტრებით მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის განმეორებითი ანგარიში.

მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში 35/6 კვ ძაბვის ქვესადგურის, ღია განშტოებული ელექტრული ქსელის რეჟიმის პარამეტრთა ოპტიმალური რეგულირება

სურ.1-ზე მოცემულია 6 კვ ძაბვის ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის ცალხაზოვანი სქემა, ხოლო სურ.2-ზე ქსელის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში.



სურ.1. 6 კვ ძაბვის ღია განშტოებული გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის ცალხაზოვანი სქემა



სურ.2. ქსელის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა
მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში

სურ.2-ის საფუძველზე ჩატარებულია ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრთა ანგარიში, რომლის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილების სახით(ცხრილი1; ცხრილი2; ცხრილი3). უნდა აღინიშნოს, რომ 6/0.38 კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრები გამოთვლილია ქსელის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემის საფუძველზე მიღებულ, მათი 6კვ ძაბვის სალტეებზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობით.

„ცხრილი 1“

ქსელი ნკვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში

	$U_{კვ}$	U°	$U\%$
კვ-0	6,54	0,0	109
კვ-1	6,40	0,14	106,74
კვ-2	6,31	0,22	105,10
კვ-3	6,28	0,24	104,73
კვ-4	6,27	0,25	104,52
კვ-5	6,27	0,25	104,52
კვ-6	6,26	0,25	104,41
კვ-7	5,88	0,57	97,96
კვ-8	5,87	0,57	97,82
კვ-9	5,85	0,59	97,53
კვ-10	5,85	0,59	97,53
კვ-11	5,79	0,64	96,57
კვ-12	5,74	0,69	95,59
კვ-13	5,78	0,65	96,41
კვ-14	5,79	0,64	96,49

„ცხრილი 2“

ქსელის უბანთა რეჟიმის პარამეტრები მაქსიმალური დატვირთვისას

ქსელის უბანი	$S_{1კვ}$	$P_{1კვტ}$	$Q_{1კვარ}$	$S_{2კვ}$	$P_{2კვტ}$	$Q_{2კვარ}$	i_{α}	$\Delta P_{კვტ}$	$\Delta Q_{კვარ}$
0 ↔ 1	1623,3	1316,3	949,9	1622,7	1275	925,1	142	41,3	24,9
1 ↔ 2	1292,6	1047	758,1	1272,8	1029,9	747,8	116,5	17,1	10,3
2 ↔ 3	469,7	378,9	277,4	468	377,5	276,6	43	1,44	0,87
3 ↔ 4	185,4	149,5	109,6	185	149,2	109,4	17	0,31	0,19
4 ↔ 5	71,2	57,5	42	71,18	57,48	41,99	6,6	0,02	0,01
4 ↔ 6	113,78	91,7	67,36	113,66	91,6	67,3	10,5	0,1	0,06
2 ↔ 7	803,1	651	470,3	748,5	604,1	442	73,5	46,91	28,29
7 ↔ 8	113,82	91,73	67,38	113,7	91,6	67,3	11,2	0,14	0,1
7 ↔ 9	634,6	512,3	374,6	631,9	509,9	373,2	62,3	2,4	1,4
9 ↔ 10	113,7	91,62	67,32	113,66	91,6	67,3	11,2	0,03	0,02
9 ↔ 11	518,2	418,31	305,9	513,2	414	303,2	51,1	4,40	2,65
11 ↔ 12	285,5	230,48	168,5	282,6	228	167	28,4	2,48	1,49
11 ↔ 13	113,8	91,76	67,39	113,66	91,6	67,3	11,3	0,16	0,1
11 ↔ 14	113,7	91,67	67,34	113,6	91,6	67,3	11,3	0,08	0,05

„ცხრილი 3“

სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა რეჟიმის პარამეტრები მაქსიმალური დატვირთვისას

სატრანსფორმატორო ქვესადგური	U_{θ} (კვ)	$U_{\theta}^{პ} / U_{\theta}^{%}$	ПББ-ს საფეხური	სიმძლავრის დანაკარგი ΔS (კვტ)
TM400/6(კვანძი1)	6,40	0,396/104,47	0	$3,54 + j16,17 = 16,55 \angle 77,65^{\circ}$
TM400/6(კვანძი3)	6,28	0,389/102,35	0	$3,61 + j16,14 = 16,54 \angle 77,39^{\circ}$
TM400/6(კვანძი12)	5,74	0,353/92,79	0	$3,85 + j15,86 = 16,32 \angle 76,36^{\circ}$
TM100/6(კვანძი5)	6,27	0,387/102,06	0	$1,27 + j4,34 = 4,51 \angle 73,65^{\circ}$
TM160/6(კვანძი6)	6,26	0,386/101,69	0	$1,81 + j7,1 = 7,33 \angle 75,70^{\circ}$
TM160/6(კვანძი8)	5,87	0,361/94,84	0	$1,92 + j7,01 = 7,27 \angle 74,60^{\circ}$
TM160/6(კვანძი10)	5,85	0,359/94,5	0	$1,93 + j7,01 = 7,27 \angle 74,60^{\circ}$
TM160/6(კვანძი13)	5,78	0,354/93,3	0	$1,94 + j6,97 = 7,23 \angle 74,45^{\circ}$
TM160/6(კვანძი14)	5,79	0,354/93,3	0	$1,94 + j6,97 = 7,23 \angle 74,45^{\circ}$

ცხრილში 4 წარმოდგენილია ქსელში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგები. აქ ასევე მოცემულია ქსელის მუშაობის დამახასიათებელი სხვა ენერგეტიკული პარამეტრებიც, რომელთა დახმარებით დადგენილია ქსელის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

„ცხრილი 4“

ქსელის მუშაობის ეფექტურობის მაჩვენებელი ენერგეტიკული პარამეტრები მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში

$\Delta P_{გგბკვტ}^{\Sigma}$	$\Delta P_{ტკვტ}^{\Sigma}$	$P_{დატკვტ}^{\Sigma}$	$Q_{დატკვტ}^{\Sigma}$	$P_{ობკვტ}$	$Q_{ობკვტ}$	$\Delta Q_{ტკვტ}^{\Sigma}$	$\Delta Q_{გგბკვტ}^{\Sigma}$	η მ.ქ.კ
116,83	21,8	1176,5	788,3	1316,33	949,96	87,57	70,46	0,89

ცხრილი 3 აჩვენებს, რომ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის ხუთ კვანძში, კვანძები: 8; 10; 12; 13; 14, მიერთებულ 6/0.38კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა დაბალი ძაბვის სალტეზე, ძაბვის გადახრა აღემატება $\pm 5\%$ -ს, რაც მიგვითითებს, რომ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის უბნებზე, განსაკუთრებით $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე, ძაბვის დანაკარგი დიდია. ამასთან, თითოეულ უბანზე ძაბვის დანაკარგის $2/3$ სადენთა აქტიური წინაღობითაა გამოწვეული. გარდა ამისა, $0 \div 12$ მაგისტრალის ჯამური განფენილობის სიგრძე, მოცემული ძაბვის ქსელისათვის, მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს(8.9კმ). შესაბამისად, ცხადია, რომ $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე, გამოყენებული სადენთა განივკვეთის ფართობი, მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ვერ უზრუნველყოფს ქსელის რიგ კვანძებში ძაბვის სასურველ სიდიდემდე რეგულირებას და საჭიროებს კორექტირებას. ქსელის მეორე მაგისტრალზე, უბნები:

2↔3;3↔4;4↔6 ძაბვის დანაკარგი მცირეა და 1;3;5;6 კვანძებში დადგმულ 6/0.38კვ ძაბვის სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის გადახრა არ ცდება ±5%-ს, შესაბამისად ქსელის ამ უბნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობის გაზრდის ღონისძიება არ განიხილება.

ამრიგად, გამართლებულია დაისვას ქსელის 0 ÷ 12 მაგისტრალურ უბნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობის შერჩევის საკითხი შემდეგი ფორმით: სადენთა განივკვეთის ფართობის შერჩევა ძაბვის დასაშვები დანაკარგისა და გამტარი მასალის მინიმალური ხარჯით, ანუ მიზნის ფუნქცია ჩაიწერება შემდეგი ფორმით[1]:

$$\begin{cases} \Delta U_{მაქს} \leq \Delta U_{დასაშ} \\ F_{გ.ბ} \Rightarrow \min \end{cases}$$

რადგან ქსელის რიგ უბნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობი არ შეესაბამება ამ უბანთა მაქსიმალურ დატვირთვას, ბუნებრივია, რომ ქსელი იმუშავებს სიმძლავრეთა დიდი დანაკარგით. შესაბამისად, ადგილი აქვს ქსელის არაეკონომიურ მუშაობას, რაც დაამტკიცა ანგარიშებმა, $\eta = 0.89$. თანაც მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ქსელის ელექტროგადამცემ ხაზებში სრული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგის ვექტორი ნამდვილ რიცხვთა ღერძიდან დაძრულია 31° -ით $\underline{\Delta S}_{გ.ბ}^E = 116.83 + j70.46 = 136.43 \angle 31$, რაც კიდევ უფრო ამყარებს დასმული ამოცანის მართებულობას.

ქსელის 0 ÷ 12 მაგისტრალურ უბნებზე სადენთა განივკვეთის ოპტიმალური ფართობის შესარჩევად განვსაზღვროთ ძაბვის დანაკარგი 0 ÷ 12 მაგისტრალური უბნების აქტიურ და რეაქტიულ წინაღობებში:

$$\begin{aligned} \Delta U_R^{0-1} &= 0,137\text{კვ} & \Delta U_X^{0-1} &= 0,062\text{კვ} \\ \Delta U_R^{1-2} &= 0,069\text{კვ} & \Delta U_X^{1-2} &= 0,031\text{კვ} \\ \Delta U_R^{2-7} &= 0,3\text{კვ} & \Delta U_X^{2-7} &= 0,135\text{კვ} \\ \Delta U_R^{7-9} &= 0,017\text{კვ} & \Delta U_X^{7-9} &= 0,009\text{კვ} \\ \Delta U_R^{9-11} &= 0,04\text{კვ} & \Delta U_X^{9-11} &= 0,017\text{კვ} \\ \Delta U_R^{11-12} &= 0,04\text{კვ} & \Delta U_X^{11-12} &= 0,02\text{კვ} \\ \Delta U_R^\Sigma &= 0,603\text{კვ} & \Delta U_X^\Sigma &= 0,274\text{კვ} \end{aligned}$$

მოცემული ქსელისათვის $\Delta U_R^{დასაშ}$ გამოვთვალოთ ΔU_X^Σ – ის საფუძველზე.

$$\Delta U_R^{დასაშ} = \Delta U_{დასაშ} - \Delta U_X^\Sigma = 0,6 - 0,274 = 0,326\text{კვ}$$

მოცემულ შემთხვევაში $\Delta U_{დასაშ} = 0,1U_{ნომ}$, რადგან ΔU_X^Σ გამოთვლილია არა კვანძური ძაბვების ნომინალური, არამედ ფაქტიური მნიშვნელობებით.

სადენთა გამტარი მასალის ხარჯის კოეფიციენტი განვსაზღვროთ ფორმულით[2]:

$$k = \frac{\sum_{ij=1}^n (L_{ij} \sqrt{P_{ij}})}{\gamma \Delta U_R^{დასაშ} U_{ნომ}}$$

გამოსახულებიდან ჩანს, რომ k – ს გამოსათვლელად აუცილებელია დადგინდეს $L_{ij} \sqrt{P_{ij}}$ თითოეული უბნისათვის.

$$L_{0-1} \sqrt{P_{0-1}} = 1,191 \quad L_{1-2} \sqrt{P_{1-2}} = 0,657$$

$$L_{2-7}\sqrt{P_{2-7}} = 3,472 \quad L_{7-9}\sqrt{P_{7-9}} = 0,226$$

$$L_{9-11}\sqrt{P_{9-11}} = 0,559 \quad L_{11-12}\sqrt{P_{11-12}} = 0,752$$

$$\sum_{ij=1}^n (L_{ij}\sqrt{P_{ij}}) = 6,857$$

შედეგად, $k = (6,857/32 \cdot 0,326 \cdot 6) \cdot 10^3 = 110$

ქსელის $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე სადენტო განივკვეთის ოპტიმალური ფართობი განვსაზღვროთ ფორმულით[3]:

$$F_{ij} = k\sqrt{P_{ij}} \text{ მმ}^2$$

მიღებული შედეგები დამრგვალებდა უახლოეს სტანდარტულ განივკვეთამდე. ამრიგად,

$$F_{0-1} = 110 \cdot \sqrt{1,28663} = 124,77 [120 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{1-2} = 110 \cdot \sqrt{1,03928} = 112,14 [120 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{2-7} = 110 \cdot \sqrt{0,60866} = 85,82 [95 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{7-9} = 110 \cdot \sqrt{0,51379} = 78,85 [70 \text{ მმ}^2]$$

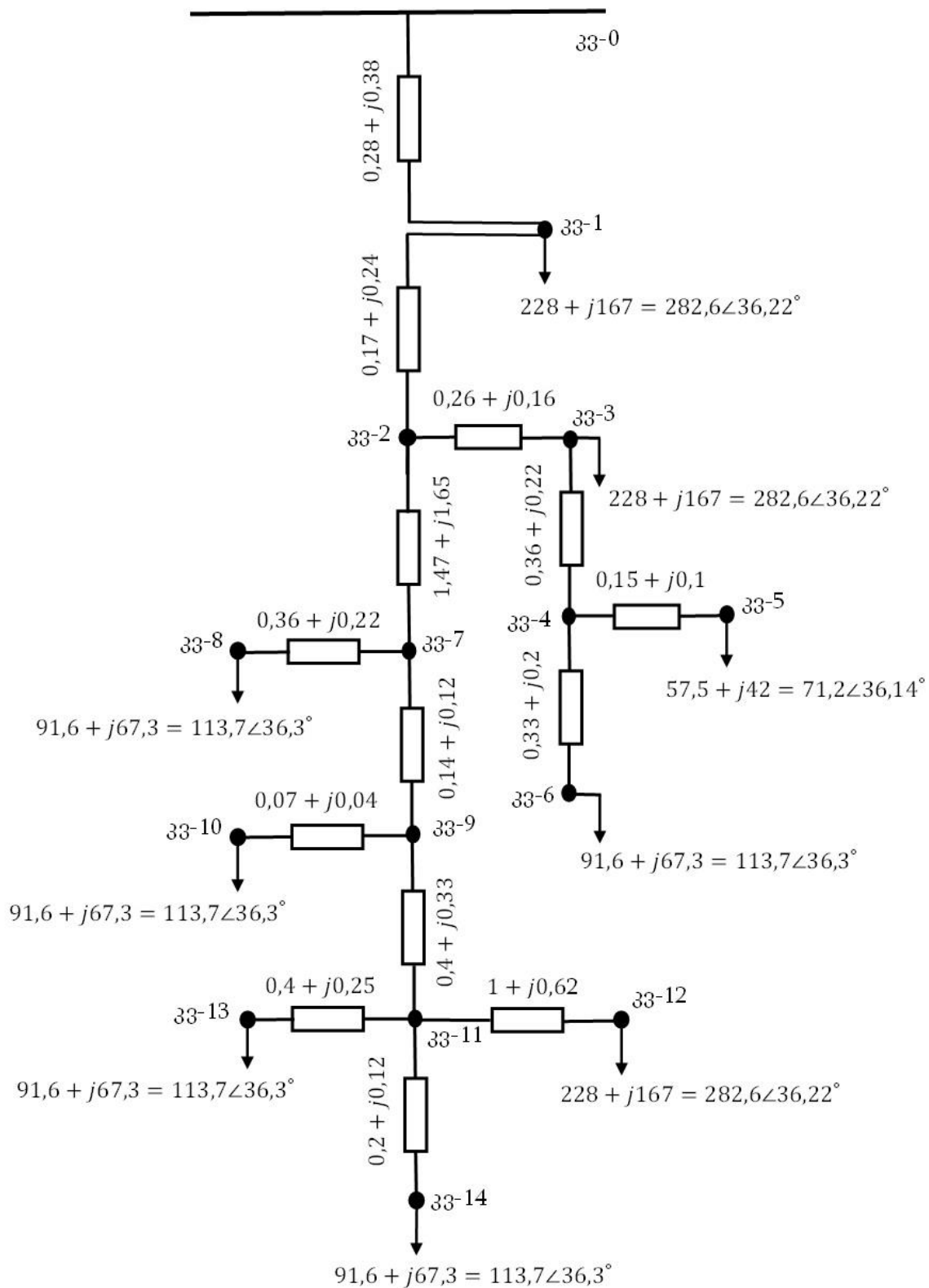
$$F_{9-11} = 110 \cdot \sqrt{0,41692} = 71,03 [70 \text{ მმ}^2]$$

$$F_{11-12} = 110 \cdot \sqrt{0,2296} = 52,71 [50 \text{ მმ}^2]$$

ანგარიშებით შერჩეული სადენტო განივკვეთის ოპტიმალური ფართობები უნდა გადამოწმდეს მაქსიმალურად დასაშვები დენით, რისთვისაც ჩატარდება ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრთა ანგარიში შესაბამის უბნებზე სადენტო განივკვეთის ფართობის გაზრდის პირობებში. აქვე დადგინდება სრულდება თუ არა $\Delta U_{\text{მაქს}} \leq \Delta U_{\text{დასაშ}}$ პირობა და მის საფუძველზე შეფასდება განხორციელებული ღონისძიების მართებულობა[4].

სურ.3-ზე წარმოდგენილია ქსელის განახლებული საანგარიშო სქემა, რომლის რეჟიმის პარამეტრები წინა შემთხვევის მსგავსად ნაპოვნია „NEPLAN“-ის გამოყენებით და მოცემულია ცხრილებში(ცხრილი 5; ცხრილი 6; ცხრილი 7; ცხრილი 8).

ანგარიშებმა აჩვენა, რომ ქსელის $0 \div 12$ მაგისტრალურ უბნებზე სადენტო განივკვეთის ფართობის გაზრდამ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში მნიშვნელოვნად აამაღლა ქსელის კვანძებში მიწოდებული ძაბვის ხარისხი, კერძოდ მე-12 კვანძში სატრანსფორმატორო ქვესადგურის 0,38კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობა გაიზარდა 3,54%-ით და გახდა 96,33%-ის ტოლი. მე-13 და მე-14 კვანძებში სატრანსფორმატორო ქვესადგურების 0,38კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობები გაიზარდა 3,5 და 3,6 პროცენტით და მივიღეთ: $U_{13}^{\text{წ}} = 96,79\%$; $U_{14}^{\text{წ}} = 96,88\%$. მე-10 და მე-8 კვანძებში კი სატრანსფორმატორო ქვესადგურების 0,38კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მუშა მნიშვნელობები გაიზარდა 3,2 და 3,1 პროცენტით, შედეგად მივიღეთ $U_{10}^{\text{წ}} = 97,69\%$; $U_8^{\text{წ}} = 97,91\%$. ამრიგად, მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის 0,38 კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის პრობლემები სრულად აღმოიფხვრა, და დადასტურდა, რომ $\Delta U_{\text{მაქს}} \leq \Delta U_{\text{დასაშ}}$ პირობა სრულდება.



სურ.3. ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის განახლებული საანგარიშო სქემა

„ცხრილი 5“

ქსელის 6კვ დაბვის კვანძებში დაბვის მუშა მნიშვნელობები სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდის პირობებში

	$U_{კვ}$	U°	$U\%$
კვ-0	6.45	0	107.5
კვ-1	6.37	-0.29	106.16
კვ-2	6.31	-0.45	105.23
კვ-3	6.29	-0.43	104.86
კვ-4	6.28	-0.42	104.65
კვ-5	6.277	-0.418	104.62
კვ-6	6.272	-0.414	104.54
კვ-7	6.047	-0.965	100.79
კვ-8	6.039	-0.958	100.65
კვ-9	6.027	-0.976	100.46
კვ-10	6.026	-0.975	100.43
კვ-11	5.983	-1.002	99.72
კვ-12	5.927	-0.954	98.78
კვ-13	5.974	-0.994	99.57
კვ-14	5.979	-0.998	99.65

„ცხრილი 6“

ქსელის უბანთა რეჟიმის პარამეტრები სადენტა განივკვეთის ფართობის გაზრდისას

ქსელის უბანი	$S_{1კვა}$	$P_{1კვტ}$	$Q_{1კვარ}$	$S_{2კვა}$	$P_{2კვტ}$	$Q_{2კვარ}$	$i_{ა}$	$\Delta P_{კვტ}$	$\Delta Q_{კვარ}$
0 ↔ 1	1565.81	1252.11	940.21	1540.12	1236.15	918.64	136.97	15.95	21.57
1 ↔ 2	1257.51	1008.15	751.64	1246.99	1001.61	742.8	111.84	6.53	8.83
2 ↔ 3	469.59	378.9	277.39	467.98	377.52	276.55	42.12	1.38	0.83
3 ↔ 4	185.36	149.52	109.55	185	149.22	109.37	16.68	0.298	0.18
4 ↔ 5	71.22	57.52	42.01	71	57.5	42	6.42	0.0185	0.0112
4 ↔ 6	113.78	91.70	67.36	113.66	91.6	67.3	10.26	0.10262	0.0619
2 ↔ 7	777.42	622.71	465.42	745.87	601.29	441.34	69.72	21.42	24.08
7 ↔ 8	113.8	91.72	67.37	113.66	91.6	67.3	10.64	0.123	0.074
7 ↔ 9	632	509.57	373.96	630	508.05	372.7	59.1	1.52	1.26
9 ↔ 10	113.68	91.62	67.31	113	91.6	67.3	10.66	0.024	0.015
9 ↔ 11	516.4	416.43	305.39	512.77	413.63	303.06	48.42	2.799	2.324
11 ↔ 12	285.2	230.22	168.34	282.6	228	167	26.93	2.22	1.34
11 ↔ 13	113.82	91.74	67.38	113	91.6	67.3	10.75	0.141	0.085
11 ↔ 14	113.7	91.67	67.34	113	91.6	67.3	10.74	0.068	0.041

„ცხრილი 7“

სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის პარამეტრები სადენთა განივკვეთის ფართობის გაზრდის პირობებში

სატრანსფორმატორო ქვესადგური	U_{θ} (კვ)	$U_{\theta}^{კვ} / U_{\theta}^{\%}$	ПББ-ს საფეხური	სიმძლავრის დანაკარგი ΔS (კვტ)
TM400/6(კვანძი1)	6.37	0.395/103.88	0	3.56 + j16.17
TM400/6(კვანძი3)	6.29	0.389/102.52	0	3.6 + j16.14
TM400/6(კვანძი12)	5.927	0.366/96.33	0	3.79 + j16.03
TM100/6(კვანძი5)	6.277	0.388/102.18	0	1.26 + j4.34
TM160/6(კვანძი6)	6.272	0.387/101.9	0	1.8 + j7.1
TM160/6(კვანძი8)	6.039	0.372/97.91	0	1.87 + j7.05
TM160/6(კვანძი10)	6.026	0.371/97.69	0	1.88 + j7.05
TM160/6(კვანძი13)	5.974	0.368/96.79	0	1.89 + j7.04
TM160/6(კვანძი14)	5.979	0.369/96.88	0	1.89 + j7.04

„ცხრილი 8“

მაგისტრალურ უბნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობის გაზრდისას, ქსელის მუშაობის ეფექტურობის მაჩვენებელი ენერგეტიკული პარამეტრები

$\Delta P_{გზ.ბკვტ}^{\Sigma}$	$\Delta P_{ტკვტ}^{\Sigma}$	$P_{დატვკვტ}^{\Sigma}$	$Q_{დატვკვარ}^{\Sigma}$	$P_{იბკვტ}$	$Q_{იბკვარ}$	$\Delta Q_{ტკვარ}^{\Sigma}$	$\Delta Q_{გზ.ბკვტ}^{\Sigma}$	η მ.ქ.კ
52.61	21.1	1176.5	788.3	1250.2	937.2	88.2	60.71	0.94

0 ÷ 12 მაგისტრალურ უბნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობის გაზრდამდე ქსელში აქტიური სიმძლავრის ჯამური დანაკარგის 84% ელექტროგადამცემ ხაზებზე მოდიოდა, ხოლო 6/0,38 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორებზე 16%. სადენთა განივკვეთის ფართობის შეცვლამ გარკვეული ცვლილება შეიტანა ამ თანაფარდობაში, კერძოდ ხაზებში დაიკარგა აქტიური სიმძლავრის ჯამური დანაკარგის 70%, ხოლო 30% ტრანსფორმატორებში. ეს ცვლილება კი გამოიწვია სადენებში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგის 55%-ით შემცირებამ. შედეგად მივიღეთ, რომ ქსელში აქტიური სიმძლავრის ჯამური დანაკარგი სადენთა განივკვეთის ფართობის გაზრდის შემდეგ შემცირდა 47%-ით, რამაც ასევე შეამცირა ქსელში აქტიური სიმძლავრის იმპორტი და გაზარდა ქსელის მარგი ქმედების კოეფიციენტი 94%-მდე, ანუ ამაღლდა 5%-ით.

ასევე შემცირებულია ელექტროგადამცემ ხაზებში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგი 14%-ით, შედეგად ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგი შემცირდა 6%-ით. ეს გარემოება განაპირობა მან, რომ ტრანსფორმატორებში რეაქტიული სიმძლავრის

დანაკარგის ზრდის სიდიდე მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ხაზებში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგის შემცირების მასშტაბებს. ისევე როგორც აქტიური სიმძლავრის შემთხვევაში, შემცირებულია ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის იმპორტი. აქვე აღვნიშნოთ, რომ შერჩეული თითოეული სადენისთვის სრულდება ზემოთ დასმული პირობა $I_{ij}^{max} \leq I_{ij}^{lim}$. ამრიგად, ყველა პირობა გვაქვს, რომ დავადასტუროთ განხორციელებული ღონისძიების მართებულობა.

დასკვნები.

- როდესაც გამანაწილებელი ქსელის დატვირთვის კვანძებში აქტიური სიმძლავრის კოეფიციენტი $\cos \varphi \geq 0,8$, ანუ $\tan \varphi \leq 0,75$ და სადენთა განივკვეთის ფართობი $F \leq 95\text{მ}^2$, ქსელის რეჟიმის ხასიათი უმეტესად აქტიური წინაღობითაა განპირობებული, ხოლო რეაქტიული წინაღობა რეჟიმის მხოლოდ საბოლოო სიდიდით დამყარებაში იღებს მონაწილეობას. შესაბამისად, ქსელის მუშა რეჟიმის ოპტიმალური მართვის ამოცანის დასა აღნიშნული ფაქტორის გათვალისწინების გარეშე დაუშვებელია.
- ქსელის უზნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობის $\begin{cases} \Delta U_{მაქს} \leq \Delta U_{დასაშ} \\ F_{გ.გ.ბ} \Rightarrow \min \end{cases}$ პირობით შერჩევასა და ძაბვის დანაკარგი უმჯობესია გამოვთვალოთ არა ნომინალურ, არამედ კვანძურ ძაბვათა მუშა მნიშვნელობებით. ასევე სასურველია, რომ $\Delta U_{მაქს}$ ელექტრულად უმორეს კვანძამდე გავუტოლოთ 10%-ს, ნაცვლად $6 \div 8\%$, წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლოა ქსელის სათავე უზნებზე სადენთა განივკვეთის ფართობი აღმოჩნდეს მეტისმეტად გადიდებული და შეუსაბამო გამანაწილებელი ქსელებისათვის.
- როდესაც ქსელის ჯამური განფენილობის სიგრძე ძაბვის შესაბამისი საფეხურისათვის აღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას, მეტად გამართლებულია, რომ ΔU_X^{Σ} გამოითვალოს სადენთა რეაქტიული წინაღობის არა საშუალო, არამედ ფაქტიური მნიშვნელობით, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ სადენთა რეაქტიული წინაღობა მცირედაა დამოკიდებული მის რადიუსზე, ქსელი დიდი განფენილობის შემთხვევაში მაინც მნიშვნელოვან ცვლილებებს ვიღებთ ანგარიშებში, რაც ბუნებრივია ამცირებს განხორციელებულ სამუშაოთა ხარისხს და სანდოობას.

გამოყენებული ლიტერატურა.

1. Ананичева С. С., Шелюг С.Н. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та 2019. —296 с.
2. Герасименко А. А., Федин В. Т. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие - 4-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2014 – 648 с.
3. Глазунов А. А., Глазунов А. А. Электрические сети и системы, М-Л., ГЭИ, 1960, 368 с.

4. Веников В. А., Глазунов А. А., Жуков Л. С., Солдаткина Л. А. Электрические Системы, т.2. Электрические сети. Под ред. В. А. Веникова. М., Высшая школа, 1971, 440 с.
5. Мельников Н. А., Солдаткина Л. А. Регулирование напряжения в электрических сетях, М., Энергия, 1968. 152 с.
6. William H. Kersting. Distribution System Modeling and Analysis, Third edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2012.
7. Turan Gonen. Electric Power Distribution Engineering, Third edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2014.

Adjusting the parameters of the open branched distribution network mode by selecting the optimal area of the wires cross-section in the maximum load mode

Lasha matchavariani

Akaki Tsereteli State University. Department of Energetics and Telecommunications. PhD student of PhD program, Engineering Technologies and Systems.

Summary. The paper presents the results of the research of Maximum load mode of 6 kV open branched distribution network of Kutaisi. For instance, the operating values of the voltage at both 6 and 0.38 kV nodes of the network are defined. As a result, voltage deviations in all nodes of the network are calculated and problem nodes are identified. The mode parameters of the particular sections of the network are also defined and based on it, the total losses of active and reactive power in the network are obtained. The efficiency of network operation is evaluated by means of efficiency. Based on the analysis of all this, a number of conclusions are made and a task is set, the purpose of which is to fulfill the criteria of the network, which it must meet in a normally established mode. In particular: high quality of the voltage supplied to the load nodes and operation with small power losses. Based on the network characteristics and provided condition $\begin{cases} \Delta U_{\text{მაქს}} \leq \Delta U_{\text{დასაშ}} \\ F_{\text{ჯ.ბ.ბ}} \Rightarrow \min \end{cases}$ the optimal area of wires cross sections at the highway is calculated and the validity of this measure is substantiated by the reports. The engineering computer program “NEPLAN” is used to calculate the network mode parameters presented in the paper.

Keywords: *actual voltage, voltage deviation, power losses, area of cross section, optimal.*

**ძაბვის ცენტრალიზებული რეგულირებისას 35/6კვ ძაბვის მადაბლებელი ჩიხური ქვესადგურის
ნკვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის ოპტიმალური მუშა მნიშვნელობის შერჩევა**

ლაშა მაჭავარიანი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი.

სადოქტორო პროგრამის, საინჟინრო ტექნოლოგიები და სისტემები, დოქტორანტი

რეზიუმე. ნაშრომში წარმოდგენილია ძაბვის ცენტრალიზებული რეგულირებისას ქ. ქუთაისის 35/6 კვ ძაბვის მადაბლებელი ჩიხური ქვესადგურის ნკვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის ოპტიმალური მუშა მნიშვნელობის შერჩევის პროცედურა. კერძოდ: შესწავლილია ქვესადგურიდან გამავალი უდიდესი ფიდერის კონფიგურაცია, განფენილობა და დატვირთვა. შედეგად დადგენილია ქვესადგურის ნკვ ძაბვის სალტედან ელექტრულად უახლოესი და უშორესი კვანძები და გამოთვლილია ძაბვის დანაკარგი აღნიშნულ კვანძებამდე დატვირთვის ზღვრულ რეჟიმებში. ასევე განსაზღვრულია ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობა ელექტრულად უახლოეს და უშორეს კვანძებში დადგმულ 6/0.38კვ ძაბვის ტრანსფორმატორებში. მაქსიმალური და მინიმალური დატვირთვის რეჟიმებში ქსელის 0.38კვ ძაბვის სახასიათო კვანძებში მიღებულია წინასწარი დაშვება, რომლის საფუძველზე დადგენილია მკვებავი ქვესადგურის ნკვ ძაბვის სალტეზე მუშა ძაბვის ოპტიმალური მნიშვნელობა $U_{633}^{ოპტ}$. $U_{633}^{ოპტ}$ -ით განხორციელებულია 35/6კვ ძაბვის ქვესადგურის უდიდესი ფიდერის ზღვრული მუშა რეჟიმების ანგარიში და დადგენილია მის ყველა კვანძში ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობა. მიღებული კვანძური ძაბვების საფუძველზე დადასტურებულია ნაშრომში წარმოდგენილი მეთოდიკის მართებულობა. ქსელის ზღვრული რეჟიმების საანგარიშოდ გამოყენებულია საინჟინრო კომპიუტერული პროგრამა "NEPLAN".

საკვანძო სიტყვები: ძაბვა, ცენტრალიზებული რეგულირება, კვანძი, ზღვრული რეჟიმი, ოპტიმალური.

შესავალი. ძაბვის რეგულირება ტექნიკური ხასიათის ღონისძიებების ერთობლიობაა, რომლის დანიშნულებას წარმოადგენს მომხმარებელთა სალტეებზე ძაბვის გადახრის შეზღუდვა ეკონომიკურად მისაღები მაჩვენებლებით[5]. პრაქტიკულად, ძაბვის სასურველი რეჟიმის უზრუნველყოფა ელექტრულ ქსელში დამხმარე ღონისძიებების გარეშე შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც ქსელში ძაბვის დანაკარგი მცირეა, რასაც ადგილი აქვს საგენერატორო ძაბვის ქსელების შემთხვევაში. მაშინ როცა, ქსელის განფენილობა დიდია და სხვადასხვა საფეხურის ძაბვის კვანძების მაკავშირებელ ტრანსფორმატორთა რაოდენობა მნიშვნელოვან რიცხვს აღწევს, ძაბვის დასაშვები რეჟიმის დამყარება სპეციალური დამხმარე მოწყობილობების გარეშე თითქმის შეუძლებელია[4]. მიუხედავად იმისა, რომ ძაბვის მარეგულირებელ დამხმარე მოწყობილობათა ქსელში განთავსება შესაბამისი მიზნებისათვის მარტივია, ძაბვის რეგულირება ელექტროენერგეტიკაში ერთ-ერთ ურთულეს ამოცანას წარმოადგენს, რაც დაკავშირებულია ამოცანის დასმისა და მისი შემდგომი ოპტიმალური გადაწყვეტის სირთულესთან, რომელსაც საფუძვლად უდევს საწყის ინფორმაციათა მოცულობითი სიდიდე და მისი სწორი ანალიზის კომპლექსურობა[6].

ძაბვის ცენტრალიზებული რეგულირება თითქოს მარტივი ღონისძიებაა, რადგან ხშირ შემთხვევაში აქ არ გვიწევს ქსელში დამატებითი მოწყობილობების განთავსება, თუმცა პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ზოგჯერ მისი საშუალებით ქსელის კვანძებში ძაბვის სასურველი რეჟიმის დამყარება ურთულეს გადაწყვეტილებებთანაა დაკავშირებული. ეს განპირობებულია იმით, რომ ქსელის მკვებავ ქვესადგურზე ერთსა და იმავე დროს რთულია ელექტრულად ახლო და შორეული მომხმარებლებისათვის სასურველი ძაბვის შენარჩუნება. რაც უფრო განფენილია ქსელი და დიდია მისი ელექტრული დატვირთვა ეს პრობლემა მით უფრო საგრძნობია. სწორედ ამიტომ, ძაბვის ცენტრალიზებულ რეგულირებას წინ უნდა უძღოდეს მთელი რიგი ტექნიკური ხასიათის ანგარიშების ჩატარება, რათა განსახილველი ქსელის ყველა კვანძში იქნას დამყარებული ძაბვის სასურველი რეჟიმი[7]

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ქ. ქუთაისის 35/6კვ ძაბვის მადაბლებელი ჩიხური ქვესადგურის 6კვ ძაბვის სალტედან ელექტრულად უახლოეს და უშორეს კვანძამდე ძაბვის დანაკარგის განსაზღვრა დატვირთვის ზღვრულ რეჟიმებში. ასევე ქსელის სახასიათო კვანძებში დადგმულ 6/0.38კვ ძაბვის ტრანსფორმატორებში ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობის გამოთვლა როგორც მაქსიმალური, ისე მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში. მიღებული შედეგების საფუძველზე კი 6კვ ძაბვის სალტეზე მუშა ძაბვის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა და მის საფუძველზე ქსელის თითოეულ კვანძში ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობების განსაზღვრა.

35/6კვ ძაბვის მადაბლებელი ჩიხური ქვესადგურის 6კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის ოპტიმალური მუშა მნიშვნელობის შერჩევა

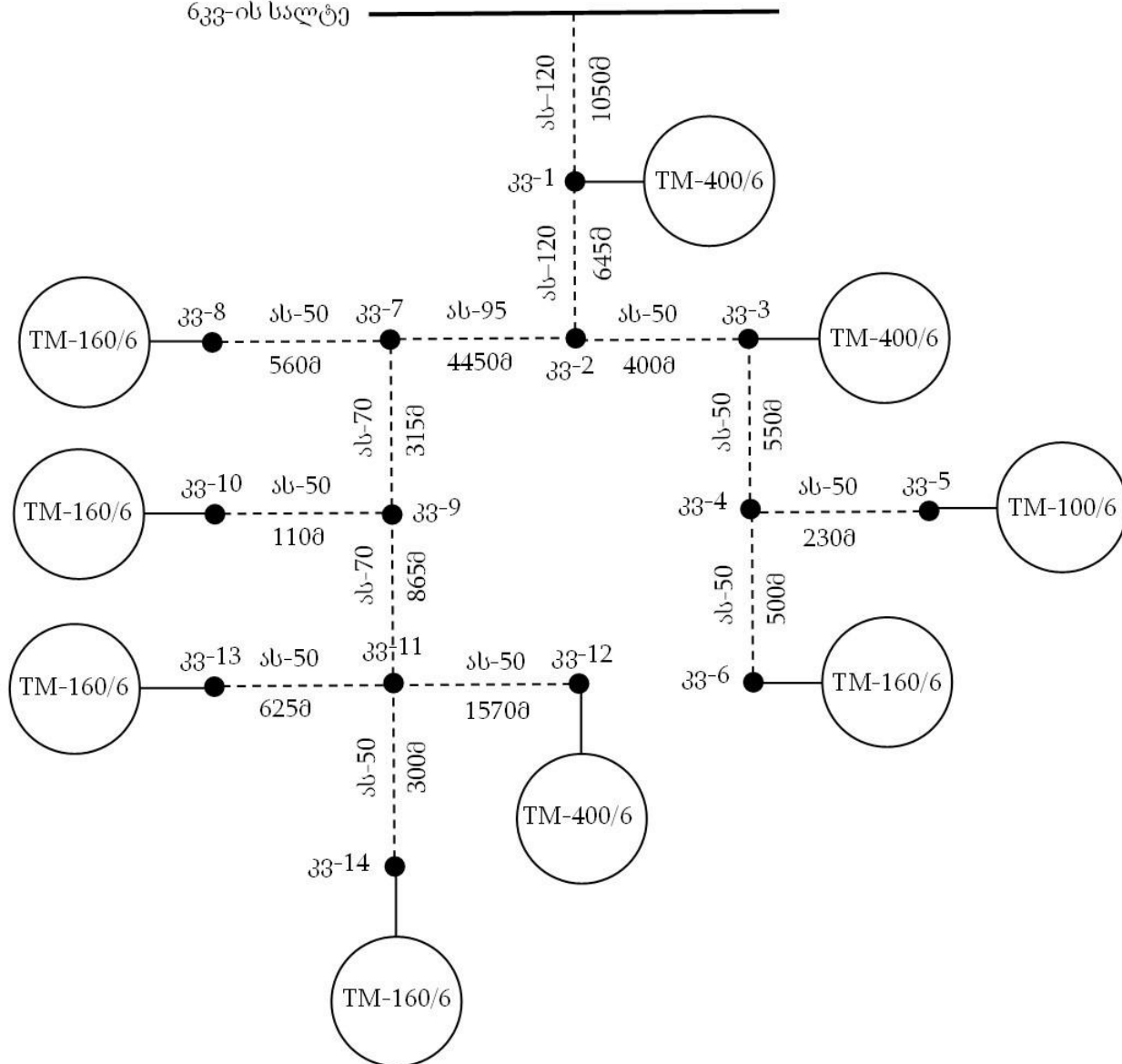
როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ქვესადგურის 6კვ ძაბვის სალტეზე მუშა ძაბვის ოპტიმალური მნიშვნელობა უნდა განისაზღვროს დატვირთვის ზღვრულ რეჟიმებში. თავდაპირველად განვიხილოთ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმი. ამისათვის უპირველესად საჭიროა შედგეს ქსელის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა და დადგინდეს ქვესადგურის 6კვ ძაბვის სალტედან ელექტრულად უახლოესი და უშორესი კვანძები. სურ.1-ზე მოცემულია 35/6კვ ძაბვის მადაბლებელი ჩიხური ქვესადგურის 6კვ ძაბვის განსახილველი ფიდერი, ხოლო სურ.2-ზე საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში. სურ.2-ის მიხედვით ცხადია, რომ მე-12 კვანძი ელექტრულად უშორესი კვანძია, ხოლო კვანძი1 ელექტრულად უახლოესი. განვსაზღვროთ ძაბვის დანაკარგი ქსელის 1 და მე-12 კვანძამდე. „NEPLAN“-ის გამოყენებით მივიღეთ, რომ

$$\begin{cases} \Delta U_{0 \rightarrow 1} = 6 - 5,88 = 0,12 \\ \Delta U_{0 \rightarrow 12} = 6 - 5,39 = 0,61 \end{cases}$$

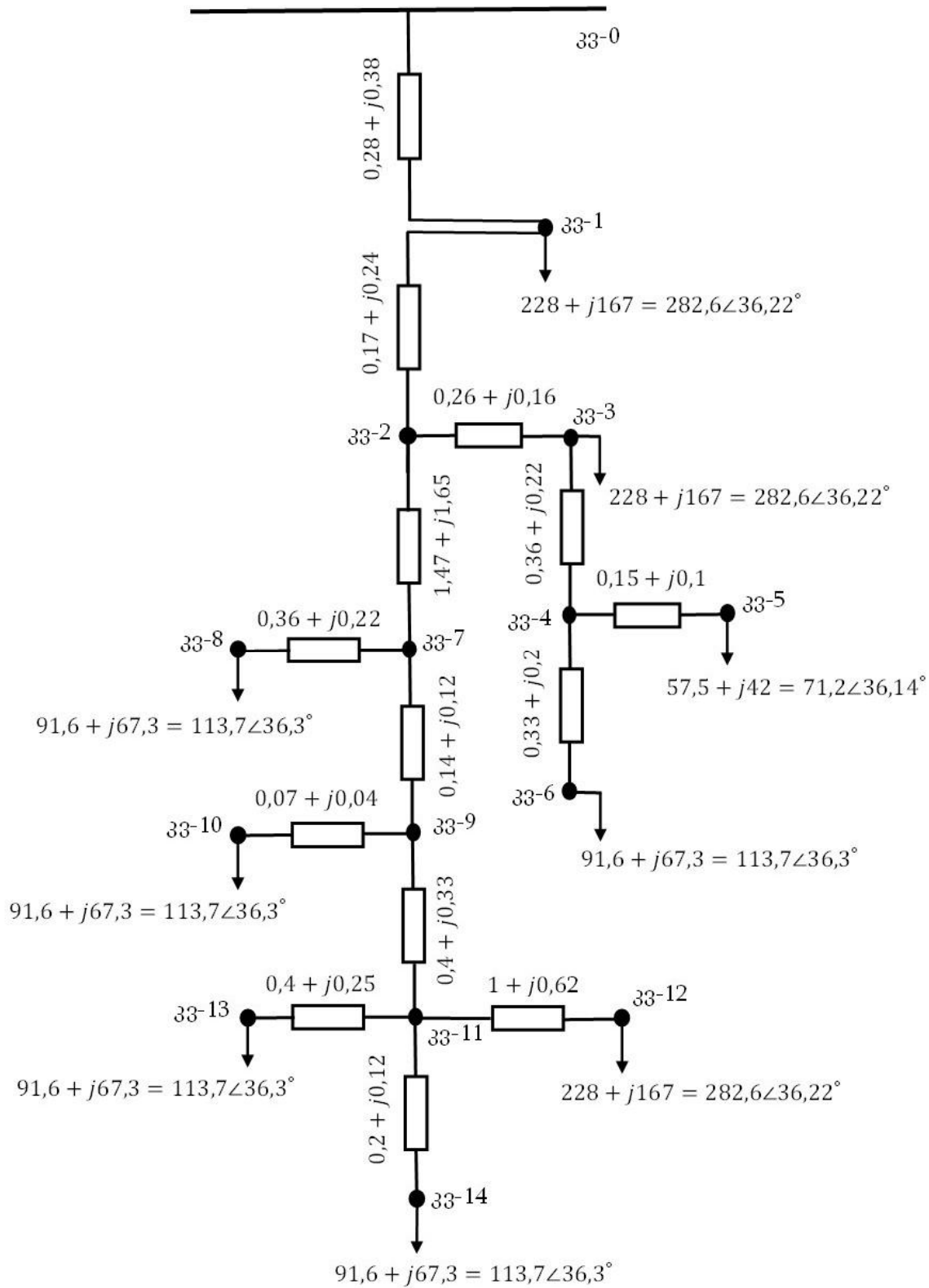
განსაკუთრებით ღია ელექტრული ქსელისათვის დამახასიათებელია შემდეგი თავისებურება: ძაბვის მუშა მნიშვნელობა კვების ცენტრიდან ელექტრულად უშორეს კვანძში ყოველთვის ნაკლებია ელექტრულად უახლოეს კვანძში ძაბვის მუშა მნიშვნელობაზე. ეს ბუნებრივი თავისებურება საშუალებას გვაძლევს, შევარჩიოთ მკვებავი ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობის შესაძლო ცვლილების ფარგლები, იმ გარემოების გათვალისწინებით, რომ მე-12 კვანძში, სატრანსფორმატორო ქვესადგურის დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უმცირესი მუშა მნიშვნელობა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, $0,95U_{ნომ}^{ქსელი}$ – ის ტოლია, ხოლო 1 კვანძში სატრანსფორმატორო ქვესადგურის დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უდიდესი მუშა მნიშვნელობა $1,05U_{ნომ}^{ქსელი}$ – ს უდრის. მაშასადამე, $\begin{cases} U_1^{\phi} = 0,39 \text{ კვ} \\ U_{12}^{\phi} = 0,36 \text{ კვ} \end{cases}$

სურ.1-დან ჩანს, რომ 1 და მე-12 კვანძში დადგმულია ერთი და იმავე სიმძლავრისა და ტიპის ტრანსფორმატორი. ამიტომ, ეს გარემოება საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობა ამ სატრანსფორმატორო ქვესადგურთა ტრანსფორმატორებში (TM400/6) მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში. ამისათვის TM400/6 ტრანსფორმატორის საპასპორტო მონაცემებიდან გამოვიყენოთ შემდეგი პარამეტრები[2]:

$$\begin{cases} \Delta P_{\text{გ}} = 5,5 \\ U_{\text{გ}}^{\%} = 4,5 \% \end{cases}$$



სურ.1. გვ ძაბვის ფიდერის ცალხაზოვანი სქემა



სურ.2. ფიდერის საანგარიშო ჩანაცვლების სქემა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში

ტრანსფორმატორის აქტიურ წინაღობაში ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობა $U_s\%$ რიცხობრივად ტოლია ტრანსფორმატორის გრაგნილებში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობის. $U_s\% = (5,5/400)100 = 1,37\%$, ხოლო რეაქტიულ წინაღობაში ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობა $U_r\%$ მოკლედ შერთვის ძაბვის ტოლია, ანუ $U_r\% = U_{R\%} = 4,5\%$. ამრიგად, ხელთ გვაქვს ყველა პარამეტრი შემდეგი გამოსახულების დასაწერად[3]:

$$\Delta U_{\%} = (U_s\% \cdot \cos \varphi + U_r\% \cdot \sin \varphi) S_{\text{დატ}}^{\text{ფაქტ}} / S_{\text{დატ}}^{\text{ნომ}} = (1,13 + 2,47)0,67 = 2,4\%$$

ამრიგად, 1 და მე-12 კვანძში დადგმულ ტრანსფორმატორებში (TM400/6), მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში იკარგება ნომინალური ძაბვის 2,4%.

ზემოთ დავუშვით, რომ მე-12 კვანძში, სატრანსფორმატორო ქვესადგურის დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უმცირესი მუშა მნიშვნელობა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, $0,95U_{\text{ნომ}}^{\text{ქსელი}}$ – ის ტოლია, ხოლო 1 კვანძში სატრანსფორმატორო ქვესადგურის დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უდიდესი მუშა მნიშვნელობა $1,05U_{\text{ნომ}}^{\text{ქსელი}}$ – ს უდრის. ეს დამუშავება და ტრანსფორმატორში ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობის პოვნა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ მე-12 კვანძში, სატრანსფორმატორო ქვესადგურის მაღალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უმცირესი მუშა მნიშვნელობა მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ხოლო 1 კვანძში სატრანსფორმატორო ქვესადგურის მაღალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უდიდესი მუშა მნიშვნელობა.

$$\begin{cases} U_{12}^{\theta\%} = U_{12}^{\omega\%} + \Delta U_{\%} = 95 + 2,4 = 97,4\% = 5,84\text{კვ} \\ U_1^{\theta\%} = U_1^{\omega\%} + \Delta U_{\%} = 105 + 2,4 = 107,4\% = 6,44\text{კვ} \end{cases}$$

ზემოთ ასევე გამოვთვალეთ მკვებავი ქვესადგურის 6კვ ძაბვის სალტედან ელექტრულად უშორეს (12) და უახლოეს(1) კვანძებამდე ძაბვის დანაკარგი, როდესაც $U_0 = 6\text{კვ}$, რადგან სწორედ $U_0 = 6\text{კვ}$ -ის დროს მოხდება ქსელის 6კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის ბუნებრივი განაწილება, რაც ქსელის ცალკეულ უბნებზე ძაბვის დანაკარგის შეფასების თვალსაზრისით ყველაზე ზუსტი შედეგის მომცემია. ამრიგად, დადგენილია ყველა ის აუცილებელი პარამეტრი, რომლის გამოყენებითაც განისაზღვრება მკვებავი ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობის ცვლილების ფარგლები მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში 1 და მე-12 კვანძის მიხედვით.

$$\begin{cases} U_0^{12} = U_{12}^{\theta} + \Delta U_{0 \rightarrow 12}^{\text{მაქს}} = 5,84 + 0,61 = 6,45\text{კვ} \\ U_0^1 = U_1^{\theta} + \Delta U_{0 \rightarrow 1}^{\text{მაქს}} = 6,44 + 0,12 = 6,56\text{კვ} \end{cases}$$

ყოველივე ამის შემდეგ, მივადექით მკვებავი ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის ახალი მუშა მნიშვნელობის შერჩევის პროცესის ბოლო ეტაპს, სადაც უნდა დადგინდეს, თუ მკვებავი ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის რომელი მნიშვნელობა, ანგარიშებით მიღებული შუალედიდან, უზრუნველყოფს როგორც 1, ისე მე-12 კვანძში ძაბვათა ისეთ ნიშნულებს, რომ ისინი მაქსიმალურად ახლოს იყვნენ ნომინალურთან. ძაბვის ამ მნიშვნელობას განსაზღვრავს შემდეგი მათემატიკური გამოსახულება[1]:

$$U_0^{\text{კბ}} = \frac{U_0^{12} + U_0^1}{2} = \frac{6,45 + 6,56}{2} = 6,5\text{კვ}$$

ამრიგად, მივიღეთ, რომ $U_0^{\text{კბ}} = 6,5\text{კვ}$, მაგრამ აქ გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ განხილული ქსელის მკვებავ 35/6 კვ ძაბვის ქვესადგურზე დადგმულია ორგრაფილი ტრანსფორმატორი TMH4000/35, რომლის ძაბვის რეგულირების ფარგლებია $\pm 6 \times 1,5\%$. შესაბამისად, ამ ტრანსფორმატორს 6 კვ ძაბვის სალტეზე 6,5კვ-ის უზრუნველყოფა არ შეუძლია, რადგან $6,5\text{კვ} = 1,08U_{\text{ფ}}$. ამიტომ მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ტრანსფორმატორის, TMH4000/35, დატვირთვის ქვემ ძაბვის მარეგულირებელმა მოწყობილობამ დაბალი ძაბვის სალტეზე უნდა შეინარჩუნოს ძაბვის ისეთი მნიშვნელობა, რომელიც სიდიდით ყველაზე ახლოსაა 6,5კვ-თან. ასეთია PIII-ის დადებითი მე-5 გამომყვანის ძაბვა და უდრის 6,45კვ – ს.

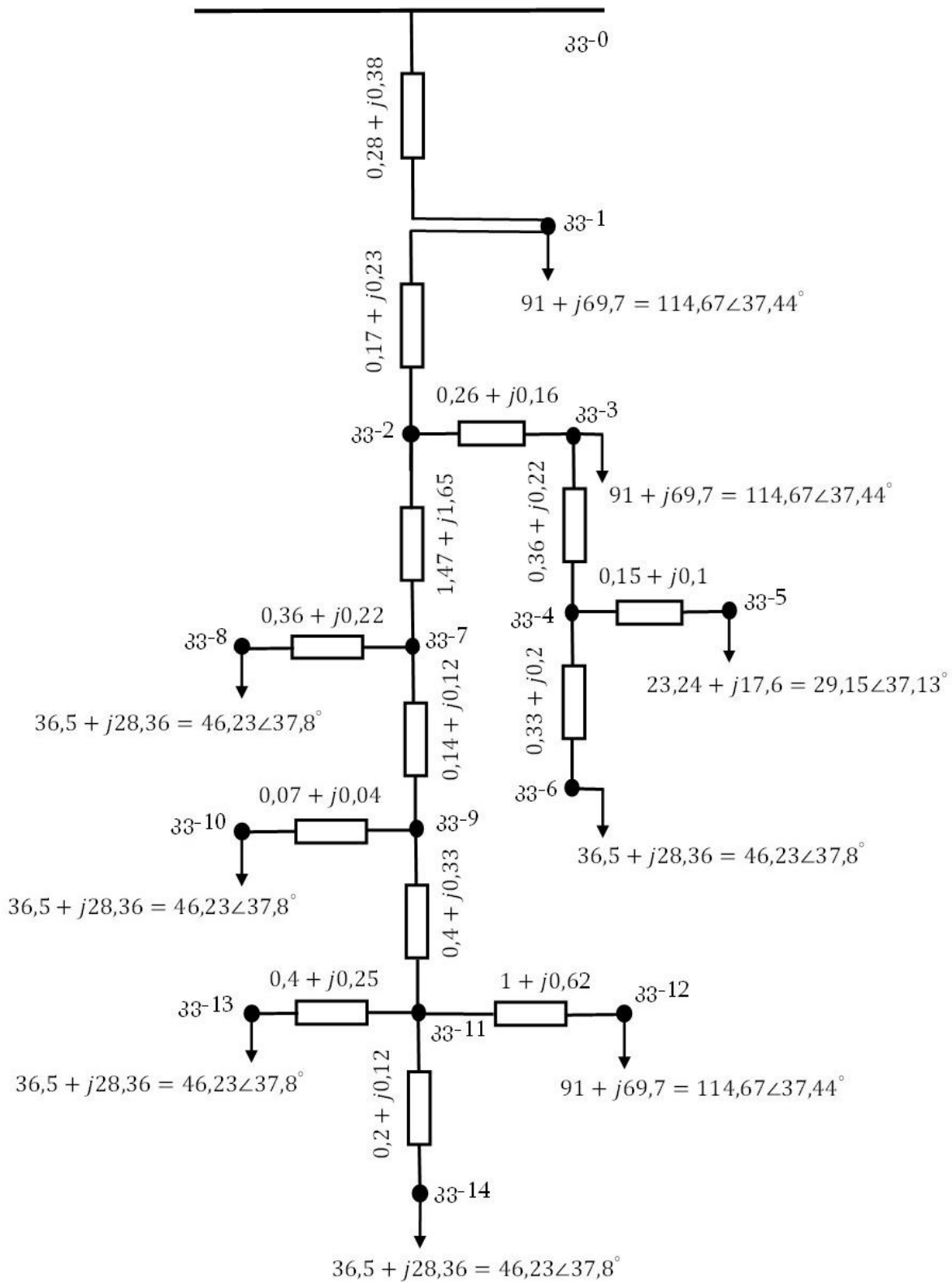
მინიმალური დატვირთვის რეჟიმშიც საჭიროა მსგავსი ხასიათის ანგარიშების ჩატარება, თუმცა შესაბამისი საანგარიშო ჩანაცვლების სქემის საფუძველზე, რომელიც მოცემულია სურ.3-ზე. მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის უბნებზე ძაბვის დანაკარგი მცირეა, ამიტომ 35/6 კვ ძაბვის ქვესადგურის, 6კვ ძაბვის სალტეზე, ძაბვის ახალი მუშა მნიშვნელობის დასადგენად, განსხვავებული მიდგომაა საჭირო. უპირველესად გამოვთვალოთ ძაბვის დანაკარგი კვების ცენტრიდან ქსელის 1 და მე-12 კვანძამდე „NEPLAN“-ის გამოყენებით

$$\begin{cases} \Delta U_{0 \div 1}^{\text{მინ}} = 6 - 5,95 = 0,05 \text{ კვ} \\ \Delta U_{0 \div 12}^{\text{მინ}} = 6 - 5,77 = 0,23 \text{ კვ} \end{cases}$$

დავუშვათ, რომ მე-12 კვანძში, სატრანსფორმატორო ქვესადგურის დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უმცირესი მუშა მნიშვნელობა მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში, $0,98U_{\text{ნომ}}^{\text{ქსელი}}$ – ის ტოლია, ხოლო 1 კვანძში სატრანსფორმატორო ქვესადგურის დაბალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უდიდესი მუშა მნიშვნელობა $1,05U_{\text{ნომ}}^{\text{ქსელი}}$ – ს უდრის. მაშასადამე, $\begin{cases} U_1^{\text{დ}} = 0,39 \text{ კვ} \\ U_{12}^{\text{დ}} = 0,37 \text{ კვ} \end{cases}$. მაქსიმალური

დატვირთვის რეჟიმის მსგავსად, მინიმალური დატვირთვის რეჟიმშიც გამოვთვალოთ 1 და მე-12 კვანძში დადგმულ სატრანსფორმატორო ქვესადგურის ტრანსფორმატორში TM400/6, ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობა.

$$\Delta U_{\text{ტ}}^{\%} = (U_{\text{ს}}^{\%} \cdot \cos \varphi + U_{\text{რ}}^{\%} \cdot \sin \varphi) S_{\text{დატ}}^{\text{ფაქტ}} / S_{\text{დატ}}^{\text{ნომ}} = (1,13 + 2,47)0,29 = 1,04\%$$



ტრანსფორმატორში ძაბვის დანაკარგის პროცენტული მნიშვნელობის პოვნა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ მე-12 კვანძში, სატრანსფორმატორო ქვესადგურის მაღალი ძაბვის

სალტეზე ძაბვის უმცირესი მუშა მნიშვნელობა მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ხოლო 1 კვანძში სატრანსფორმატორო ქვესადგურის მაღალი ძაბვის სალტეზე ძაბვის უდიდესი მუშა მნიშვნელობა.

$$\begin{cases} U_{12}^{\partial\%} = U_{12}^{\partial\%} + \Delta U_{\partial}^{\%} = 98 + 1,04 = 99,04\% = 5,94\text{კვ} \\ U_1^{\partial\%} = U_1^{\partial\%} + \Delta U_{\partial}^{\%} = 105 + 1,04 = 106,04\% = 6,36\text{კვ} \end{cases}$$

ამრიგად, დადგენილია ყველა ის აუცილებელი პარამეტრი, რომლის გამოყენებითაც განვსაზღვრავთ მკვებავი ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობის ცვლილების ფარგლებს მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში 1 და მე-12 კვანძის მიხედვით.

$$\begin{aligned} U_0^{12} &= U_{12}^{\partial} + \Delta U_{0+12}^{\partial} = 5,94 + 0,23 = 6,17\text{კვ} \\ U_0^1 &= U_1^{\partial} + \Delta U_{0+1}^{\partial} = 6,36 + 0,05 = 6,41\text{კვ} \end{aligned}$$

შედეგად, ხელთ გვაქვს ყველა ის მონაცემი, რომლის საშუალებითაც მივიღებთ მოცემული ქსელის მკვებავი ქვესადგურის 6 კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის ოპტიმალურ მნიშვნელობას მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში.

$$U_0^{\text{ობ}} = \frac{U_0^{12} + U_0^1}{2} = \frac{6,17 + 6,41}{2} = 6,29\text{კვ}$$

გავითვალისწინოთ, რომ მკვებავ 35/6 კვ ძაბვის ქვესადგურზე დადგმულია ორგრაგნილა ტრანსფორმატორი TMH4000/35, რომლის ძაბვის რეგულირების ფარგლებია $\pm 6 \times 1,5\%$. ამიტომ მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში ტრანსფორმატორის, TMH4000/35, დატვირთვის ქვემ ძაბვის მარეგულირებელმა მოწყობილობამ დაბალი ძაბვის სალტეზე უნდა შეინარჩუნოს ძაბვის ისეთი მნიშვნელობა, რომელიც სიდიდით ყველაზე ახლოსაა 6,29კვ-თან. ასეთია PPH-ის დადებითი მე-3 გამომყვანის ძაბვა და უდრის 6,27კვ – ს. ამრიგად, დადგინდა 35/6კვ ძაბვის მადაბლებელ ქვესადგურზე ძაბვის ცენტრალიზებული რეგულირებისას 6კვ ძაბვის სალტეზე ძაბვის ცვლილების დიაპაზონი (6.27 ÷ 6.45კვ). ეხლა აუცილებელია ჩატარდეს განხილული ქსელის ზღვრული რეჟიმების ანგარიში $U_0^{\text{ობ}} = 6.27\text{კვ}$ და $U_0^{\text{ობ}} = 6.45\text{კვ}$ ძაბვებით რათა, დადგინდეს ქსელის როგორც 6კვ, ისე 0.38კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები, რისთვისაც გამოყენებულია საინჟინრო კომპიუტერული პროგრამა „NEPLAN“. ანგარიშის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში(ცხრ.1; ცხრ.2; ცხრ.3; ცხრ.4)

მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის 6კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები

	$U_{კვ}$	U°	$U\%$
კვ-0	6.45	0	107.5
კვ-1	6.37	-0.29	106.16
კვ-2	6.31	-0.45	105.23
კვ-3	6.29	-0.43	104.86
კვ-4	6.28	-0.42	104.65
კვ-5	6.277	-0.418	104.62
კვ-6	6.272	-0.414	104.54
კვ-7	6.047	-0.965	100.79
კვ-8	6.039	-0.958	100.65
კვ-9	6.027	-0.976	100.46
კვ-10	6.026	-0.975	100.43
კვ-11	5.983	-1.002	99.72
კვ-12	5.927	-0.954	98.78
კვ-13	5.974	-0.994	99.57
კვ-14	5.979	-0.998	99.65

მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის 0.38კვ ძაბვის კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები

სატრანსფორმატორო ქვესადგური	U_{θ} (კვ)	$U_{\theta}^{პ} / U_{\theta}^{\%}$	ПББ-ს საფეხური	სიმძლავრის დანაკარგი ΔS (კვტ)
TM400/6(კვანძი1)	6.37	0.395/103.88	0	$3.56 + j16.17$
TM400/6(კვანძი3)	6.29	0.389/102.52	0	$3.6 + j16.14$
TM400/6(კვანძი12)	5.927	0.366/96.33	0	$3.79 + j16.03$
TM100/6(კვანძი5)	6.277	0.388/102.18	0	$1.26 + j4.34$
TM160/6(კვანძი6)	6.272	0.387/101.9	0	$1.8 + j7.1$
TM160/6(კვანძი8)	6.039	0.372/97.91	0	$1.87 + j7.05$
TM160/6(კვანძი10)	6.026	0.371/97.69	0	$1.88 + j7.05$
TM160/6(კვანძი13)	5.974	0.368/96.79	0	$1.89 + j7.04$
TM160/6(კვანძი14)	5.979	0.369/96.88	0	$1.89 + j7.04$

მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის 6კვ დაბვის კვანძებში დაბვის მუშა მნიშვნელობები

	$U_{კვ}$	U°	$U\%$
კვ-0	6.27	0	104.5
კვ-1	6.255	-0.12	104.25
კვ-2	6.233	-0.17	103.88
კვ-3	6.223	-0.16	103.72
კვ-4	6.218	-0.16	103.64
კვ-5	6.217	-0.158	103.63
კვ-6	6.215	-0.156	103.59
კვ-7	6.126	-0.358	102.1
კვ-8	6.123	-0.355	102.04
კვ-9	6.118	-0.361	101.97
კვ-10	6.117	-0.360	101.96
კვ-11	6.1	-0.367	101.67
კვ-12	6.078	-0.344	101.3
კვ-13	6.097	-0.363	101.61
კვ-14	6.099	-0.365	101.65

მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში ქსელის 0.38კვ დაბვის კვანძებში დაბვის მუშა მნიშვნელობები

სატრანსფორმატორო ქვესადგური	U_{θ} (კვ)	$U_{\theta}^{კვ} / U_{\theta}^{\%}$	ნაწილის საფეხური	სიმძლავრის დანაკარგი ΔS (კვტ)
TM400/6(კვანძი1)	6.255	0.392/103.21	0	1.58 + j10.28
TM400/6(კვანძი3)	6.223	0.390/102.67	0	1.57 + j10.21
TM400/6(კვანძი12)	6.078	0.381/100.23	0	1.55 + j9.86
TM100/6(კვანძი5)	6.217	0.390/102.51	0	0.55 + j3.04
TM160/6(კვანძი6)	6.215	0.389/102.38	0	0.74 + j4.62
TM160/6(კვანძი8)	6.123	0.383/100.83	0	0.73 + j4.51
TM160/6(კვანძი10)	6.117	0.382/100.73	0	0.73 + j4.51
TM160/6(კვანძი13)	6.097	0.381/100.4	0	0.726 + j4.49
TM160/6(კვანძი14)	6.099	0.381/100.4	0	0.727 + j4.49

ცხრილებში წარმოდგენილი შედეგები აჩვენებს, რომ როგორც მაქსიმალური, ისე მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში მკვებავი 35/6კვ დაბვის ქვესადგურის 6კვ დაბვის სალტეზე შერჩეული მუშა

მაბვეები უზრუნველყოფს მასზე მიერთებული ფიდერის ყველა სამომხმარებლო კვანძში მაბვის სასურველ რეჟიმს, რაც ადასტურებს ზემოთ ჩატარებული ანგარიშების მართებულობას.

დასკვნები.

- ჩიხური ქვესადგურებით მაბვის ცენტრალიზებული რეგულირება პრაქტიკულად განხორციელებადია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ქვესადგურიდან გამავალი თითოეული ფიდერის ჯამური განფენილობის სიგრძე არ აღემატება შესაბამისი საფეხურის მაბვისათვის ზღვრულად დასაშვებ ნიშნულს, რასაც ადგილი აქვს ნაშრომში განხილული მაგალითის შემთხვევაში. თუ ეს პირობა არ სრულდება, მაშინ თითქმის შეუძლებელია ელექტრულად უახლოეს და უშორეს კვანძში მაბვის სასურველი რეჟიმის ერთდროული დამყარება.
- ნაშრომში წარმოდგენილი მეთოდით ქვესადგურის ნაკვ მაბვის სალტეზე მუშა მაბვის ოპტიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრის უპირატესობა კლასიკურ მიდგომებთან შედარებით არის ის, რომ ელექტრულად უახლოეს კვანძში დატვირთვის ორივე სახასიათო რეჟიმში დაშვებულია მაბვის ერთი და იმავე პროცენტული მნიშვნელობა, რაც ქსელების ექსპლუატაციის პროცესზე ხანგრძლივი დაკვირვების საფუძველზეა შემუშავებული და მიზნად ისახავს ქსელის სამომხმარებლო კვანძებში ფაქტიური მაბვის ნომინალურთან მაქსიმალურ მიახლოებას.
- ანგარიშის პროცესში გამოთვლილი მაბვის დანაკარგები ქსელის სახასიათო კვანძებამდე მიღებულია ნაკვ მაბვის სალტეზე მაბვის ნომინალურთან ტოლობის დაშვებით, რადგან სწორედ $U_0 =$ ნაკვ-ის დროს მოხდება ქსელის ნაკვ მაბვის კვანძებში მაბვის ბუნებრივი განაწილება, რაც ქსელის ცალკეულ უბნებზე მაბვის დანაკარგის შეფასების თვალსაზრისით ყველაზე ზუსტი შედეგის მომცემია.
- მაბვის ცენტრალიზებული რეგულირებისას მკვებავი ჩიხური ქვესადგურის ნაკვ მაბვის სალტეზე მაბვის ოპტიმალური მუშა მნიშვნელობის განსაზღვრისას გასათვალისწინებელია ძალიან ტრანსფორმატორის მაბვის მარეგულირებელი РПН მოწყობილობის დამატებითი გამომყვანების რაოდენობა და გამომყვანის მაბვის პროცენტული მნიშვნელობა. თუ ძალიან ტრანსფორმატორი ვერ უზრუნველყოფს ანგარიშებით მიღებულ მაბვას, მაშინ უნდა შეირჩეს იმ გამომყვანის მაბვა, რომელიც ყველაზე ახლოსაა გამოთვლებით მიღებულ შედეგთან.

გამოყენებული ლიტერატურა.

1. Ананичева С. С., Шелюг С.Н. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та 2019. —296 с.
2. Герасименко А. А., Федин В. Т. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие - 4-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2014 – 648 с.
3. Глазунов А. А., Глазунов А. А. Электрические сети и системы, М-Л., ГЭИ, 1960, 368 с.

4. Веников В. А., Глазунов А. А., Жуков Л. С., Солдаткина Л. А. Электрические Системы, т.2. Электрические сети. Под ред. В. А. Веникова. М., Высшая школа, 1971, 440 с.
5. Мельников Н. А., Солдаткина Л. А. Регулирование напряжения в электрических сетях, М., Энергия, 1968. 152 с.
6. William H. Kersting. Distribution System Modeling and Analysis, Third edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2012.
7. Turan Gonen. Electric Power Distribution Engineering, Third edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2014.

Selecting the optimal working value of the voltage at 6kv busbar of the 35/6kv step down dead end substation during centralized voltage regulation

Lasha matchavariani

Akaki Tsereteli State University. Department of Energetics and Telecommunications. PhD student of PhD program, Engineering Technologies and Systems.

Summary. The paper presents procedure for selecting the optimal working value of voltage at 6kv busbar of the 35/6kv step down dead end substation of Kutaisi. In particular: the configuration, distribution and load of the largest feeder coming out of the substation are studied. As a result the electrically nearest and farthest nodes from 6kv busbar of substation are determined and voltage losses up to the above nodes in limit demands are calculated. The percentage of voltage losses is also determined in 6 / 0.38 kV transformers installed in electrically nearest and farthest nodes. In the maximum and minimum load modes, a preliminary assumption is obtained in the 0.38kv characteristic nodes, on the basis of which the optimal value of the working voltage U_{6kv}^{opt} at 6kv busbar of substation is established. The rms value of nodal voltages are determined Via U_{6kv}^{opt} . Based on the obtained nodal voltages, the validity of the methodology presented in the paper is confirmed. The engineering computer program "NEPLAN" is used to calculate the limit modes of the network.

Keywords: *voltage, centralized regulation, node, limit mode, optimal.*

Evaluation of Chakvi Red Soils and Secondary Phytocoenoses Developed On Them

N.Kiknadze¹, N.Gvarishvili¹, I.Mikeladze², A.Sharabidze³, S.Zoidze⁴,

¹ associate professor at the Batumi Shota Rustaveli state University, Faculty of Natural Sciences and Health Care

² Senior Research Fellow, Institute of Ptytopathology and Biodiversity at the Batumi Shota Rustaveli State University

³ Doctoral student majoring Biology, Batumi Shota Rustaveli state University, Faculty of Natural Sciences and Health Care

⁴ Bachelor of chemistry specialty at the Batumi Shota Rustaveli state University, Faculty of Natural Sciences and Health Care

Abstract:

The given work envisages results of physical-chemical parameters of red soils in Chakvi (Adjara A.R., Georgia) and multi-element analysis for the purpose of identification and evaluation of their chemical composition and modern fertility level. Besides, in the given work the present conditions of naturally formed co-societies are reviewed which are resulted from irrational usage of phyto-landscapes of seaside Adjara, their anthropogenic influence and abandoning and neglecting agricultural land plots; the peculiarities for development of secondary phytocenoses being formed via mutual participation of aborigine and adventitious species are studied. The research has showed that research soils are acidic; they are poor in general humus and nitrogen. From macro-elements K, Mg, P are with minimum concentration and Cd, Cr, Hg, Li, Sb, Se, Ti, Tl, V, Pb are beyond the permissible concentration norm. The concentrations of microelements As, Ba, Cu does not exceed MPC. Phyto-cenotic structure is formed in parallel with growth of coniferous plants via gradual introduction of cenotic inter-relations which is differentiated like rows. Formed secondary phytocenosis are characterized with high potential of species of foreign origin (adventitious). At present stage of restoration successive change in serial phytocenosis totally 63 families, 137 breeds, 191 species from which local is 61 and 130 of a foreign origin are described.

Key Words: *Red soils, fertility, multi-element analysis, secondary phytocenosis, adventitious species.*

Introduction.

Almost all types of soils are met in the territories of Georgia starting from red soils of subtropical zone of western Georgia ending with mountainous-meadow soils of hilly areas. The main soil types of Georgian subtropical zone where various agricultural lands are located are red soils, yellow soils and subtropical bleached soils. Red soils are widely distributed in subtropical hilly foothill zone of western Georgia. They are represented with highest percentage in Adjara region, from 80 to 200 m height above sea level [1, 2]. The dominant crops are citrus and tea at most territories of them. At present tea is changed mostly by nuts and annual crops. The most common soil-producing rocks of red soils are the products exhausting volcanic mountainous rocks: andesite, basalts, tuffs, clays and loamy soils (pic.1). The main source of collecting humus in red soil is “Kolkheti Type” forests under which they have been formed. The high saturation of roots and aluminum in absorbed conditions together with hydrogen causes acidic reaction of the mentioned soils [3, 4, 5]. On the basis of non-desirable socio-economic conditions of Georgia since past 90s some part of red soils (especially territories where tea plantations were cultivated) are degraded and abandoned at present. The only way out from the mentioned conditions is evaluation of modern conditions of red soils, for the purpose evaluation and enhancing their fertility level.



Pic. 1. Soil-forming rock of Red soi

Adjara flora is distinguished with special diversity and originality which is stipulated by ancient plant groups and relicts formed in the third period (Palaeogene). Since ancient times the southern part of densely populated Kolkheti – Adjara Flora was enriched by foreign species. In the last decades of the past centuries strengthened colonization of adventitious plants was vividly expressed and formation of secondary phytocenosis by them. Therefore, it has become more and more common reaching and introducing invasients in aborigine plants. Herewith, foreign plants invase in local flora and exotic species

become wild. The wide distribution of adventitious species made local natural flora incognizable, many of them invaded in agro-cenosis and became grass [6].

In the first decades of twentieth century the formation of agrocenosis of various crops was followed by formation of secondary (changed) plants (mostly grass) in the place of mixed-leafy forest in seaside bar and hilly areas. Since 1885 tea plantations are cultivated in Chakvi territories. The invasion and introduction of many foreign species is connected to cultivation of tea plantations [7, 8, 9]. This is a long-term and still on-going process. At the end of twentieth century since tea plantation are considered to be non-profitable crops, agro-chemical and other activities were terminated and local and foreign coniferous plants start growing together with grass in tea plantation territories. The spectrum of coniferous plants distribution is well envisaged in Google map photos (Pic 2, 3). Hence, studying adventitious species will create a clear picture about their gradual invasion in a new environment, and will show modern transformation peculiarities of flora and plants with the influence of anthropogenic factors.



Pic.2. Research object (2004)



Pic.3. Research object (2017)

The research goal was the following: to identify chemical composition of red soils in Chakvi area and evaluation of their fertility level with main parameters; as well as, studying secondary phytocenosis of Chakvi bar area, geo-botanic diagnostics of naturally formed secondary phytocenosis, formation of data base for foreign plants inhabited in research objects, taxonomic and geographical analysis, studying dynamics of successive processes.

Materials and Methods.

The used red soil samples were taken from Adjara A.R. Chakvi area, the samples were taken from two depths: 0-40, 40-80 cms. The research methods were: potentiometric, titrimetric, photo-colorimetric, Plasm Atomic Emissive Specter Analysis [10]. The research material in chakvi bar area in secondary natural cenosis was plants of local and foreign origin. Totally 5 objects were selected where geo-botanic descriptions were made through method of squares. The main research method was traditional route expedition method. For identification of species various data and scientific literature/sources were used

[11, 12]. Internet sources and data base of world invasive species. In secondary natural phytocenosis plants description is made through Releve and square methods [13, 14].

Results and Discussion.

Evaluation of Chakvi Red Soils Fertility Level, based on Their Agro-Chemical Parameters:

The tea crops were cultivated as red soils for a long period (more than 50-60 years) which caused strong acidic reaction of the mentioned soils. In 0-40 cm layer of the soil, where there are mostly agricultural crops root system, pH (H₂O) is 4.3-4.6, in KCl suspension - pH 4.0-4.5, according to the depth pH of the soils are increased (Table 1). By reducing pH the changeable and hydrolysis acidity of the soils are regularly increasing. Humus (in Latin *humus* - means land, soil) - is organic, dark part of soil which is produced through bio-chemical transformations of vegetal and animal residuals. Humus includes all the elements necessary for feeding the plant, which become easily assimilating for plants by the influence of microorganisms. The soils are poor in general humus (3.57-3.02%). Humus concentration regularly decreases according to the depths. General nitrogen is the sum of mineral and organic nitrogen, which is identified in order to have an idea on balance of nitrogen substances. It includes easily soluble nitrogen admixtures (nitrates, nitrites, ammoniacal nitrogen), as well as hardly soluble nitrogen organic admixtures (mostly nitrogen in proteins). Organic-mineral admixtures in Nitrogen is one of the most important nutritious components. According to the received results it was identified that general nitrogen is 5% of general humus.

Multi-element analysis of red soils showed that from macro- and semi-micro elements, Al (93.7mg/kg) > Fe (48.06 mg/kg) > Si (41.6 mg/kg) are dominant. Macro-elements are in the first row according to their composition: Al > Fe > Si > Ca > Mg > K-P > N (Diagram 1). From necessary macro-elements used for feeding plants K, Mg, P are with minimum composition. The soils are poor for absorption forms level of Potassium and Phosphorus. The composition of Calcium and Magnesium movable forms in soils are not sufficient for feeding plants.

Table 1

Basic Fertility Parameters of Chakvi Red Soil

Place of Taking Sample	Depth of Taking Sample, cm	pH		Acidity, mg.equivalent/l		General, %		Nutritious Elements, mg/100g			
		H ₂ O	KCl	Changeable	Hydrolysis	Humus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
<i>Chakvi</i>	<i>0-40</i>	4.3	4.0	6.2	13.0	3.57	0.15	15.5	13.4	16.8	11.5
	<i>40-80</i>	4.6	4.5	5.0	10.0	3.02	0.12	13.0	9.3	15.4	11.0

Toxic elements are beyond discovering norm in soils where tea plantations used to be: Cd, Cr, Hg, Li, Sb, Se, Ti, Tl, V, Pb. The determined micro-elements are classified as follows according to decrease: Mn>Mo>B-Cu> Co-Zn > As (Diagram 2, Table 2). Composition of microelements including toxic elements does not exceed MPC in any soil samples. Among defined microelements Mn (17.3 mg/kg) was with the highest concentration, which once more underlines the acidic reaction of red soils where tea plantations used be. Molybdenum was with minimal concentration in soils (0,0277mg/kg).

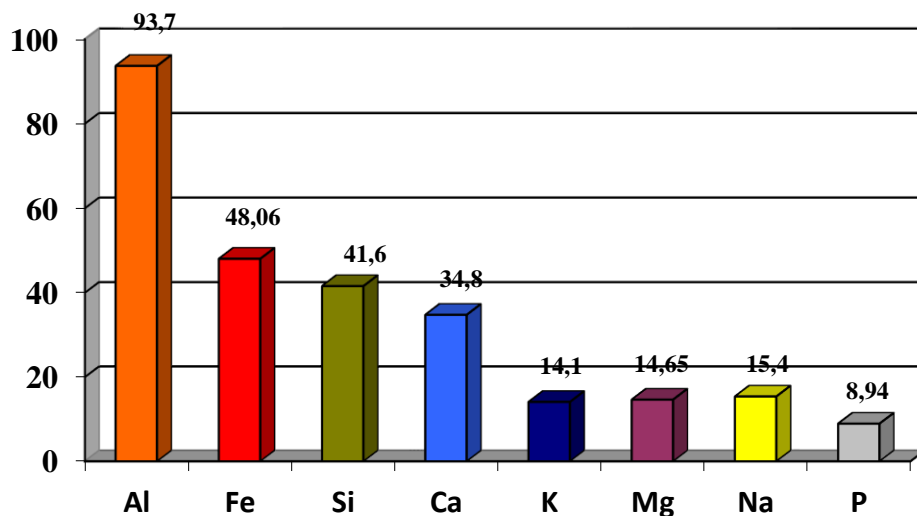


Diagram 1. Multi-element composition of red soil, macro-elements, mg/kg

Table 2

Element analysis of Soil Acid Extract (0,1 N H₂SO₄), mg/kg micro-elements (including toxic)

Elements mg/kg	As	B	Ba	Co	Cu	Mn	Mo	Zn
Location								
<i>Chakvi</i>	1.60	0.421	1.84	2.19	1.76	17.3	0.0277	0.723
MPC, mg/kg	2,0	55	2,5	5,0	3,0	70-80	3,5	1,0

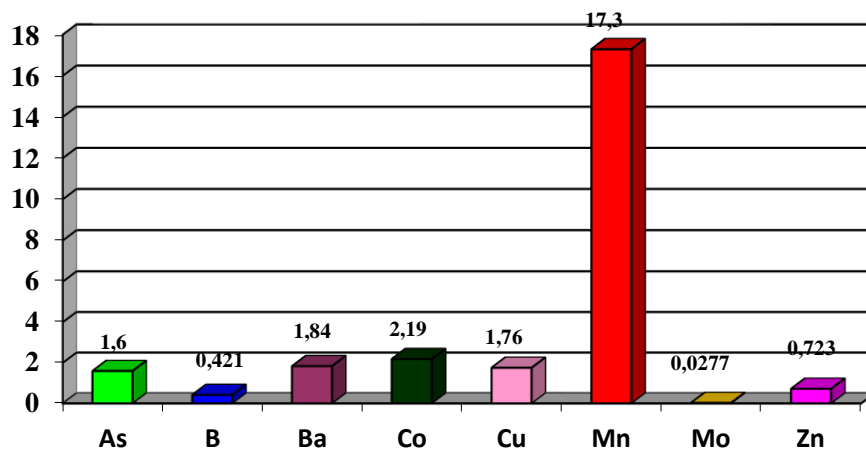


Diagram 2. Multi-element composition of red soil, micro-elements, mg/kg

Floristic and cenotic analysis of secondary phyto-cenosis in Chakvi Bar and hilly areas:

Based on background description and researches in Chakvi bar area four formations were selected and classified in secondary cenosis: plant groups created from Japanese cryptometry (*Cryptomeria japonica*) dominance; plant groups created from hardbeam and oak dominance (*Carpinus caucasica*, *Quercus palustris*, *Quercus falcata*); plant groups created from alder (*Carpinus caucasica*, *Cryptomeria japonica*); Japanese hardhack and American edible pokeweed dominance (*Alnus barbata*, *Spiraea japonica*, *Phytolacca americana*) (pic. 3).

In secondary natural cenosis totally 63 families, 137 breeds, 191 species from which local is 61 and 130 of a foreign origin are described. In the nearest past in the mentioned territories deforestation of representatives of local flora – beech (*Fagus orientalis*), chestnut (*Castanea sativa*), hardbeam (*Carpinus caucasica*), Hartvis oak (*Quercus hartvisiana*), teil (*Tilia caucasica*), phloem (*Pterocarya pterocarpa*), persimmon (*Diospyros lotus*), rhododendrons (*Rhododendron luteum*, *R. ponticum*) and others took place and tea plantations were cultivated. Though since agro-technic measures were terminated in plantations tea bushes were degraded. On the places where plantations used to be successive processes of naturally formed phyto-cenosis started by the participation of aborigine and (adventitious) species of a foreign origin.

In plant groups created with the dominance of Japanese kriptometries (*Cryptomeria japonica*) 71 species are described, from which 25 are local and 46+ are foreign. In tree-plant row *Cryptomeria japonica* is dominant, (height 8-10m) *Quercus falcata*, *Quercus palustris*, *Frangula alnus* (height 2-4 m). *sambucus nigra*, *Smilax exselsa*, *Lonicera japonica*, *Polygonum perfoliatum*, *Rubus caesius*, *Rubus hirtus*, *Rubus serpens* are met in underwood. Tea bushes are covered with ferns (*Pteridium tauricum*). Two kinds of peat are met in open areas of groups (*Polytrichum strictum*, *Calliergonella cuspidata*). The grass cover is poorly developed, units of *Castanea sativa*, *Corylus avellana*, *Aleurites fordii*, *Acer negundo* are met.

In groups created by dominance of hardbeam and oak (*Carpinus caucasica*, *Quercus palustris*, *Quercus falcata*) 119 species are described from which 37 is local and 82 is foreign; 26 species of coniferous

plants from which 10 is local (*Alnus barbata*, *Carpinus caucasica*, *Castanea sativa*, *Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Laurocerasus officinalis*, *Rhododendron luteum*, *R. ponticum*, *Vaccinium arctostaphylos*, *Sambucus nigra*) and 16 foreign (*Ailanthus altissima*, *Aleurites fordii*, *Cedrus deodara*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Cinnamomum glanduliferum*, *Cryptomeria japonica*, *Quercus acutissima*, *Q. falcata*, *Q. myrsinifolia*, *Q. glauca*, *Q. palustris*, *Mallotus japonicus*, *Rhus javanica*, *Robinia pseudoacacia*, *Spiraea japonica*, *Thea sinensis*). *Carpinus caucasica*, *Quercus palustris*, *Q. Falcata* are dominant in coniferous species, other coniferous plants are met as single units. From liana plants *Lonicera japonica*, *Polygonum perfoliatum*, *Smilax exelsa*, *Hedera colchica* are met. The major territories are covered with ferns (*Pteridium tauricum*) and bushes (*Rubus caesius*, *R. hirtus*, *R. serpens*). In the mentioned cenosis dominance of hardbeam, rhodonendrons, pluses and laurel cherries and excess amount of grass species gives the prognosis for returning mono-climax co-societies.

In plant groups created by the dominance of alder (*Alnus barbata*), Japanese hardhack (*Spiraea japonica*) and American Phytolacca (*Phytolacca americana*) 106 species of plants are described from which 40 is local and 66 is foreign. From coniferous plants 7 (*Alnus barbata*, *Acer pseudoplatanus*, *Cornus australis*, *Ficus carica*, *Hedera colchica*, *Hedera helix*, *Paliurus spina-christi*) is local and 11 (*Acacia dealbata*, *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Cedrus deodara*, *Cryptomeria japonica*, *Juglans ailanthifolia*, *Paulownia tomentosa*, *Platanus occidentalis*, *Quercus palustris*, *Rosa multiflora*, *Ulex europaeus*) - is foreign. Lianas presented of *Polygonum perfoliatum*, *Hedera helix*, *H. Colchica* and *Smilax excelsa*.



Pic. 3. Secondary cenosis

In tree-plant row *Alnus barbata* is dominant, height 8-12 m. in the second row *Spiraea japonica*, *Phytolacca americana* are represented mostly. Projective coverage of grasses (*Hydrocotyle ramiflora*, *H. Vulgaris*, *Duchesnea indica*, *Polygonum perfoliatum*, *P. posumbu*, *P. Thunbergii*) - is high. 6 species of fern are described in group (*Asplenium scolopendrium*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris remota*, *Cyrtomium*

falcatum, Pteridium tauricum, Thelypteris limbosperma). In formed cenosis more than 75% of plant species in formed cenosis are of a foreign origin.

Conclusion

Chakvi red soils are having acid reactions, the changeable and hydrolysis acidity importance regularly increases by reducing pH. The soils are poor in humus; general nitrogen concentration is 5 % of humus. From macro-elements Al, Fe, Si - is dominant. Soils are poor in elements - K, Mg, P. The movable forms concentrations of Calcium and Magnesium in soils are not sufficient for feeding the plants. Toxic elements are beyond discovering norm: Cd, Cr, Hg, Li, Sb, Se, Ti, Tl, V, Pb. From micro-elements Mn is dominant. The micro-elements concentration does not exceed MPC.

Irrational usage of natural plants, anthropogenic factors influence on them and ignorance and abandoning agricultural crops in Seaside Adjara phyto-landscapes caused peculiar transformation of flora and plants which was expressed in formed secondary phyto-cenosis which are characterized by high potential of invasion of foreign plants (adventitious). in secondary groups by the way of regular formation of cenotic inter relations, in parallel with growth of coniferous plants, phytocenotic structure is formed which is differentiated like rows. A certain system for natural rejuvenation is created. Based on background descriptions and researches in Chakvi bar areas in naturally developed secondary phytocenosis there are described 63 families, 137 breeds, 191 species from which local is 61 and 130 of a foreign origin.

References:

- [1] World data base for soil resources (2017). - Tbilisi: Agrarian University. -221 pg.
- [2] Field Soil Studies (2016). Tbilisi: Georgian National Academy of Sciences. - 171 pg.
- [3] Georgian Laws on Environmental Protection №519-I (1996). -Tbilisi, 10 December. - 29 pg.
- [4] Decree N 297/N dated 16 August, 2001 of the Minister of Labour, Health and Social Affairs of Georgia on “Approving Qualitative Condition Norms of Environment” (2001). - Tbilisi, 16 August. Pg. 48-104.
- [5] Kiknadze N.O. Phosphorus in Some Types of Soils and the Efficacy of Phosphorus Fertilizers (2003). Auto-Thesis for gaining Scientific Degree of Doctor of Agriculture. - Tbilisi. - 281 pg.
- [6] Davitadze M. “Adventitious Flora of Adjara” (2001). Batumi: Publishing: “Batumi University”. - 199 pg.
- [7] Davitadze M. “East Asian Elements in Adjara Adventitious Flora” (1974). - Batumi Botanical Garden “Moambe”, № 20. – Tbilisi. Pg. 64-71.
- [8] Grossgame A.A., Makashvili A.K. About Origin, Composition and Characteristics of Tea Plantation Weeds in Western of Georgia and Adjara. Works on Applied Botanic, Genetics and Selection (1929). Volume 22, № 4. Pg. 11-72.
- [9] Dmitrieva A.A. About Issues of Invasive and Local Plants of Batumi Coastline. Batumi Botanical Garden Herald (1967). - Tbilisi, № 14. Pg. 58-65.
- [10] Oniani O., Margvelashvili G. Soil Chemical Analysis (1975). - Tbilisi: Publishing “Ganatleba”. Pg. 168-258.
- [11] Reference Book of Plants of Georgia (1964). Volume 1. - Tbilisi: Publishing “Science”. - 462 pg.
- [12] Flora of Georgia. Volume 15 (2015). - Tbilisi: Publishing: “Science”. - 158 pg.
- [13] Mueller-Dombois D., Elenberg H. Aims and Methods of Vegetation Ecology. printed in the (1925). USA. Pg.45-66.
- [14] Müller P.H., Schmetterer L. Introduction to Mathematical Statistics (1974). Berlin-Heidelberg-New York. Springer-Verlag. 502 S., Pg.11.

ჩაქვის წითელმიწა ნიადაგების შეფასება და მათზე განვითარებული მეორადი ფიტოცენოზები

ნინო კიკნაძე¹, ნანი გვარიშვილი¹, ი.მიქელაძე², ა. შარაბიძე³, ს.ზოიძე⁴,

¹ასოცირებული პროფესორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი

²უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიის და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტი

³ბიოლოგიის სპეციალობის დოქტორანტი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი

⁴ქიმიის სპეციალობის ბაკალავრი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი

აბსტრაქტი

სტატიაში წარმოდგენილია ჩაქვის (აჭარის ა/რ, საქართველო) წითელმიწა ნიადაგების ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლების და მულტიელემენტური ანალიზის შედეგები, მათი ქიმიური შედგენილობის და ნაყოფიერების თანამედროვე დონის დადგენის და შეფასების მიზნით; განხილულია ზღვისპირა აჭარის ფიტო-ლანდშაფტებში ბუნებრივი მცენარეულობის არარაციონალური გამოყენების, მათზე ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედების და სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა სავარგულების მოუვლელობა-მიტოვების შედეგად, ბუნებრივად ფორმირებული თანასაზოგადოებების არსებული მდგომარეობა; შესწავლილია აბორიგენული და ადვენტური სახეობების ერთობლივი მონაწილეობით ფორმირებული მეორადი ფიტოცენოზების განვითარების თავისებურებები. კვლევამ გვიჩვენა, საკვლევი ნიადაგები მჟავაა, ისინი ღარიბია საერთო ჰუმუსით და აზოტით. მაკროელემენტებიდან მინიმუმში იმყოფება K, Mg, P. აღმოჩენის ზღვარს ქვემოთ არის: Cd, Cr, Hg, Li, Sb, Se, Ti, Tl, V, Pb. მიკროელემენტების - As, Ba, Cu შემცველობა არ აღემატება ზდკ-ს. სახეობებს შორის ცენტური ურთიერთკავშირების თანდათანობითი ჩამოყალიბების გზით, მერქნიან მცენარეთა ზრდის კვალდაკვალ, ფორმირებულია ფიტოცენოზური სტრუქტურა, რომელიც დიფერენცირებულია იარუსობრივად. ფორმირებული მეორადი ფიტოცენოზები ხასიათდებიან უცხო წარმოშობის (ადვენტური) სახეობათა ინვაზიის მაღალი პოტენციალით. აღდგენითი სუქცესიური ცვლის არსებულ ეტაპზე, სერიულ ფიტოცენოზებში სულ აღწერილია 63 ოჯახის, 137 გვარის, 191 სახეობა, მათგან ადგილობრივია 61, ხოლო უცხო წარმოშობისაა 130 სახეობა.

საკვანძო სიტყვები: წითელმიწა ნიადაგი, ნაყოფიერება, მულტიელემენტური ანალიზი, მეორადი ფიტოცენოზი, ადვენტური სახეობები.

სპეციალური მიღების მიღება გამოწნების მეთოდით

ნატო კანთელაძე¹, ალექსანდრე გორდუზიანი², ნინო კენჭიაშვილი³, გიორგი გორდუზიანი³, თამარ ცერცვაძე³, თამარ წილოსანი³

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის აკადემიური დოქტორი

²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ემერიტუსი პროფესორი,

³საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

აბსტრაქტი

ლითონური მიღების წარმოებაში მიღწეული წარმატების მიუხედავად მისი შემდგომი განვითარება და სრულყოფა ტექნიკის სიახლეებთან დაკავშირებით მაინც პრობლემურ საკითხად რჩება.

საბრძოლო სასროლი იარაღის ლულების და სპეციალური მიღების დამზადებისათვის, რაც მიეკუთვნება წვრილსერიულ წარმოებას, მიზანშეწონილად ჩაითვალა გამოყენებულიყო გამოწნების ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც გამოირჩევა შედარებით მარტივი ტექნოლოგიით და მცირე რაოდენობის მანქანა-დანადგარების გამოყენებით.

ექსპერიმენტულმა სამუშაომ აჩვენა, რომ ცხლად გამოწნების დროს ხდება პრესფორმის ელემენტების გადახურება და ცვეთა, განსაკუთრებით მძიმე პირობებში მუშაობს სამილე სამართული, რომელიც იმყოფება გახურებული (800-1200°C) ნამზადის შუაგულში, რის შედეგადაც კარგავს სიმტკიცეს და ზოგჯერ გამჭიმავი ძალების ზემოქმედებით განიცდის რღვევას. აქედან გამომდინარე, პრესფორმების გამძლეობაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურული ფაქტორი, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გაცივების სისტემის გამოყენებას, რისთვისაც დაპროექტებული იქნა და თბილავიამშენებელ საწარმოში დამზადდა პრესფორმები 50 მმ-მდე დიამეტრის ნამზადის გამოწნებისათვის.

გამოწნების რეჟიმის შემსუბუქების მიზნით პროცესი გაიყო ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე წარმოებს მასრის მიღება, ხოლო მეორეზე - მასრიდან მილის მიღება. იმისათვის, რომ მასრის მიღების პროცესი წარიმართოს რაციონალურად, საჭიროა ნამზადს მიეცეს რადიალურად გაფართოების საშუალება, წინააღმდეგ შემთხვევაში ლითონის ჭარბი ნაწილი დაიწყებს პუანსონის საწინააღმდეგო მიმართულებით დენას. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად ნამზადს მიეცა მრავალწახნაგა პრიზმის ფორმა, იმ ანგარიშით, რომ ნამზადის კვეთის ფართობი ყოფილიყო მატრიცის კვეთის ფართობზე ნაკლები.

ნაშრომში, თეორიული და ექსპერიმენტული სამუშაოების შედეგების საფუძველზე შემუშავებული იქნა უკუგამოწნების მეთოდით მილნამზადის და შემდგომ სპეციალური მილების მიღებისათვის საწარმოო დანიშნულების პრესყალიბები.

სამუშაოში მოყვანილი პრესყალიბის კონსტრუქცია შედგება წყლით გაცივების სისტემისაგან, რომელიც იცავს პრესყალიბის ელემენტებს გახურებისაგან და შესაბამისად მნიშვნელოვნად ზრდის მათი მუშაობის ხანგრძლივობას, რაც იძლევა საგრძნობ ეკონომიკურ ეფექტიანობას.

საკვანძო სიტყვები: გამოწნება, პრესყალიბი, სამართული, პუანსონი, მასრა, მილნამზადი.

შესავალი

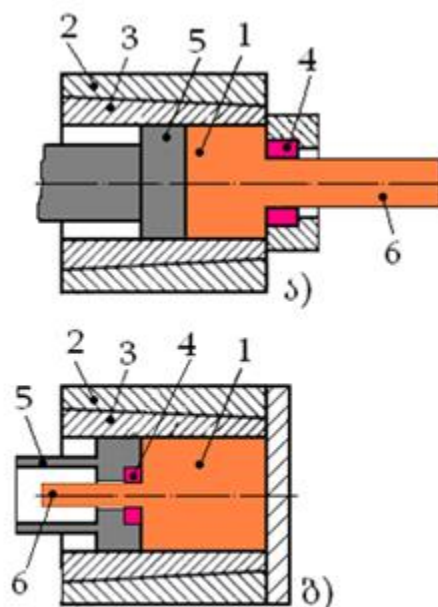
ტექნიკის მრავალ დარგში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა მარკის ფოლადის, ფერადი ლითონებისა და მათი შენადნობებისაგან დამზადებული საკონსტრუქციო და სპეციალური დანიშნულების მილები. ლითონური მილების წარმოებაში, მისი განვითარებისა და სრულყოფისათვის დიდი ძვრებია განხორციელებული, მაგრამ საბრძოლო და სანადირო სასროლი იარაღის ლულებისათვის მილნამზადების მიღების ტექნოლოგიური პროცესების შერჩევა-შემუშავება განსაკუთრებულ აქტუალურ და პრობლემურ საკითხს წარმოადგენს და განვითარებული ქვეყნების ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებათა დარგს მიეკუთვნება.

ძირითადი ნაწილი

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს სასროლი იარაღის ლულების და საერთოდ სპე-ციალური მილების მილნამზადების მიღება საშუალო ნახშირბადიანი და ლეგირებული ფოლადისაგან, გამოწნების ტექნოლოგიური პროცესის გამოყენებით. ეს მეთოდი გამოიყენება ძირითადად ფერადი ლითონების პროფილებისა და მილების ცივ მდგომარეობაში წარმოებისათვის. უფრო სალი ლითონებისა და შენადნობებისაგან დიდი კვეთის პროფილებისა და მილების ზოგიერთი სახეობის მიღება ცივი გამოწნების მეთოდით შეზღუდულია, ამიტომ ლითონდამუშავების ამ სფეროში უმეტესად გამოიყენება გამოწნება ცხელ მდგომარეობაში, რომელიც ნაკეთობის კონსტრუქციული ელემენტების მიღების სიზუსტით გამოირჩევა. სხვადასხვა სახის ნაკეთობის სორტამენტის დამზადებისათვის აღნიშნული მეთოდი დიდი მოქნილობით მიღების გამოცვლა, ერთი ტიპის ნაკეთობიდან მეორეზე გადასვლის მარტივი და სწრაფი გადაიარაღების საშუალებას იძლევა, პროცესს ეკონომიურად უფრო ხელსაყრელს ხდის და ნაკეთობის თვითღირებულება მცირდება გლინვის პროცესთან შედარებით, რომელიც უფრო რთულ მოწყობილობას, ხანგრძლივსა და ძვირ ტექნოლოგიურ პროცესს მოითხოვს. გარდა ამისა, გლინვას არ ექვემდებარება მაღალლეგირებული შენადნობებისაგან მიღების და რთული პროფილების დამზადება.

არჩევნ გამოწნების ორ მეთოდს: პირდაპირს და შექცევადს (ნახ. 1). პირდაპირ მეთოდთან შედარებით, შექცევადი მეთოდით გამოწნებისას, ლითონის ნარჩენი შესამ-ჩნევად მცირდება, ასევე 25%-ით მცირდება გამოწნების ძალა.

პირდაპირი მეთოდით გამოწნებით ძირითადად 6-12 მ სიგრძის მილები იწარმოება, ხოლო მოკლე 0,8 მ სიგრძის მილების წარმოებისათვის მიზანშეწონილია უკუგამოწნების პროცესის გამოყენება, სადაც გამოსაშვები პროდუქციის რაოდენობა შეესაბამება წვრილ სერიულ წარმოებას.



ნახ. 1. გამოწნების პროცესის სქემა:
ა - პირდაპირი მეთოდი; ბ - შექცეული მეთოდი

ცხლად გამოწნების პროცესში პრესყალიბის დეტალები ერთდროულად მაღალ-ტემპერატურულ და დაძაბულ მდგომარეობაში იმყოფება. ეს დეტალებია: მატრიცა, მილის სამართული, მადეფორმირებელი თავი და შიგა მილისა. მატრიცა უშუალოდ შეხებაშია ცხელ ლითონთან, რომლის ტემპერატურაა 800-1250°C-ს აღწევს. ყველაზე მეტად ცვეთა მიმდინარეობს მატრიცის კონუსთან, საიდანაც ლითონის გამოდინება სრიალით წარმოებს. განსაკუთრებით რთულ პირობებში მუშაობს სამილე სამართული, რომელიც გავარვარებული ნამზადის შუაგულში იმყოფება. მისი ხურების ხარისხი იმდენად მაღალია, რამდენადაც დიდხანს მიმდინარეობს გამოწნების პროცესი. სამართულის ცვეთა არათანაბარია მთელ სიგრძეზე და უმეტესად მიმდინარეობს პუანსონთან შეერთების ადგილზე, სადაც წნევა მაქსიმალურია [1].

სპეციალური მილების გამოწნების პროცესის შესწავლის საფუძველზე დადგინდა, რომ საჭიროა შეიქმნას პრესყალიბის კონსტრუქციის ისეთი ელემენტები, რომლებზეც აცილებული იქნება მაღალი ტემპერატურის უარყოფითი გავლენა, რაც გაზრდის მისი ექსპლოატაციის ხანგრძლივობას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გამოწნების მეთოდით სასროლი იარაღის ლულების მილნამზადების მიღება საშუალო ნახშირბადიანი და ლეგირებული ფოლადისაგან პრობლემურ საკითხს წარმოადგენს და ახლებურ მიდგომას მოითხოვს.

გამოწნების ინსტრუმენტის (პრესფორმის) დასამზადებლად განკუთვნილმა მასალამ მაღალი თბომედეგობა, სისალე, პროფილის და ზომების მუდმივობა უნდა უზრუნველყოს.

ამისათვის გამოწეხის ინსტრუმენტი მზადდება 3X2B8, 4XB2C, 5XHB, 38XMIOA და სხვა ლეგირებული ფოლადისაგან.

ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის 50 მმ გარე დიამეტრის ნამზადის გამოწეხი-სათვის დამზადდა ორი პრესფორმა. რეჟიმების შემსუბუქების მიზნით პროცესი გავყავით ორ ეტაპად: სხმულიდან მილნამზადის (მასრის) მისაღებად, ხოლო მეორე მილნამზადიდან მილის მისაღებად. მიუხედავად პროცესის წარმადობის შემცირები-სა, ასეთმა დაყოფამ საშუალება მოგვცა გაგვეზარდა დეფორმაციის სიჩქარე და პრესფორმების დეტალების ცვეთამედეგობა. შესაბამისად, დიდი მნიშვნელობა ენიჭებოდა პრესფორმების მუშაობის პროცესში მისი ელემენტების გაცივების სისტემის კონსტრუირებას. გაკეთდა თეორიული ანგარიში გამოწეხისათვის ჰიდ-რავლიკური წნეხის საჭირო სიმძლავრეზე, სადაც გამოყენებული იქნა გუბკინის [2] ფორმულა:

$$P = nc\sigma_s F \ln \frac{F}{f}$$

სადაც, n - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ლითონის ხახუნს მიმღების კედლებზე, როცა ნამზადის სიმაღლე მეტია მიმღების დიამეტრზე და იგი ტოლია

$$n = 1 + 0,08 \frac{H}{D} = 1,16.$$

C - ნამზადის ხახუნის ძალების განაწილების კოეფიციენტი და დადგენილია, რომ გლუვი მიღებისათვის, როცა $F/r < 1,8$, იგი ტოლია 5-ის;

D - მიმღების დიამეტრია, მმ;

F_0 - დასაწეხი ნამზადის ფართობია, 50 მმ ფოლადისათვის 1950 მმ²-ის ტოლია.

F_1 - მისაღები მილნამზადის ფართობია და 702 მმ² -ის ტოლია.

σ_s - დენადობის ზღვარია 1250°C-ზე და ტოლია 5კგ/მმ²-ის.

ამრიგად, ჰიდრავლიკური წნეხის სიმძლავრე დაახლოებით 130 ტონას შეესაბამება.

მასრის მიღებისათვის საჭირო ძალის საანგარიშოდ გამოვიყენეთ შემდეგი ფორმულა:

$$P = 5 \left(\sqrt{\frac{D}{d}} - 0,8 \right) \cdot F \cdot \sigma_s$$

სადაც D - ნამზადის დიამეტრია, მმ;

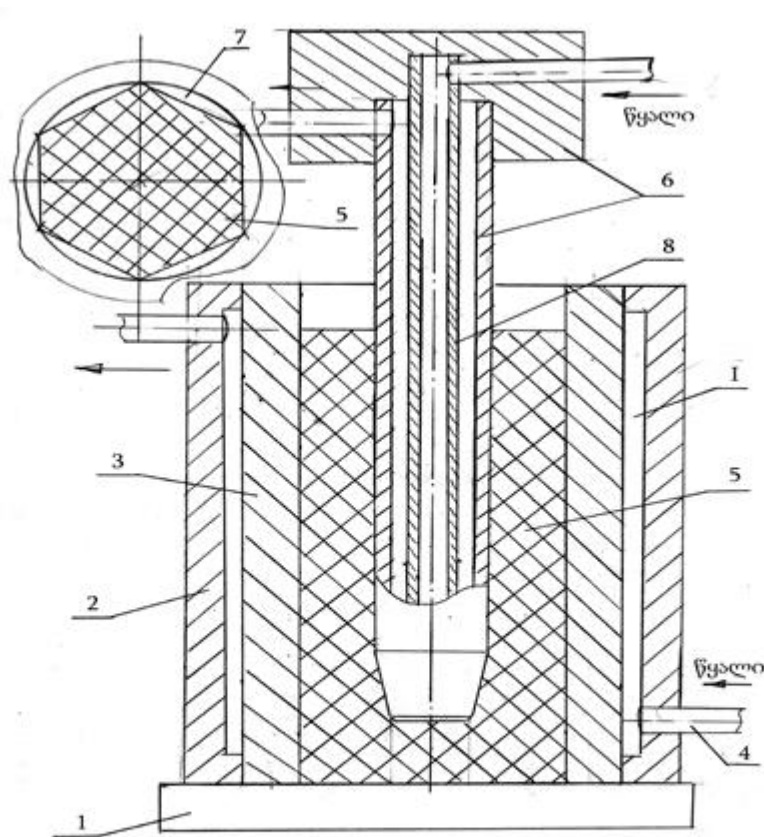
d - მასრის დიამეტრი, მმ;

F – ნამზადის ფართობი, მმ²;

σ_s – ლითონის დენადობის ზღვარი წნეხის ტემპერატურაზე, კგ/მმ².

ფორმულაში სათანადო მონაცემების შეტანით ვღებულობთ P ძალის მნიშვნელობას, რომელიც დაახლოებით 150 კგ.ძ-ის ტოლია. მასრის მისაღები პრესფორმის კონსტრუქციის სქემატური ნახაზი გამაცივებელი სისტემით მოცემულია ნახ. 2-ზე.

მასრის მიღებისათვის გათვალისწინებული იქნა ის ფაქტორი, რომ საჭირო იყო პრესფორმის კონტეინერში ნამზადს ჰქონოდა რადიალურად გაფართოების საშუალება, წინააღმდეგ



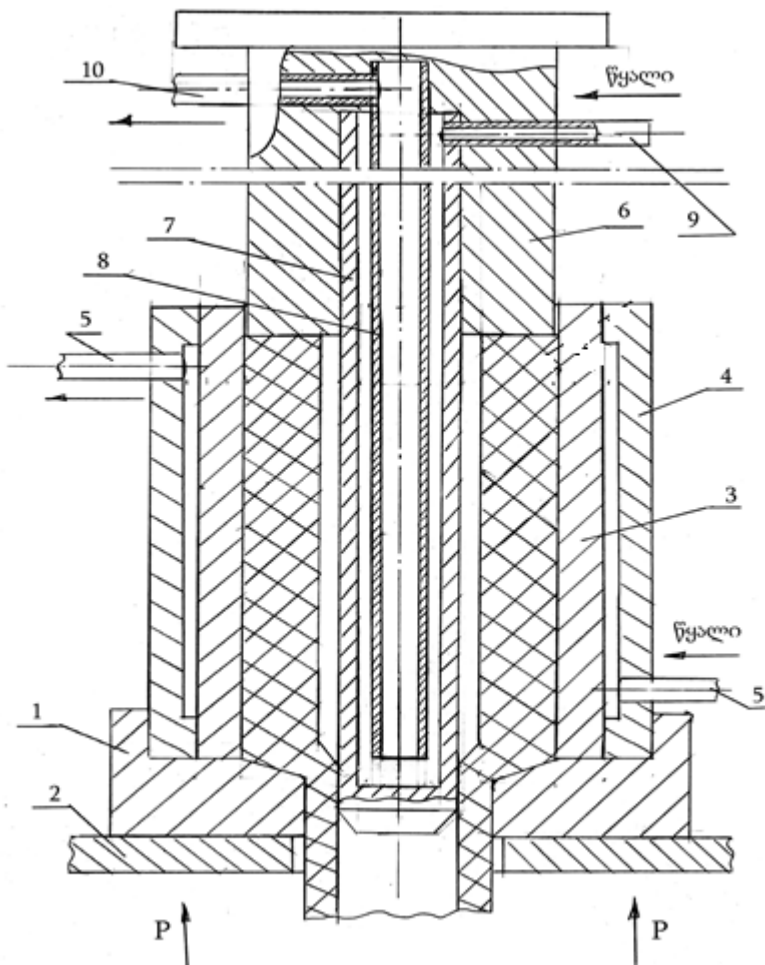
ნახ. 2. მასრის მისაღები პრესფორმის სქემა

**1-ფილა; 2-ცილინდრი; 3-კონტეინერი; 4-შტუცერები;
5-ნამზადი; 6-პუანსონი; 7-თავისუფალი სივრცე; 8-წყლის მილი**

შემთხვევაში ლითონი დაიწყებდა პუანსონის საწინააღმდეგო მიმართულებით დენას და მივიღებდით უკუგამოწნეხას [3]. ამის თავიდან ასაცილებლად, ნამზადს მიეცა მრავალწახნაგა პრიზმის ფორმა იმ ანგარიშით, რომ მისი კვეთის ფართობი მატრიცის კვეთის ფართობზე ნაკლები ყოფილიყო, რაც ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე, პოზიცია 7.

აღსანიშნავია, რომ ნამზადის მთელ კვეთში მექანიკური თვისებების გათანაბრებისათვის დეფორმაციის ხარისხი უნდა აღემატებოდეს 80-75%-ს. კვეთში დეფორმაციის ხარისხებს შორის განსხვავება იცვლება ხახუნის კოეფიციენტის ცვლილებით ლითონსა და ინსტრუმენტის კედლებს შორის. დეფორმაციის ხარისხის გარდა, გამოწნეხის პროცესზე დიდ გავლენას ახდენს ასევე დეფორმაციის სიჩქარის გათანაბრება. დეფორმაციის მაღალი სიჩქარეების დროს, ცხელი ლითონის შეხება პრესფორმის კედლებთან მცირე დროში ხდება. შესაბამისად ნამზადის კვეთში და სიგრძეში ტემპერატურათა განსხვავება კლებულობს, რაც უზრუნველყოფს დეფორმაციათა უთანაბრობის შემცირებას ნამზადის კვეთში. დეფორმაციის სიჩქარის ზრდა ამცირებს ნამზადსა და პრესყალიბის კედლებს შორის ხახუნის კოეფიციენტს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნამზადის კვეთში დეფორმაციის განაწილების ხასიათი განსაზღვრავს წნეხისათვის საჭირო ძალას.

ამრიგად, წნეხის აბსოლიტური სიდიდე დამოკიდებულია ნამზადის ზომაზე, მასალის



გვარობაზე, წნეხის ტემპერატურაზე, დეფორმაციის სიდიდეზე და ხარისხზე, ასევე წნეხის მეთოდზე და იარაღის კონსტრუქციაზე.

უკუგამოწნეხის დროს, როდესაც სრიალი მინიმალურია ნამზადსა და პრესფორმის კედლებს შორის, წნეხის ძალა იხარჯება მხოლოდ ლითონის მატრიცასთან ხახუნზე და დეფორმაციის მუშაობაზე. გარდა ამისა, უკუდეფორმაციის დროს ნამზადის სიგრძეს მნიშვნელობა არა აქვს.

სამუშაოში გაანგარიშებების, მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შემუშავებული იქნა უკუგამოწნეხის მეთოდით მილნამზადიდან სპეციალური მილების (ლულების) მიღებისათვის, საწარმოო დანიშნულების პრესყალიბი, წყლით გაცივების სისტემით, რომლის კონსტრუქციული სქემა მოყვანილია ნახ. 3-ზე.

ნახ. 3. მილის (ლულის) მისაღები პრესფორმა: 1-მატრიცა; 2-ფილა; 3-ცილინდრული კორპუსი; 4-გარსაცმი; 5-მილნამზადი(მასრა); 6-პუნსონი; 7-ღერო; 8-წყლის მილი; 9 და 10-შტუცერები

მასრის მიღების შემდეგ წარმოებს მისი გასუფთავება, ხელახალი გახურება და მიწოდება მილის მისაღებ პრესფორმაზე (ნახ. 3). ეს უკანასკნელი შედგება მატრიცისაგან - 1, რომელიც დადგმულია წნეხის ფილაზე - 2. მატრიცაში ჩაყენებულია კონტეინერი წყლის გაცივებით, შედგენილი ცილინდრული კორპუსისაგან - 3 და გარსაცმისაგან - 4. მილის მისაღებ კონტეინერში ჩაყენებულია მასრა (მილნამზადი) - 5. პუან-სონსა - 6 და კონტეინერს შორის ჩამაგრებულია ღერო (სამართული) - 7, ბოლოებზე ჩახრახნილია შტუცერები - 9, 10.

ცნობილია, რომ რაც უფრო ნაკლებია საწნეხი მასალის დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობა, მით სწრაფად მიმდინარეობს წნეხის პროცესი. ამ დროს ნაკლებია ნამზადის გაცივება და ასევე საწნეხი პრესფორმის გახურებაც. აქედან გამომდინარე ნაკლებია გამოწნეხისათვის საჭირო ძალა, უმჯობესდება ინსტრუმენტის მუშაობის პირობები და იზრდება პროცესის მწარმოებლობა. დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის შემცირება შესაძლებელია წნეხის წარმოებით მაქსიმალურად მაღალ ტემპერატურაზე. მაგრამ დასაშვებზე მეტი ტემპერატურის დროს ადგილი აქვს ლითონში ბზარების წარმოქმნას პლასტიკურობის დაქვეითების გამო, რაც იწვევს მსხვილმარცვლოვანი სტრუქტურის წარმოქმნას, კრისტალთშორისი შეჭიდულობის შესუსტებას და საერთოდ მექანიკური მახასიათებლების გაუარესებას. აქედან გამომდინარე, გამოწნეხის პროცესი უნდა განხორციელდეს ისეთ ოპტიმალურ ტემპერატურაზე, რომელიც უზრუნველყოფს ლითონის დეფორმაციისადმი მინიმალურ წინააღმდეგობას მაღალი პლასტიკურობის პირობებში.

დასკვნა:

1. კვლევის საფუძველზე შემუშავდა საწარმოო დანიშნულების პრესფორმების კონსტრუქცია გამაცივებელი სისტემით მილნამზადების (მასრების) და შემდგომ სპეციალური მილების მისაღებად ცხლად უკუგამოწნევის მეთოდით, რითაც აცილებული იქნა მაღალი ტემპერატურის უარყოფითი გავლენა;
2. უკუგამოწნეხის პრესფორმები გამაცივებელი სისტემით პროცესს უფრო ეკონომიურს ხდის, ნაკეთობის თვითღირებულება მცირდება გლინვის პროცესთან შედარებით, რომელიც უფრო რთული მოწყობილობის გამოყენებას მოითხოვს და აძვირებს ტექნოლოგიურ პროცესს;
3. შემუშავებული გამაცივებელი სისტემის მქონე ცხლად გამოწნეხის პრესფორმები საშუალონახშირბადიანი და ლეგირებული ფოლადებისაგან სპეციალური მილების დასამზადებლად გამოიყენება.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. М.М. Микаутадзе. Основы комплексного решения проблемы совершенствования технологического процесса и машин для производства бесшовных труб. Докт. диссерт., Тбилиси, 1987. 227 с.
2. С.И. Губкин., Теория обработки металлов давлением, Metallurgizdat, 1937, с. 90.
3. ნ. კანთელაძე. სპეციალური მიღების მიღების ტექნოლოგიის დამუშავება და სრულყოფა. დისერტაცია დოქტორის აკად. ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისი, 2018 წ.

Manufacture of special pipes by the method of heading

Nato Kanteladze¹; Alexander Gordeziani²; Nino Kenchiashvili³ Giorgi Gordeziani³

Tamar Tsertsvadze³, Tamar Tsilosani³

¹Academic Doctor of Georgian Technical University, Informatics and Control Systems Faculty

² Emeritus Professor of Georgian Technical University, Chemical Technology and Metallurgy Faculty

³ Associated Professor of Georgian Technical University, Chemical Technology and Metallurgy Faculty

Abstract

In spite of the success, achieved in the production of metal pipes, its further progress and improvement still remain a problematic issue due to the development of techniques and new technologies.

For the manufacture of barrels and special pipes of military shooting weapons, belonging to the small serial production is considered advisable applying the technological process of heading which is staying out by relatively simple technology and a small number of used equipment.

The experimental studies have shown that during hot heading, wearing and overheating processes are taking place of press mold elements. Especially in difficult conditions, a pipe mandrel works, when is heated up to 800-1200 Celsius in the middle of the specimen, after which it loses strength and sometimes under the action of tensile stress causes destruction. Based on this, the temperature factor has a great influence on the stability of the press mold; therefore, the use of a cooling system is of great importance. For this purpose, the press molds were designed and then manufactured in an aviation enterprise for heading of work piece with a diameter of 50 mm.

The process was divided into two stages to simplify the heading regime. The shell is obtained in the first stage, and the pipe is made from this shell in the second stage. It's necessary that the work piece

is being given the opportunity for radial expansion for the rational carrying out of the process of obtaining a shell, otherwise, the metal will begin to flow in the opposite direction of the punch and we will get reverse heading. To avoid this phenomenon, the specimen was given the shape of a polyhedral prism, for the purpose that the sectional area of the work piece would be less than the sectional area of the matrix.

In this paper, based on the results of theoretical and experimental studies, press molds for industrial use have been worked out for the production of special pipes and pipe work pieces by the reverse heading method.

In the work, the given design of the press form consists of a water cooling system, which protects the elements of the press mold from heating and, accordingly, significantly increases the duration of its work, which in turn gives a significant economic effect.

Keywords: *heading, press mold, mandrel, punch, shell, pipe work piece*

ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის შედარებითი ფენოტიპური მახასიათებლები ძირითად კერას, სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებსა და მეტასტაზურ ლიმფურ კვანძებში Luminal A და Luminal B მოლეკულური ქვეტიპებში

შოთა კეპულაძე¹; ირაკლი კობრიძე²; გიორგი ბურკაძე³

¹თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, დოქტორანტი

²თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ონკოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი

³თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი

აბსტრაქტი

კვლევა მოიცავდა ფორმალინში დაფიქსირებულსა და პარაფინში ჩაყალიბებულ (FFPE) ქსოვილებს საერთო ჯამში ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის (NST) 55 შემთხვევას. კვლევის განხორციელებისთვის შემუშავდა შემდეგი ალგორითმი იმუნოჰისტოქიმიური კვლევისა და შესაბამისი ანტისხეულების გამოყენებით: ვიმენტინი; ბეტა-კატენინი; E - კადჰერინი; ესტროგენი; პროგესტერონი და Her2, Ki67; სიმსივნის „ბადინგი“ შეფასებული იქნა H&E შედეგებზე ანათლებში კომპიუტერული პროგრამის Qupath-ის გამოყენებით (ვერსია 0.3.2). ესტროგენის ექსპრესია განსხვავებულია ძირითად კერასა და სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში და მისი ექსპრესია მკვეთრად შემცირებულია ძუძუს Luminal B მოლეკულური ქვეტიპში. ვიმენტინისა და ბეტა კატენინის ექსპრესია მსგავსი ცვლილებებით ხასიათდება მათი რაოდენობა მკვეთრად მაღალია სიმსივნურ მიკროკლასტერებში ძირითად კერასა და მეტასტაზურ ლიმფურ კვანძებთან შედარებით, რაც ჩვენი აზრით შესაძლებელია წარმოადგენდეს ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის გამოვლინებას. პროლიფერაციული აქტივობის ცვლილებების დინამიკა გვიჩვენებს, რომ პროლიფერაციული აქტივობა ყველაზე ნაკლებია სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში, რაც შეიძლება განხილულ იქნას ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის არაპირდაპირ მაჩვენებლად.

საკვანძო სიტყვები: ძუძუს კიბო; ეპითელურ მეზენქიმური ტრანსფორმაცია; სიმსივნის ბადინგი (TB);

ძუძუს კიბო წარმოადგენს ქალთა პოპულაციაში ყველაზე ხშირ ავთვისებიან სიმსივნეს და ასევე მსოფლიოს მასშტაბით სიმსივნესთან ასოცირებული სიკვდილობის მეორე მიზეზს [1]. ძუძუს კიბო არის ჰეტეროგენული დაავადება და სხვადასხვა ფაქტორი განაპირობებს მის პროგნოზსა თუ მკურნალობაზე განსხვავებულ მგრძობელობას [2]. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია არის კომპლექსური უჯრედული პროგრამა, რომლის დროსაც ეპითელური უჯრედები იძენენ მეზენქიმურ ფენოტიპს მათ შორის მოძრობის უნარს, რითაც აიხსნება მათი შემდგომი ინვაზირება და მეტასტაზირება. განირჩევა სამი სახის EMT პროგრამა: ტიპი 1 კავშირშია ემბრიოგენეზის, გასტრულაციისა და ნერვული მილის ფორმირებასთან; ტიპი 2 - ქსოვილის რეგენრაციისა და ჭრილობის შეხორცებასთან; ტიპი 3 ასოცირებულია ავთვისებიან სიმსივნებთან, სიმსივნის ინვაზიასთან და მეტასტაზირებასთან [1,2,3].

მორფოლოგიურად EMT ხასიათდება ეპითელური უჯრედების დედიფერენციაციით ეპითელური უჯრედებიდან მეზენქიმურ ფენოტიპზე; შემცირებული E-კადჰერინის და გაზრდილი N-კადჰერინის ექსპრესიით, ასევე ვიმენტინისა და სხვადასხვა პროტეაზების გაძლიერებული ექსპრესიით.

EMT მიჩნეულია როგორც კრიტიკული-გარდამავალი საფეხური სიმსივნის პრეინვაზიურიდან ინვაზიურ მდგომარეობაში პროგრესიაში, ასევე სიმსივნის ორგანოში ლოკალიზებული ფორმიდან მის ვრცელ დისემინირებულ-მეტასტაზირებულ დაავადებამდე [4] გარდაქმნაში.

არსებობს მოსაზრება რომ ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაცია არ არის აუცილებელი საფეხური მეტასტაზირების პროცესში, ის უფრო მეტად წარმოადგენს გარდამავალ მდგომარეობას.

კვლევებმა აჩვენა, რომ სიმსივნური უჯრედების მიგრაციის შემდგომ ისინი გადიან საწინააღმდეგო პროცესს მეზენქიმურ-ეპითელურ ტრანსფორმაციას (MET). MET არის მდგომარეობა როცა მეზენქიმური უჯრედები უკან იბრუნებენ ეპითელურ ფენოტიპს, განსაკუთრებით კი დისტანციურ მეტასტაზირებულ უბნებში [2].

EMT-ის ძირითადი რეგულატორი მედიატორები მოიცავს TGF- β , Notch და Wnt სასიგნალო გზებს; თუმცა ასევე განპირობებულია სიმსივნური მიკროგარემოს ეფექტებით, როგორცაა ჰიპოქსია და სხვადასხვა მოლეკულების ექსპრესია (miRNAs) [5,6].

მოწოდებულია ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ ესტროგენული რეცეპტორის (ER) დაკარგვა განაპირობებს უჯრედთა ტრანს-დიფერენციაციას ეპითელურიდან მეზენქიმურ ფენოტიპზე და მათ გაზრდილი აგრესიულობისა და მეტასტაზირების პოტენციალს [9]. ეპითელურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის თავისებურებები ნაკლებადაა შესწავლილი ძუძუს კიბოს მოლეკულურ ქვეტიპებში: Luminal A, Luminal B; Her2 პოზიტიური და სამმაგად ნეგატიურში;

მოლეკულური მექანიზმები, რომელიც საფუძვლად უდევს მეზენქიმურ ფენოტიპად ტრანსფორმაციას ბუნდოვანი რჩება. თუმცა, ზოგიერთი კვლევით დასტურდება KRAS უფრო გამობატული აქტივაცია სხვა მოლეკულურ ტიპებთან შედარებით, რაც მიუთითებს KRAS-ის მნიშვნელოვან როლს მეზენქიმური ფენოტიპის ჩამოყალიბებაში, რასაც ის ახორციელებს SNAI2-ის ექსპრესიით [4]. მსგავსი ჰისტოლოგიური და კლინიკური ინფორმაცია კიდევ ერთხელ ხაზს უსვამს ძუძუს კიბოს ბიოლოგიურ ჰეტეროგენულობას [4].

სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერები (Tumor budding) წარმოადგენს პათოლოგიურ ფენომენს რომელიც ნაჩვენებია ბევრ სხვადასხვა სიმსივნეში[2]–[4]. მიუხედავად იმისა, რომ მისი ზუსტი განმარტება საკამათოა და განსხვავდება სხვადასხვა კვლევაში, სადღეისოდ შეჯერებული შეთანხმების მიხედვით სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერები (TB) არის მცირე სიმსივნურ უჯრედული ჯგუფები ან შესაძლოა ინდივიდუალური სიმსივნური უჯრედებიც, რომლებიც სიმსივნის ძირითადი მასისაგან ინვაზიის ხაზზე განცალკევებულად მდებარეობენ. ისინი შესაძლოა განირჩეოდნენ როგორც სიმსივნის ძირითად კერაში (ინტრა-სიმსივნური) ასევე სიმსივნის ძირითადი მასის პერიფერიულ ნაწილში (პერიფერიული სიმსივნური). თავდაპირველად სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერები შესწავლილ იქნა მსხვილი ნაწლავის სიმსივნეებში, თუმცა სულ უფრო მეტი კვლევა ავლენს მის შესაძლო პროგნოზულ ღირებულებას ისეთ ორგანოთა სიმსივნეებში როგორცაა პანკრეასის, საყლაპავის, ხორხის, ძუძუსა და სხვა [4]–[9]. ზოგიერთი კვლევის თანახმად, ძუძუსა და სხვა ორგანოთა სიმსივნეებში სიმსივნის მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებელი ასოცირებული იყო ლიმფოვასკულურ ინვაზიასთან (LVI) და/ან ასევე ლიმფური კვანძების მეტასტაზურ დაზიანებასთან [8]. ამას გარდა, ბევრი კვლევა მიუთითებს რომ სხვადასხვა სიმსივნის შემთხვევაში, სიმსივნის მიკროკლასტერების მაღალი ციფრი ასოცირებულია სიმსივნისგან განკურნების დაბალ მაჩვენებელთან. ზოგიერთი კვლევის თანახმად სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერები (TB) ასევე კავშირშია ისეთ პათოლოგიურ ფაქტორებთან როგორცაა სიმსივნის უფრო დიდი ზომა, ლიმფოვასკულური ინვაზია, თუმცა მას შესაძლოა ასევე ქონდეს დამოუკიდებელი პროგნოზული ღირებულება.

სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ვასკულურ ინვაზიასთან მრავალი კვლევით გამოვლენილმა ასოციაციამ განაპირობა ის მტკიცება, რომ ეს უჯრედები ჩართული არიან ადრეულ მეტასტაზირების პროცესში ეპითელიურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის გავლის გზით (EMT)[10], [11].

ცნობილია, რომ სიმსივნური უჯრედები, რომლებიც გაივლიან EMT ტრანსფორმაციას არიან უფრო ინვაზიურები და ხასიათდებიან, როგორც მეტასტაზირების მეტი პოტენცილით, ასევე აღინიშნება სიმსივნური პაციენტების ზოგადი გადარჩენადობის ნაკლები მაჩვენებელი. [10], [12]–[16]. ამ პროცესის ადრეულ ეტაპზე მყოფი სიმსივნური უჯრედებზე ზემოქმედებას გააჩნია დიდი კლინიკური ღირებულება, რადგანაც ძუძუს სიმსივნის მქონე პაციენტების 30%ში

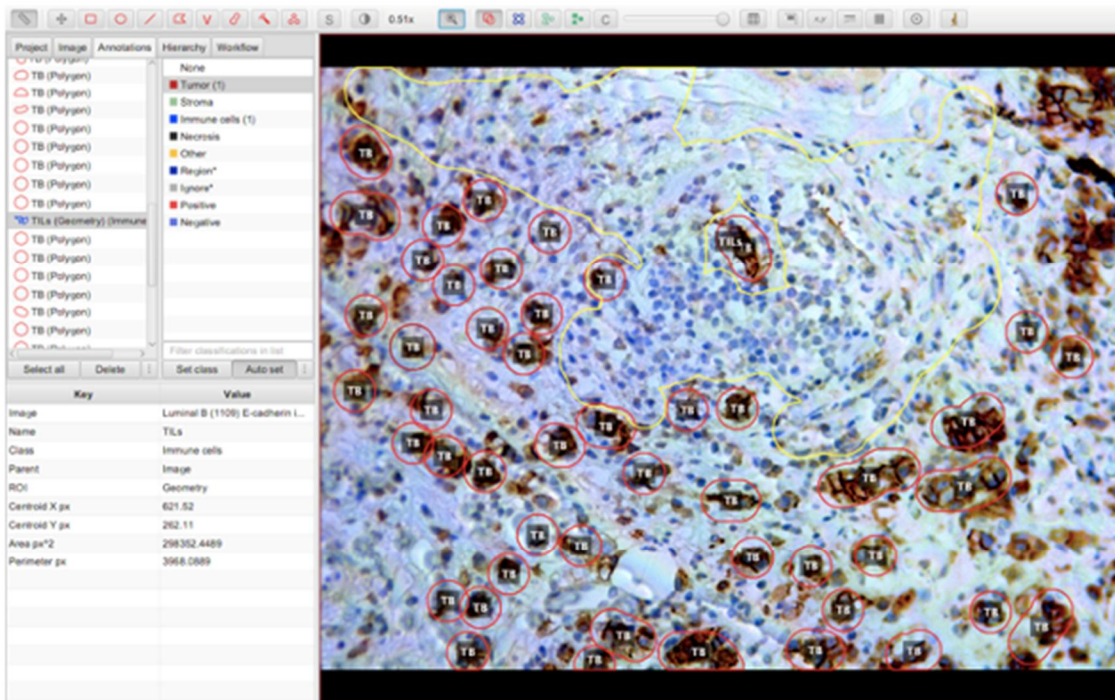
სიმსივნის მეტასტაზირება ჯერ კიდევ რჩება ლეტალური გამოსავლის მთავარ მნიშვნელოვან მიზეზად. პაციენტის გადარჩენადობისა და ზოგადი გამოსავლის გასაუმჯობესებლად, მეტასტაზირების პროცესის ბლოკირება ახალი დამიზნებითი მკურნალობის საშუალებებით, გააუმჯობესებს მაღალი ინვაზიურობისა და აგრესიულობის მქონე სიმსივნეების უკეთეს გამოსავალს.

მასალა და მეთოდები

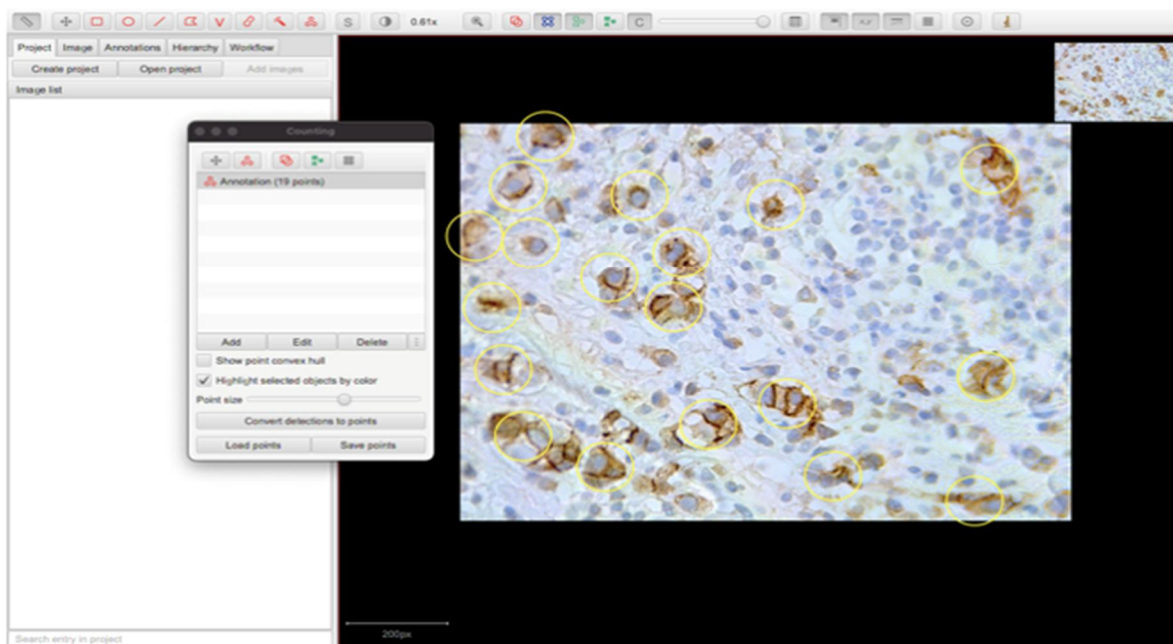
კვლევა მოიცავდა ფორმალინში დაფიქსირებულსა და პარაფინში ჩაყალიბებულ (FFPE) საერთო ჯამში 55 შემთხვევას რომელთაგანაც ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის Luminal A მოლეკულური ტიპი წარმოადგენს 33 შემთხვევას ხოლო 22 – Luminal B. არაპერსონიფიცირებული საკვლევი პარაფინის ბლოკები ამოღებულ იქნა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და დიაგნოსტიკური ლაბორატორიის არქივიდან. ძუძუს სიმსივნის შემთხვევები დიაგნოსტირებული იყო 2017-2021 წლებში. კვლევისთვის შემუშავდა შემდგომი ალგორითმი (იხილეთ ცხრილი1-3): შეფასდა სიმსივნის საკვლევი კერის ზომა; ლიმფური კვანძების მდგომარეობა; სიმსივნის ჰისტოლოგიური დიფერენციაცია St. Gallen 2013 criteria [18]; როგორც ძირითად კერაში ასევე სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებსა და მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში; პროლიფერაციის ინდექსი ki67; E-კადჰერინის, ვიმენტინისა და ბეტა-კატენინის ექსპრესია ესტროგენული და პროგესტერინული რეცეპტორები, Her2 (განხორციელდა იმუნოჰისტოქიმიური ტექნოლოგიით Antibody Clones: ER-clone:6F11; PR-clone:16; HER2-clone: CB11; Ki67-clone:MM1; Vimentin – clone:V9; E-cadherin – clone:36B5; Beta-Catenin Clone:17C2; ვიზუალიზაციის სისტემა - Novolink™ Max Polymer Detection System). კვლევა მხარდაჭერილია თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ეთიკის კომისიის მიერ.

რაოდენობრივი შეფასებისათვის გამოყენებული იყო H&E ტექნოლოგიით შეღებილ ანათლებზე ციფრული პათოლოგიის კომპიუტერული პროგრამა QuPath.

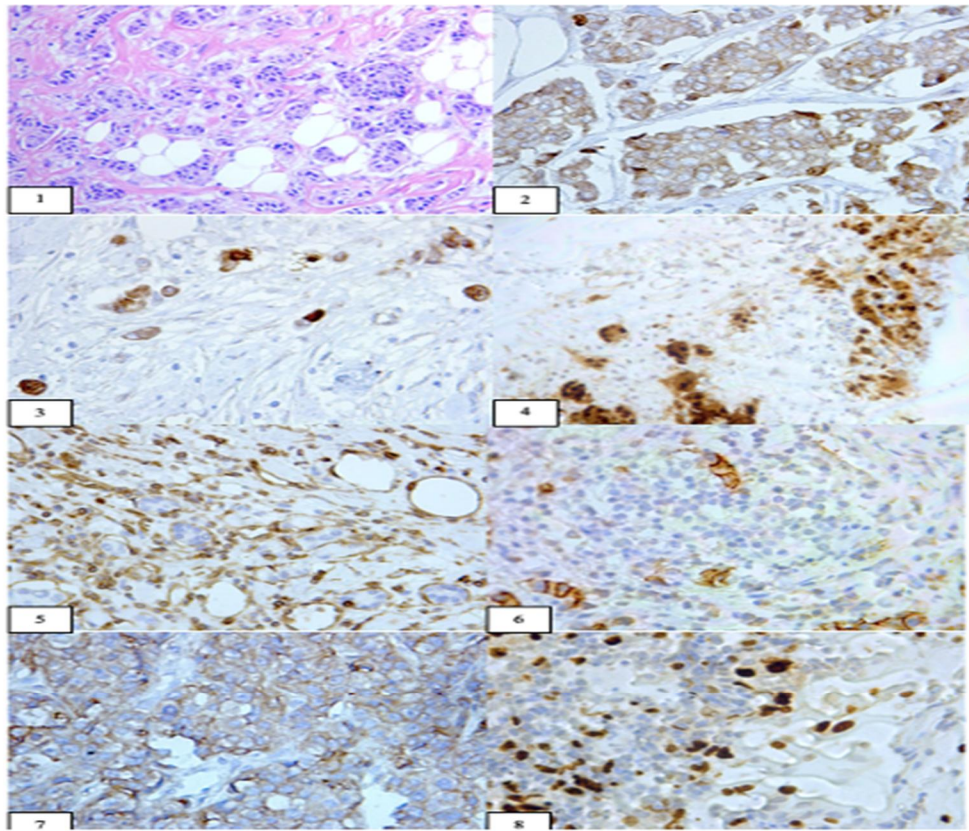
სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ინდექსი (TB - ინდექსი) შეფასებული იქნა H&E ტექნოლოგიით შეღებილ ანათლებში ორი დამოუკიდებელი პათოლოგ-ანატომის მიერ (თ.მ; გ.ბ). H&E ანათლები დასკანერდა, ფოტოგრაფირდა და რაოდენობრივად შეფასდება ციფრულ პლათფორმაზე QuPath- Quantitative Pathology & Bioimage Analysis კომპიუტერული მხარდაჭერის პროგრამა ვერსია 0.3.2. [19] იხილეთ სურათი 1 და 2).



სურათი 1: Qupath H&E; სისივზურ უჯრედული მიკროკლასტერების შეფასება – შემთხვევის ნომერი 15



სურათი 2: HPF 400X H&E - სისივზურ უჯრედული მიკროკლასტერების შეფასება; შემთხვევის ნომერი 12



სურათი 3: 1. H&E სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების რიცხვი >9; 2. IHC: ბეტა-კატენინის ექსპრესია სიმსივნურ უჯრედულ კერაში 400X; 3. IHC, ბეტა-კატენინის ექსპრესია სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში 400X; 4. IHC ER ექსპრესია სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში 400X; 5. IHC, Vimentin ექსპრესია სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში 400X; 6. IHC, E-cadherin ექსპრესია სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში 400X; 7. IHC, E-cadherin ექსპრესია ლიმფურ კვანძებში 400X; 8. IHC, Ki-67 ექსპრესია სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში 400X;

სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების შესაფასებლად გამოყენებული იქნა რეკომენდაცია მიღებული საერთაშორისო სიმსივნის „ბადინგის“ 2016 წლის კონსენსუსის თანახმად International Tumor Budding Consensus Conference (ITBCC) 2016[20]. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების (TB) განმარტება და შეფასება: გამოყენებული იქნა შემდეგი განმარტება: ერთეული იზოლირებული სიმსივნური უჯრედები და/ან 5 სიმსივნურ უჯრედამდე შემდგარი უჯრედული კლასტერები [20].

H&E და იმუნოჰისტოქიმიური კვლევის შედეგების ინტერპრაცია განხორციელდა ორი დამოუკიდებელი პათოლოგ-ანატომის მიერ (თ.მ; გ.ბ). რაოდენობრივი მონაცემები დამუშავდა შესაბამისი სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით: კორელაცია განისაზღვრა Spearman's rank test -ის მიხედვით ხოლო შედარებითი ანალიზისთვის ჯგუფებს შორის გამოყენებული იქნა Mann-Whitney და Kruskal-Wallis ტესტი. მგრძობელობა და სპეციფიურობა შეფასდა 95% იანი სარწმუნოების ინტერვალით. P რიცხვი <0.05 განხილულ იქნა სტატისტიკურად სარწმუნოდ. ყველა სტატისტიკური დამუშავება განხორციელდა SPSS statistical software V20.0-ის საშუალებით.

შედეგები და განხილვა

ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის Luminal A მოლეკულური ტიპის შესწავლილი 33 შემთხვევაში მაღალდიფერენცირებული ინვაზიური სადინროვანი კარცინომა Grade 1 წარმოდგენილი იყო 3 შემთხვევაში (9,1%); ზომიერად დიფერენცირებული Grade 2 – 11 შემთხვევაში (33.3%); დაბალდიფერენცირებული Grade 3 – 19 შემთხვევაში (57.6%); Luminal A მოლეკულური ტიპის 33 შემთხვევიდან სიმსივნის ძირითად კერაში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია უჯრედთა 0-10%-ში აღინიშნება 7 შემთხვევაში (21.2%); 11-50% - 12 შემთხვევაში (36.4%), ხოლო >51% - 14 შემთხვევაში (42.4%); პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია აღინიშნებოდა უჯრედთა 0-10%-ში 10 შემთხვევაში (30.3%); 11-50%-ში 12 შემთხვევაში (36.4); >51%-ში 14 შემთხვევაში (42.4%); ვიმენტინის ექსპრესია აღინიშნებოდა უჯრედთა 0-10%-ში 6 შემთხვევაში (18.2%); 11-50%-ში და >51%-ში ვიმენტინის ექსპრესია არ გამოვლინდა. ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის ძირითად კერაში ზეტა კატენინის ექსპრესია 0-10%-ში აღინიშნებოდა 7 შემთხვევაში (21.2%); ზეტა კატენინის ექსპრესია 11-50% და >51%-ში არ გამოვლინდა არცერთ შემთხვევაში; პროლიფერაციული ინდექსი Ki-67 1-3%-მდე ინტერვალში აღინიშნა 33 შემთხვევიდან 3 შემთხვევაში (9.1%), 4-9%-მდე ინტერვალში 8 შემთხვევაში (24.2%); 9-14%-მდე ინტერვალში 22 შემთხვევაში (66.7%), >14 % პროცენტზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა.

Luminal B მოლეკულური ტიპის შესწავლილი 22 შემთხვევიდან მაღალდიფერენცირებული ინვაზიური სადინროვანი კარცინომა Grade 1 წარმოდგენილი იყო 3 შემთხვევაში (13.6%); ზომიერად დიფერენცირებული Grade 2 -12 შემთხვევაში (54.5%); დაბალ დიფერენცირებული Grade 3 – 7 შემთხვევაში (31.8%); Luminal B მოლეკულური ტიპის 22 შემთხვევიდან სიმსივნის ძირითად კერაში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია უჯრედთა 0-10%-ში აღინიშნება 5 შემთხვევაში (22.7%); 11-50% - 9 შემთხვევაში (40.9%), ხოლო >51% - 8 შემთხვევაში (36.4%); პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია აღინიშნებოდა უჯრედთა 0-10%-ში 4 შემთხვევაში (18.2%); 11-50%-ში 11 შემთხვევაში (50.0%); >51%-ში 7 შემთხვევაში (31.8%); ვიმენტინის ექსპრესია აღინიშნებოდა უჯრედთა 0-10%-ში 9 შემთხვევაში (40.9%); 11-50%-ში და >51%-ში ვიმენტინის ექსპრესია არ გამოვლინდა. ზეტა კატენინის ექსპრესია 0-10%-ში აღინიშნებოდა 11 შემთხვევაში (50.0%); ზეტა კატენინის ექსპრესია 11-50% და >51%-ში არ გამოვლინდა არცერთ შემთხვევაში; პროლიფერაციული ინდექსი Ki67-ის ექსპრესია 1-3%-მდე ინტერვალში არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა, 4-9%-მდე ინტერვალში აღინიშნებოდა 1 შემთხვევაში (4.5%) 9-14%-მდე ინტერვალში 3 შემთხვევაში (13.6%) ხოლო 18 შემთხვევაში აღინიშნება >14%ზე (ცხრილი 1).

ცხრილი 1: სიმსივნის ძირითადი კერის მახასიათებლები (n=55) Table 1						
	მახასიათებლები	Luminal A			Luminal B	
		მოდულური ტიპი	N	%	N	%
სიმსივნის ძირითადი კერა	Nottingham Grade	Luminal	33.0	60.0	22.0	40.0
		Grade 1	3	9.1	3	13.6
		Grade 2	11	33.3	12	54.5
	ER - ესტროგენი	Grade 3	19	57.6	7	31.8
		0-10%	7	21.2	5	22.7
		11-50%	12	36.4	9	40.9
	PR - პროგესტერონი	>51%	14	42.4	8	36.4
		0-10%	10	30.3	4	18.2
		11-50%	12	36.4	11	50.0
	ვიმენტინი	>51%	11	33.3	7	31.8
		0-10%	6	18.2	9	40.9
		11-50%	0	0.0	0	0.0
ბეტა-კატენინი	>51%	0	0.0	0	0.0	
	0-10%	7	21.2	11	50.0	
	11-50%	0	0.0	0	0.0	
Ki67	>51%	0	0.0	0	0.0	
	1-3%	3	9.1	0	0.0	
	4-9%	8	24.2	1	4.5	
	9-14%	22	66.7	3	13.6	
		14 >%	0	0.0	18	81.8

Luminal A მოლეკულური ტიპის ძუძუს ინვაზიურ სადინროვან კარცინომების შესწავლილ 33 შემთხვევაში სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებელი (TB: 0-5) გამოვლინდა 6/33 შემთხვევაში (18.2%); 6 შემთხვევიდან ესტროგენის ექსპრესია 11-50 % ინტერვალში აღინიშნება 2 შემთხვევაში (33.3%); ხოლო 51% 4 შემთხვევაში (66.7%); პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 11-50% ინტერვალში აღინიშნებოდა 3 შემთხვევაში (50.0%); 51%> ინტერვალში 3 შემთხვევაში (50.0%). ვიმენტინის ექსპრესია 0-1% ინტერვალში აღინიშნებოდა 2 შემთხვევაში (33.3%); 1-10%-ში 3 შემთხვევაში (50.0%); 11-50%-ში - 1 შემთხვევაში (16.7%); ბეტა კატენინის ექსპრესია 0-1% ინტერვალში 3 შემთხვევაში (50.0%); 1-10% ინტერვალში აღინიშნება 2 შემთხვევაში (33.3%); 11-50% - 1 შემთხვევაში (16.7); E-კადჰერინის ექსპრესია აღინიშნებოდა 11-50% ინტერვალში 2 შემთხვევაში (33.3); 51%> ინტერვალში 4 შემთხვევაში (66.7%); პროლიფერაციული ინდექსის Ki67-ის ექსპრესია 4-9%-ში აღინიშნებოდა 1 შემთხვევაში (16.7%); 9-14%-ში 5 შემთხვევაში (83.3%);

სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებელი (TB: 5-9) აღინიშნებოდა 18/33 შემთხვევაში (54.5%); 18 შემთხვევიდან ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 11-50% ინტერვალში აღინიშნებოდა 7 შემთხვევაში (38.9%); 51% ინტერვალში 11 შემთხვევაში (61.1%); პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 11-50% ინტერვალში 10 შემთხვევაში (55.6%) ხოლო >51% 8 შემთხვევაში (44.4%); ვიმენტინის ექსპრესია 0-1% ინტერვალში აღინიშნებოდა 4 შემთხვევაში (22.2%); 1-10% 11 შემთხვევაში (61.1%) 11-50% ინტერვალში 3 შემთხვევაში (16.7%) >51%-ზე ვიმენტინის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა; ბეტა კატენინის ექსპრესია 0-1% ინტერვალში აღინიშნებოდა 5 შემთხვევაში (27.8%) ხოლო 1-10% ინტერვალში 9 შემთხვევაში (50.0%); 11-50% ინტერვალში 4 შემთხვევაში (22.2%), >51%-ზე ბეტა კატენინის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა. E-კადჰერინის ექსპრესია აღინიშნებოდა 18 შემთხვევიდან 11-50% ინტერვალში 8 შემთხვევაში (44.4%) ხოლო >51%-ზე 10 შემთხვევაში (55.6%), 1-10% და 0-1% ინტერვალში E-კადჰერინის ექსპრესია არ გამოვლინდა. პროლიფერაციული ინდექსი Ki67-ის ექსპრესია 18 შემთხვევიდან 1-3% ინტერვალში აღინიშნებოდა 3 შემთხვევაში (16.7%), 4-9% - 6 შემთხვევაში (33.3%) 9-14% - 9 შემთხვევაში (50.0%) <14%-ზე პროლიფერაციული ინდექსი არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა.

სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებელი (TB: >9) აღინიშნებოდა 9/33 შემთხვევაში (27.3%); 9 შემთხვევიდან ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10% ინტერვალში აღინიშნებოდა 6 შემთხვევაში (66.7%) ხოლო 11-50% ინტერვალში აღინიშნებოდა 3 შემთხვევაში (33.3%) >51% ინტერვალში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა. პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10% ინტერვალში აღინიშნებოდა 4 შემთხვევაში (44.4%) 11-50% ინტერვალში 5 შემთხვევაში (55.6%) ხოლო >51%-ზე პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა. ვიმენტინის ექსპრესია 0-1% ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (22.2%), 1-10% ინტერვალში 3 შემთხვევაში (33.3%) 11-50% - 4 შემთხვევაში (44.4%) ხოლო >51% ინტერვალში ვიმენტინის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა. ბეტა კატენინის ექსპრესია 0-1% ინტერვალში აღინიშნა 1 შემთხვევაში (11.1%) 1-10% მდე ინტერვალში 2 შემთხვევაში (22.2%), 11-50% მდე - 6 შემთხვევაში (66.7%) ხოლო >51%-ზე ბეტა კატენინის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა. E-კადჰერინის ექსპრესია 0-1% და 1-10% ინტერვალში არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა. რაც შეეხება 11-50% მდე ინტერვალს აღინიშნა 8 შემთხვევაში (44.4%) ხოლო >51% - 10 შემთხვევაში (55.6%). პროლიფერაციული ინდექსი Ki 67-ის ექსპრესია 1-3%-მდე ინტერვალში აღინიშნა 4 შემთხვევაში (44.4%) 4-9% - 2 შემთხვევაში (22.2%), 9-14% ასევე 2 შემთხვევაში (22.2%) Ki67-ის ექსპრესია >14%-ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა.

Luminal B მოლეკულური ტიპის ძუძუს ინვაზიურ სადინროვან კარცინომების შესწავლილ 22 შემთხვევაში სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებელი (TB :0-5) გამოვლინდა 3/22 შემთხვევაში (13.6%); რომელთაგანაც ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 1-

10% ინტერვალში აღინიშნებოდა 2 შემთხვევაში (66.7%), ხოლო 11-50% ინტერვალში 1 შემთხვევაში (33.3%) >51%-ზე ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლინდა. პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10% ინტერვალში გამოვლინდა 1 შემთხვევაში (33.3%), ხოლო 11-50% ინტერვალში 2 შემთხვევაში (66.7%), >51%-ზე პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში აღინიშნა 1 შემთხვევაში (33.3%), 11-50% მდე ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (66.7%) ხოლო 1-10% მდე ინტერვალში ასევე >51%-ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. ბეტა კატენინის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში აღინიშნა 1 შემთხვევაში (33.3%), 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნება ასევე 1 შემთხვევაში (33.3%), 11-50%მდე - 1 შემთხვევაში (33.3) >51%-ზე ბეტა კატენინის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. E-კადჰერინის ექსპრესია 11-50% ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (100%) 0-1%, 1-10% და >51% ინტერვალში E-კადჰერინის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. პროლიფერაციული ინდექსი Ki67-ის ექსპრესია აღინიშნა 9-14%ინს ინტერვალში 1 შემთხვევაში (33.3%) ასევე >14%-ზე 2 შემთხვევაში (66.7%) 4-9% ინტერვალსა და 1-3%-ში არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა.

სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებელი (TB: 5-9) აღინიშნა 5/22 შემთხვევაში (22.7%); რომელთაგანაც ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (60%), ხოლო 11-50%მდე 2 შემთხვევაში (40.0%) >51%-ზე ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (40%) ხოლო 11-50%მდე 3 შემთხვევაში (60.0%) >51%-ზე პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში აღინიშნა 1 შემთხვევაში (20.0%) 11-50% ინტერვალში აღინიშნა 4 შემთხვევაში (80%) 1-10მდე ინტერვალში და ასევე >51%-ზე ვიმენტინის ექსპრესია არ გამოვლენილა არცერთ შემთხვევაში. ბეტა კატენინის ექსპრესია 0-1%მდე აღინიშნა 1 შემთხვევაში (20%) 1-10%მდე 1 შემთხვევა (20%) 11-50%მდე აღინიშნა 3 შემთხვევაში (60%) ხოლო >51%-ზე მეტი არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. E-კადჰერინის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 1 შემთხვევაში (20%) 11-50% ინტერვალში 4 შემთხვევაში (80%) 0-1% და >51%-ზე E-კადჰერინის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. პროლიფერაციული ინდექსი Ki67-ის ექსპრესია 9-14% მდე 2 შემთხვევაში (40%), >14%-ზე აღინიშნა 3 შემთხვევაში (60%) 1-3% და 4-9%მდე ინტერვალში არცერთი შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებელი (TB: >9) აღინიშნა 14/22 შემთხვევაში (63.6%); რომელთაგანაც ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 10 შემთხვევაში (71.4%) , 11-50%მდე 4 შემთხვევაში (28.6%), >51%-ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 9 შემთხვევაში (64.3%), 11-50%მდე აღინიშნა 5 შემთხვევაში (35.7%), >51%-ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. ვიმენტინის

ექსპრესია 0-1% ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (14.3%) 11-50%მდე აღინიშნა 5 შემთხვევაში (35.7%) >51%-ზე - 7 შემთხვევაში (50.0%). 1-10%მდე ვიმენტინის ექსპრესია არცერთ ჯგუფში არ დაფიქსირებულა. ბეტა კატენინის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (14.3%) 11-50%მდე აღინიშნა 3 შემთხვევაში (21.4%) >51% აღინიშნა 9 შემთხვევაში (64.3%). 1-10% ინტერვალში არცერთ შემთხვევაში არ დაფიქსირებულა. E-კადჰერინის ექსპრესია 0-1%მდე აღინიშნა 2 შემთხვევაში (14.3%) 1-10%მდე აღინიშნა 5 შემთხვევაში (35.7%) 11-50%-მდე 7 შემთხვევაში (50.0%) >51%ზე არცერთ ჯგუფში არ გამოვლენილა. პროლიფერაციული ინდექსის Ki-67ის ექსპრესია 4-9%მდე ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (14.3%) 9-14%-მდე 4 შემთხვევაში (28.6%) >14%ზე 8 შემთხვევაში (57.1%) (ცხრილი 2).

ცხრილი 2: სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მახასიათებლები;

		Luminal A - 33						Luminal B - 22					
		TB რიცხვი											
		0-5 Low		5-9 (Medium)		>9 (High)		0-5 Low		5-9 (Medium)		>9 (High)	
N/Frequency		6	18.2	18	54.5	9	27.3	3	13.6	5	22.7	14	63.6
ER	1-10%	0	0	0	0	6	66.7	2	66.7	3	60	10	71.4
	11-50%	2	33.3	7	38.9	3	33.3	1	33.3	2	40	4	28.6
	51%>	4	66.7	11	61.1	0	0	0	0	0	0	0	0
PR	1-10%	0	0	0	0	4	44.4	1	33.3	2	40	9	64.3
	11-50%	3	50	10	55.6	5	55.6	2	66.7	3	60	5	35.7
	51%>	3	50	8	44.4	0	0	0	0	0	0	0	0
ვიმენტინი	0-1%	2	33.3	4	22.2	2	22.2	1	33.3	1	20	2	14.3
	1-10%	3	50	11	61.1	3	33.3	0	0	0	0	0	0
	11-50%	1	16.7	3	16.7	4	44.4	2	66.7	4	80	5	35.7
	51%>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	50
ბეტა-კატენინი	0-1%	3	50	5	27.8	1	11.1	1	33.3	1	20	2	14.3
	1-10%	2	33.3	9	50	2	22.2	1	33.3	1	20	0	0
	11-50%	1	16.7	4	22.2	6	66.7	1	33.3	3	60	3	21.4
	51%>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	64.3
E-კადჰერინი	0-1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14.3
	1-10%	0	0	0	0	3	33.3	0	0	1	20	5	35.7
	11-50%	2	33.3	8	44.4	5	55.6	3	100	4	80	7	50
Ki67	51%>	4	66.7	10	55.6	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-3%	0	0	3	16.7	4	44.4	0	0	0	0	0	0
	4-9%	1	16.7	6	33.3	2	22.2	0	0	0	0	2	14.3
	9-14%	5	83.3	9	50	2	22.2	1	33.3	2	40	4	28.6
	14 >%	0	0	0	0	0	0	2	66.7	3	60	8	57.1

შესწავლილი Luminal A მოლეკულური ტიპის ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის ჯამში 33 შემთხვევის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 6 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია აღინიშნა 1-10%მდე ინტერვალში 1 შემთხვევაში (16.7%) 11-50%მდე ინტერვალში 2 შემთხვევაში (33.3%) >51%ზე აღინიშნა 3 შემთხვევაში (50.05%) 0-1%მდე ინტერვალში არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) მქონე 18 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (16.7%), 11-50%მდე - 6 შემთხვევაში (33.3%) ხოლო >51%ზე 9 შემთხვევაში (50.0) 0-1%მდე ინტერვალში ესტროგენის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 9 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ესტროგენის რეცეპტორის 0-1%მდე ინტერვალში ექსპრესია აღინიშნა 2 შემთხვევაში (22.2%), 1-10%მდე ინტერვალში 6 შემთხვევაში (66.7%) 11-50%მდე 1 შემთხვევაში (11.1%) ხოლო >51%ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა.

შესწავლილი Luminal B მოლეკულური ტიპის ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის ჯამში 22 შემთხვევის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 3 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა სამივე შემთხვევაში (100.%) ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 0-1%; 11-50% და >51%ზე არ გამოვლენილა არცერთ შემთხვევაში. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 5 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 4 შემთხვევაში (80%) ხოლო 11-50%მდე ინტერვალში 1 შემთხვევაში (20%). 0-1%მდე და >51% ინტერვალში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) 14 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ესტროგენის რეცეპტორის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (21.4%) 1-10%მდე ინტერვალში 9 შემთხვევაში (64.3%) ხოლო 11-50%მდე 2 შემთხვევაში (14.3%). >51%ზე ინტერვალში ესტროგენის ექსპრესია არცერთ ჯგუფში არ გამოვლენილა.

გამოკვლეულ Luminal A მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 6 შემთხვევიდან (6/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 1 შემთხვევაში (16.7%) ხოლო 11-50%მდე 3 შემთხვევაში (50.0%), >51%ზე აღინიშნა 2 შემთხვევაში (33,3), 0-1%მდე პროგესტერონის ექსპრესია არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 18 შემთხვევიდან (18/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში

პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში გამოვლინდა 1 შემთხვევაში (5.56%), 1-10%მდე ინტერვალში 3 შემთხვევაში (16.7%), 11-50%მდე ინტერვალში 8 შემთხვევაში 44,4%, >51%-ზე 6 შემთხვევაში (33,3%). სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 9 შემთხვევიდან (9/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში გამოვლინდა 1 შემთხვევაში (11.1%), 1-10%მდე ინტერვალში 5 შემთხვევაში (55.6%), 11-50%მდე ინტერვალში 3 შემთხვევაში (33,3%), >51%ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა.

გამოკვლევულ Luminal B მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 3 შემთხვევიდან (3/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში გამოვლინდა 2 შემთხვევაში (66,7%) 11-50%მდე ინტერვალში 1 შემთხვევაში (33,3%), 0-1%მდე და >51%ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 5 შემთხვევიდან (5/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში პროგესტერონის რეცეპტორის ექსპრესია 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (60.0%) ხოლო 11-50%მდე ინტერვალში 2 შემთხვევაში (40.0%), 0-1%მდე და >51%-ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 14 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში პროგესტერონის რეცეპტორის 0-1%მდე ინტერვალში ექსპრესია გამოვლინდა 3 შემთხვევაში (21.4%) 1-10%მდე ინტერვალში 8 შემთხვევაში (57.1%) , 11-50%მდე ინტერვალში 3 შემთხვევაში (21.4%) %), 0-1%მდე და >51%-ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა.

გამოკვლევულ Luminal A მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 6 შემთხვევიდან (6/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში აღინიშნა 4 შემთხვევაში (66.7%), ხოლო 1-10%მდე 2 შემთხვევაში (33.3%), 11-50% და >51%ზე არ დაფიქსირებულა არცერთ შემთხვევაში. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 18 შემთხვევიდან (18/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%მდე ინტერვალში აღინიშნა 8 შემთხვევაში (44.4%) 1-10%მდე 7 შემთხვევაში (38.9%), 11-50%მდე 3 შემთხვევაში (16.7%) ხოლო >51%ზე არ დაფიქსირებულა არცერთ შემთხვევაში. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 9 შემთხვევიდან (9/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%მდე აღინიშნა 4 შემთხვევაში (44.4%), 1-10%მდე 4 შემთხვევაში (44.4%), 11-50%მდე 1 შემთხვევაში (11.1%) ხოლო >51%ზე არ დაფიქსირებულა არცერთ შემთხვევაში.

გამოკვლეულ Luminal B მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 3 შემთხვევიდან (3/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%-მდე ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (66.7%), 1-10%-მდე 1 შემთხვევა (33.3%) 11-50% და >51%-ზე არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 5 შემთხვევიდან (5/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%-მდე ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (60%) 1-10%-მდე 2 შემთხვევაში (40%) 11-50% და >51%-ზე არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 14 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ვიმენტინის ექსპრესია 0-1%-მდე აღინიშნა 4 შემთხვევაში (28,6%) 1-10%-მდე 5 შემთხვევაში (35.7%), 11-50%-მდე 5 შემთხვევაში (35,7%) >51%-ზე არ გამოვლენია არცერთ შემთხვევაში.

გამოკვლეულ Luminal A მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 6 შემთხვევიდან (6/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ბეტა-კატენინის ექსპრესია 0-1%-მდე ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (33.3%) ხოლო 1-10%-მდე 3 შემთხვევაში (50%), 11-50%-მდე 1 შემთხვევაში (16.7%), <51%-ზე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 18 შემთხვევიდან (18/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ბეტა-კატენინის ექსპრესია 0-1%-მდე აღინიშნა 7 შემთხვევაში (38.9%), 1-10%-მდე ასევე 7 შემთხვევაში (38.9%), 11-50%-მდე 4 შემთხვევაში (22.2%), >51%-ზე არ დაფიქსირებულა არცერთ შემთხვევაში. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 9 შემთხვევიდან (9/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ბეტა კატენინის ექსპრესია აღინიშნა 0-1%-მდე 4 შემთხვევაში (44.4%), 1-10%-მდე 3 შემთხვევაში (33.3%), 11-50%-მდე 2 შემთხვევაში (22.2%) >51%-ზე არ დაფიქსირებულა.

გამოკვლეულ Luminal B მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 3 შემთხვევიდან (3/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ბეტა კატენინის ექსპრესია 0-1%-მდე ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (100%). 1-10%-მდე, 11-50%-მდე და >51%-დე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 5 შემთხვევიდან (5/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ბეტა-კატენინის ექსპრესია 0-1%-მდე ინტერვალში აღინიშნა 3 შემთხვევაში (60%), 1-10%-მდე 1 შემთხვევაში (20%), 11-50%-მდე ასევე 1 შემთხვევაში (20%), >51%-ზე ინტერვალში არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 14 შემთხვევიდან მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ბეტა-

კატენინის ექსპრესია 0-1%მდე აღინიშნა 6 შემთხვევაში (42.9%), 1-10%მდე 4 შემთხვევაში (28.6%), 11-50%მდე 2 შემთხვევაში (14.3%) >51%ზე 2 შემთხვევაში (14.3%).

გამოკვლეულ Luminal A მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 6 შემთხვევიდან (6/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში E-კადჰერინი ექსპრესია 11-50%მდე აღინიშნა 1 შემთხვევაში (16.7%) >51%ზე 5 შემთხვევაში (83.3%) 0-1%მდე და 1-10%მდე ინტერვალში არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 18 შემთხვევიდან (18/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში E-კადჰერინის ექსპრესია 11-50%მდე ინტერვალში აღინიშნა 9 შემთხვევაში (50%), >51%ზე ასევე 9 შემთხვევაში (50%) 0-1%მდე და 1-10%მდე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 9 შემთხვევიდან (9/33) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში E-კადჰერინის ექსპრესია აღინიშნა 1-10%მდე ინტერვალში აღინიშნა 1 შემთხვევაში (11.1%) 11-50%მდე 6 შემთხვევაში (66.7%) >51%ზე აღინიშნა 2 შემთხვევაში (22.2%) 0-1%მდე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა.

გამოკვლეულ Luminal B მოლეკულური ტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების დაბალი მაჩვენებლის (TB: 0-5) მქონე 3 შემთხვევიდან (3/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში E-კადჰერინის ექსპრესია 11-50%მდე ინტერვალში აღინიშნა 2 შემთხვევაში (66.7) >51%ზე ინტერვალში 1 შემთხვევაში (33,3%) 0-1%მდე და 1-10%მდე ინტერვალში არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის (TB: 5-9) 5 შემთხვევიდან (5/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში E-კადჰერინის ექსპრესია 11-50%მდე ინტერვალში აღინიშნა 4 შემთხვევაში (80%), >51%ზე 1 შემთხვევაში (20%) 0-1%მდე და 1-10%მდე ინტერვალში არცერთი შემთხვევა არ გამოვლენილა. სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის (TB: >9) მქონე 14 შემთხვევიდან (14/22) მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში E-კადჰერინის ექსპრესია 1-10%მდე აღინიშნა 3 შემთხვევაში (21.4%) 11-50%მდე აღინიშნა 9 შემთხვევაში (64.3%) >51%ზე 2 შემთხვევაში (14.3%) 0-1%მდე არცერთ შემთხვევაში არ გამოვლენილა (ცხრილი 3).

ცხრილი 3: მეტასტაზირებული ლიმფური კვანძების მახასიათებლები

		Luminal A - 33						Luminal B - 22						
		TB score												
		0-5 Low		5-9 (Medium)		>9 (High)		0-5 Low		5-9 (Medium)		>9 (High)		
N/Frequency		6	18.2	18	54.5	9	27.3	3	13.6	5	22.7	14	63.6	
ლიმფური კვანძები	0-1%	0	0	0	0	2	22.2	0	0	0	0	3	21.4	
	ER	1-10%	1	16.7	3	16.7	6	66.7	3	100	4	80	9	64.3
		11-50%	2	33.3	6	33.3	1	11.1	0	0	1	20	2	14.3
		51%>	3	50	9	50	0	0	0	0	0	0	0	0
	PR	0-1%	0	0	1	5.56	1	11.1	0	0	0	0	3	21.4
		1-10%	1	16.7	3	16.7	5	55.6	2	66.7	3	60	8	57.1
		11-50%	3	50	8	44.4	3	33.3	1	33.3	2	40	3	21.4
	Vimentin	51%>	2	33.3	6	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0
		0-1%	4	66.7	8	44.4	4	44.4	2	66.7	3	60	4	28.6
		1-10%	2	33.3	7	38.9	4	44.4	1	33.3	2	40	5	35.7
		11-50%	0	0	3	16.7	1	11.1	0	0	0	0	5	35.7
	ბეტა-კატენინი	51%>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0-1%		2	33.3	7	38.9	4	44.4	3	100	3	60	6	42.9	
1-10%		3	50	7	38.9	3	33.3	0	0	1	20	4	28.6	
11-50%		1	16.7	4	22.2	2	22.2	0	0	1	20	2	14.3	
E-კადჰერინი	51%>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14.3	
	0-1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1-10%	0	0	0	0	1	11.1	0	0	0	0	3	21.4	
	11-50%	1	16.7	9	50	6	66.7	2	66.7	4	80	9	64.3	
	51%>	5	83.3	9	50	2	22.2	1	33.3	1	20	2	14.3	

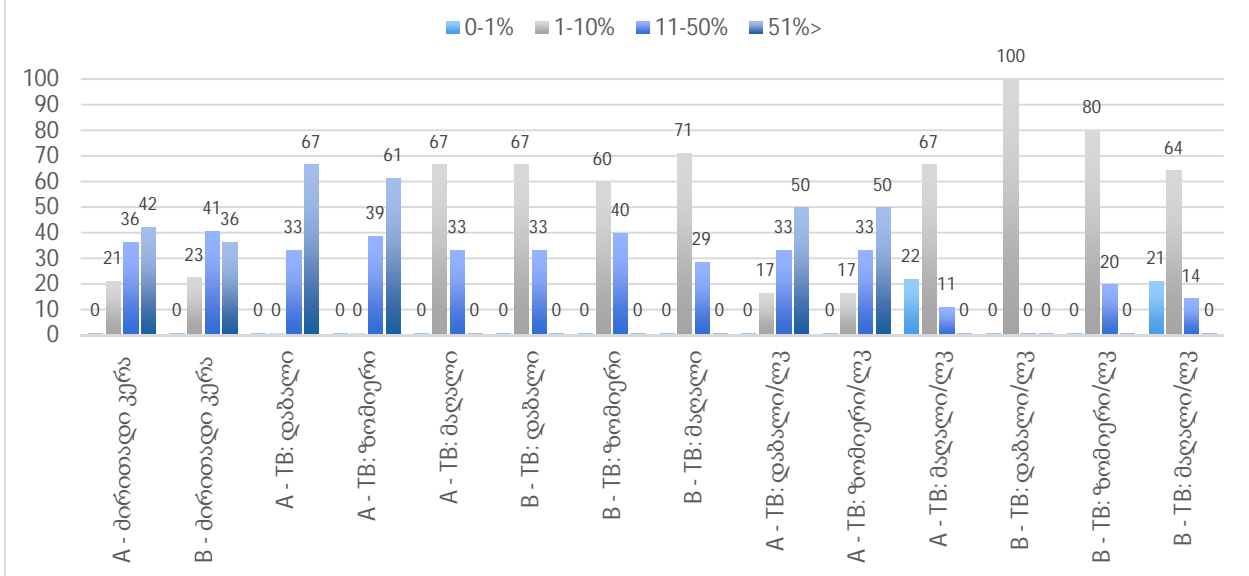
შედეგების ანალიზი

ესტროგენული რეცეპტორების შედარებითმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ Luminal A მოლეკულური ქვეტიპის მქონე მუშუს ინვაზიურ სადინროვანი კარცინომის შემთხვევებში სიმსივნურ უჯრედული მიკროკლასტერების სამივე ფორმაში ესტროგენ ნეგატიური და ესტროგენის დაბალი ექსპრესიის მქონე შემთხვევები არ ვლინდება, აღინიშნება ზომიერი და მაღალი ექსპრესია (11-50 და <51%), მაშინ როდესაც Luminal B მოლეკულურ ქვეტიპში

შემთხვევები ესტროგენის მაღალი ექსპრესიით არცერთ ქვეჯგუფში არ აღინიშნება და უპირატესად ვლინდება შემთხვევები დაბალი და ზომიერი ექსპრესიით (იხილეთ **დიაგრამა N1**).

	0-1%	1-10%	11-50%	51%>
A - ძირითადი კერა	1	21	36	42
B - ძირითადი კერა	1	23	41	36
A - TB: დაბალი	1	1	33	67
A - TB: ზომიერი	1	1	39	61
A - TB: მაღალი	1	67	33	1
B - TB: დაბალი	1	67	33	1
B - TB: ზომიერი	1	60	40	1
B - TB: მაღალი	1	71	29	1
A - TB: დაბალი/ლკ	1	17	33	50
A - TB: ზომიერი/ლკ	1	17	33	50
A - TB: მაღალი/ლკ	22	67	11	1
B - TB: დაბალი/ლკ	1	100	1	1
B - TB: ზომიერი/ლკ	1	80	20	1
B - TB: მაღალი/ლკ	21	64	14	1

დიაგრამა 1: ER-ის რეცეპტორის ექსპრესია Luminal A და B მუშუს ინვაზიური სადინოვანი კარცინომის ძირითად კერაში, სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებსა (TB) და მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში



Luminal A მოლეკულური ქვეტიპის მქონე შემთხვევების ლიმფური კვანძების მეტასტაზებში ესტროგენის რეცეპტორის ნეგატიურობა ვლინდება მხოლოდ მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის შემთხვევებში ხოლო Luminal B სამივე ქვეჯგუფში უპირატესად ვლინდება ესტროგენული რეცეპტორების ნეგატიური, დაბალი ექსპრესია და მიკროკლასტერების მაღალი მაჩვენებლის დროს.

ჩვენი კვლევის შედეგები თანხვედრაშია კვლევსთან, რომლის თანახმადაც სიმსივნურ უჯრედების მიკროკლასტერების (TB) 96.5%-ში აღინიშნა ჰორმონული პროფილის ანალოგიური ექსპრესია სიმსივნის პირველად კერასთან თუმცა, აღნიშნულ კვლევაში არ იქნა გამოყენებული

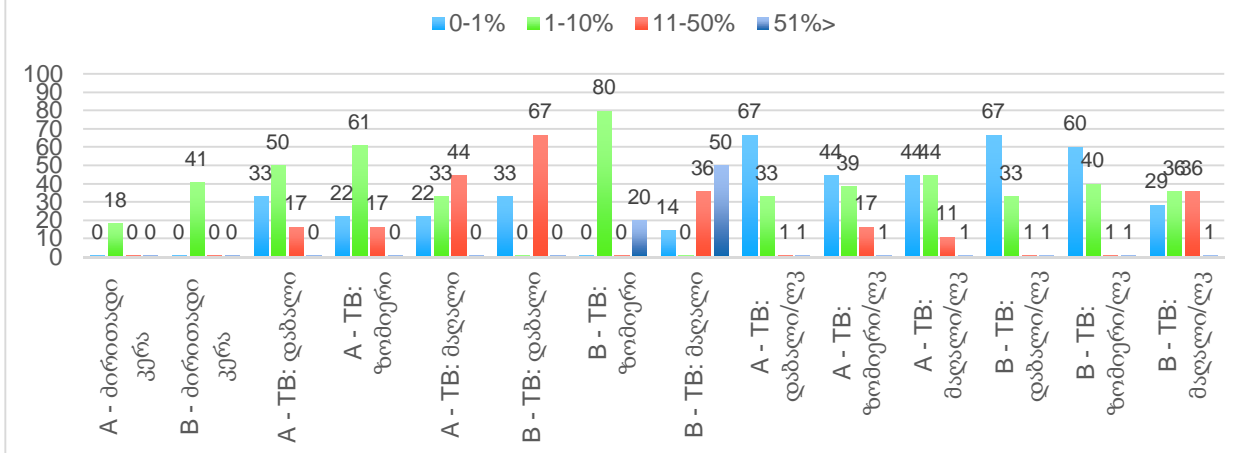
Luminal A და Luminal B მოლეკულურ ქვეტიპებად შემთხვევების დაყოფა და არც ესტროგენის ექსპრესიის ინტენსივობა განსაზღვრულა [6].

Luminal A მოლეკულური ქვეტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიურ სადინროვან კარცინომის შემთხვევებში სიმსივნის მიკროკლასტერებში ვიმენტინის ექსპრესიის მაქსიმალური რაოდენობა ვლინდება მიკროკლასტერების ზომიერი მაჩვენებლის შემთხვევაში.

Luminal B მოლეკულური ქვეტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიურ სადინროვან კარცინომის შემთხვევებში სიმსივნის მიკროკლასტერებში სამივე ჯგუფში ასევე ვლინდება ვიმენტინის დაბალი და ზომიერი ექსპრესია (იხილეთ **დიაგრამა N2**).

	0-1%	1-10%	11-50%	51%>
A - ძირითადი კერა	1	18	1	1
B - ძირითადი კერა	1	41	1	1
A - TB: დაბალი	33	50	17	1
A - TB: ზომიერი	22	61	17	1
A - TB: მაღალი	22	33	44	1
B - TB: დაბალი	33	1	67	1
B - TB: ზომიერი	1	80	1	20
B - TB: მაღალი	14	1	36	50
A - TB: დაბალი/ლკ	67	33	1	1
A - TB: ზომიერი/ლკ	44	39	17	1
A - TB: მაღალი/ლკ	44	44	11	1
B - TB: დაბალი/ლკ	67	33	1	1
B - TB: ზომიერი/ლკ	60	40	1	1
B - TB: მაღალი/ლკ	29	36	36	1

დიაგრამა 2: ვიმენტინის ექსპრესია Luminal A და B ძუძუს ინვაზიურ სადინროვან კარცინომის ძირითად კერაში, სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებსა (TB) და მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში



Luminal A მოლეკულური ქვეტიპის მქონე ძუძუს ინვაზიურ სადინროვან კარცინომის შემთხვევებში მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ვიმენტინი ნეგატიურია შემთხვევათა 2/3-ზე მეტში ისევე როგორც Luminal B-ის შემთხვევაში.

ვიმენტინის ექსპრესიის შეფასება სხვადასხვა მოლეკულური ტიპის ძუძუს ინვაზიურ სადინროვან კარცინომების მიკროკლასტერებში და მათი კორელაცია მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში სხვა წყაროების მიხედვით არ განხორციელებულა. ერთერთი კვლევის თანახმად ვიმენტინის ექსპრესია კორელირებდა სიმსივნის ჰისტოლოგიური დიფერენციაციის დაბალ მაჩვენებელთან რაც კიდევ ერთხელ მიუთითებს სიმსივნის აგრესიულობის ზრდასთან ერთად მისი ექსპრესიის ინტენსივობის მომატებას [21]

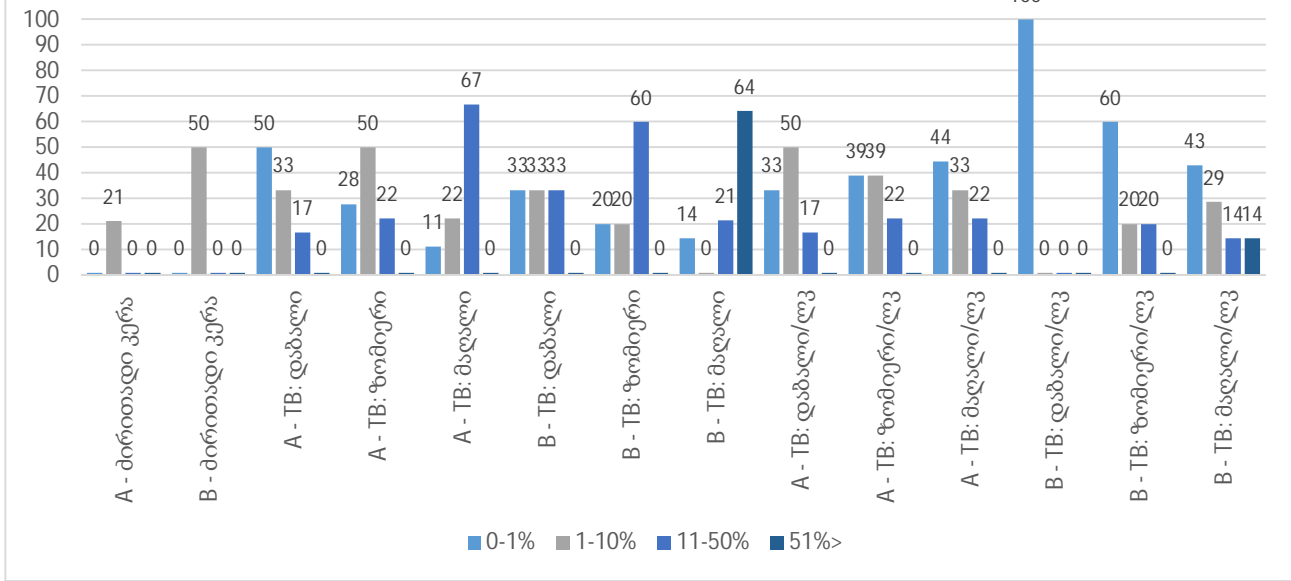
ბეტა-კატენინის Luminal A მოლეკულური ქვეტიპის მქონე შემთხვევებში არ ვლინდება შემთხვევათა ნახევარში და სიმსივნური მიკროკლასტერების მაჩვენებლის ზრდასთან ერთად მკვეთრად მატულობს. Luminal B მოლეკულურ ტიპში აღინიშნება ანალოგიური დინამიკა.

მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში ბეტა-კატენინის ექსპრესიის არარსებობა აღინიშნება მიკროკლასტერების დაბალი და ზომიერი მაჩვენებლის დროს შემთხვევათა 1/3-ში.

Luminal B ქვეტიპში ბეტა კატენინის ნეგატიური შემთხვევები შეადგენს 100%ს და შემდგომში ჩაინაცვლება პოზიტიური შემთხვევებით დაახლოებით 30%-ში (იხილეთ **დიაგრამა N3**).

	0-1%	1-10%	11-50%	51%>
A - ძირითადი კერა	1	21	1	1
B - ძირითადი კერა	1	50	1	1
A - TB: დაბალი	50	33	17	1
A - TB: ზომიერი	28	50	22	1
A - TB: მაღალი	11	22	67	1
B - TB: დაბალი	33	33	33	1
B - TB: ზომიერი	20	20	60	1
B - TB: მაღალი	14	1	21	64
A - TB: დაბალი/ლკ	33	50	17	1
A - TB: ზომიერი/ლკ	39	39	22	1
A - TB: მაღალი/ლკ	44	33	22	1
B - TB: დაბალი/ლკ	100	1	1	1
B - TB: ზომიერი/ლკ	60	20	20	1
B - TB: მაღალი/ლკ	43	29	14	14

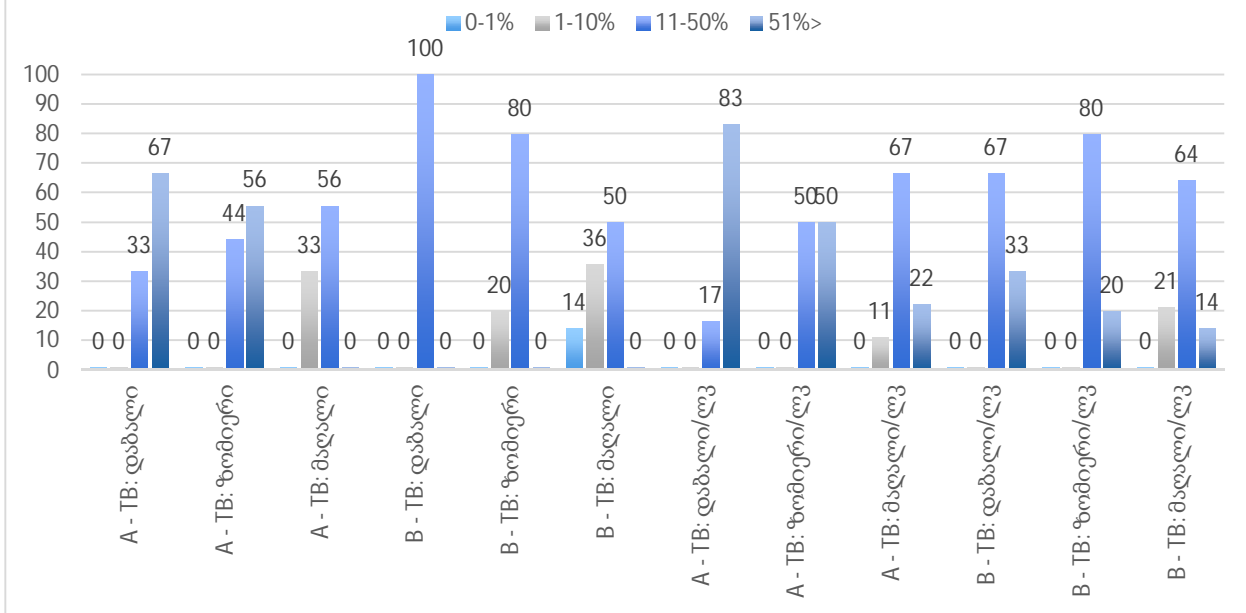
დიაგრამა 3: ბეტა-კატენინის ექსპრესია Luminal A და B ტიპის ინვაზიური სადინროვანი კარცინომის ძირითად კერაში, სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებსა (TB) და მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში



E-კადჰერინი პოზიტიურია შემთხვევათა უმეტესობაში მიკროკლასტერების სამივე ქვეტიპში. განსხვავებით მიკროკლასტერების მაღალი ქვეტიპისა სადაც 15%მდე ნეგატიური შემთხვევებიც ვლინდება (დიაგრამა N4).

	0-1%	1-10%	11-50%	51%>
A - TB: დაბალი	1	1	33	67
A - TB: ზომიერი	1	1	44	56
A - TB: მაღალი	1	33	56	1
B - TB: დაბალი	1	1	100	1
B - TB: ზომიერი	1	20	80	1
B - TB: მაღალი	14	36	50	1
A - TB: დაბალი/ლკ	1	1	17	83
A - TB: ზომიერი/ლკ	1	1	50	50
A - TB: მაღალი/ლკ	1	11	67	22
B - TB: დაბალი/ლკ	1	1	67	33
B - TB: ზომიერი/ლკ	1	1	80	20
B - TB: მაღალი/ლკ	1	21	64	14

დიაგრამა 4: E-Cadherin-ის ექსპრესია Luminal A და B ძუძუს ინვაზიური სადინოვანი კარცინომის სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებსა (TB) და მეტასტაზირებულ ლიმფურ კვანძებში



დასკვნა

ესტროგენის ექსპრესია განსხვავებულია ძირითად კერასა და სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში და მისი ექსპრესია მკვეთრად შემცირებულია ძუძუს Luminal B მოლეკულურ ქვეტიპში.

ვიმენტინისა და ბეტა კატენინის ექსპრესია მსგავსი ცვლილებებით ხასიათდება მათი რაოდენობა მკვეთრად მაღალია სიმსივნურ მიკროკლასტერებში ძირითად კერასა და მეტასტაზურ ლიმფურ კვანძებთან შედარებით, რაც ჩვენი აზრით შესაძლებელია წარმოადგენდეს ეპითელიურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის გამოვლინებას.

პროლიფერაციული აქტივობის ცვლილებების დინამიკა გვიჩვენებს, რომ პროლიფერაციული აქტივობა ყველაზე ნაკლებია სიმსივნურ უჯრედულ მიკროკლასტერებში, რაც შეიძლება განხილულ იქნას ეპითელიურ-მეზენქიმური ტრანსფორმაციის არაპირდაპირ მაჩვენებლად.

References

- [1] R. L. Siegel, K. D. Miller, and A. Jemal, "Cancer statistics, 2019," *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, vol. 69, no. 1, pp. 7–34, Jan. 2019, doi: 10.3322/CAAC.21551.
- [2] O. Okcu, Ç. Öztürk, B. Şen, M. Arpa, and R. Bedir, "Tumor Budding is a reliable predictor for death and metastasis in invasive ductal breast cancer and correlates with other prognostic

clinicopathological parameters," *Annals of Diagnostic Pathology*, vol. 54, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.anndiagpath.2021.151792.

[3] F. J. A. Gujam, D. C. McMillan, Z. M. A. Mohammed, J. Edwards, and J. J. Going, "The relationship between tumour budding, the tumour microenvironment and survival in patients with invasive ductal breast cancer," *British Journal of Cancer*, vol. 113, no. 7, pp. 1066–1074, Sep. 2015, doi: 10.1038/BJC.2015.287.

[4] B. Salhia *et al.*, "High tumor budding stratifies breast cancer with metastatic properties," *Breast Cancer Research and Treatment*, vol. 150, no. 2, pp. 363–371, Apr. 2015, doi: 10.1007/s10549-015-3333-3.

[5] R. Agarwal, N. Khurana, T. Singh, and P. Agarwal, "Tumor budding in infiltrating breast carcinoma: Correlation with known clinicopathological parameters and hormone receptor status," *Indian Journal of Pathology and Microbiology*, vol. 62, no. 2, p. 222, Apr. 2019, doi: 10.4103/IJPM.IJPM_120_18.

[6] F. Liang, W. Cao, Y. Wang, L. Li, G. Zhang, and Z. Wang, "The prognostic value of tumor budding in invasive breast cancer," *Pathology Research and Practice*, vol. 209, no. 5, pp. 269–275, May 2013, doi: 10.1016/j.prp.2013.01.009.

[7] F. Liang, W. Cao, Y. Wang, L. Li, G. Zhang, and Z. Wang, "The prognostic value of tumor budding in invasive breast cancer," *Pathology Research and Practice*, vol. 209, no. 5, pp. 269–275, May 2013, doi: 10.1016/j.prp.2013.01.009.

[8] B. Salhia *et al.*, "High tumor budding stratifies breast cancer with metastatic properties," *Breast Cancer Research and Treatment*, vol. 150, no. 2, pp. 363–371, Apr. 2015, doi: 10.1007/S10549-015-3333-3.

[9] B. N. Kumarguru, A. S. Ramaswamy, S. Shaik, A. Karri, V. S. Srinivas, and B. M. Prashant, "Tumor budding in invasive breast cancer - An indispensable budding touchstone," *Indian J Pathol Microbiol*, vol. 63, no. Supplement, pp. S117–S122, Feb. 2020, doi: 10.4103/IJPM.IJPM_731_18.

[10] J. van Staalduinen, D. Baker, P. ten Dijke, and H. van Dam, "Epithelial–mesenchymal-transition-inducing transcription factors: new targets for tackling chemoresistance in cancer?," *Oncogene*, vol. 37, no. 48, pp. 6195–6211, Nov. 2018, doi: 10.1038/S41388-018-0378-X.

[11] Y. Wu, M. Sarkissyan, and J. v. Vadgama, "Epithelial-mesenchymal transition and breast cancer," *Journal of Clinical Medicine*, vol. 5, no. 2, pp. 1–18, Jan. 2016, doi: 10.3390/JCM5020013.

- [12] A. Dongre *et al.*, "Epithelial-to-mesenchymal transition contributes to immunosuppression in breast carcinomas," *Cancer Research*, vol. 77, no. 15, pp. 3982–3989, Aug. 2017, doi: 10.1158/0008-5472.CAN-16-3292.
- [13] M. Matadamas-Guzman, C. Zazueta, E. Rojas, and O. Resendis-Antonio, "Analysis of Epithelial-Mesenchymal Transition Metabolism Identifies Possible Cancer Biomarkers Useful in Diverse Genetic Backgrounds," *Frontiers in Oncology*, vol. 10, Jul. 2020, doi: 10.3389/FONC.2020.01309/FULL.
- [14] S. Y. Cheung *et al.*, "Role of epithelial–mesenchymal transition markers in triple-negative breast cancer," *Breast Cancer Research and Treatment*, vol. 152, no. 3, pp. 489–498, Aug. 2015, doi: 10.1007/S10549-015-3485-1.
- [15] V. Mittal, "Epithelial Mesenchymal Transition in Tumor Metastasis," *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, vol. 13, pp. 395–412, Jan. 2018, doi: 10.1146/ANNUREV-PATHOL-020117-043854.
- [16] I. Zlobec and A. Lugli, "Epithelial mesenchymal transition and tumor budding in aggressive colorectal cancer: tumor budding as oncotarget." *Oncotarget*, vol. 1, no. 7, pp. 651–661, 2010, doi: 10.18632/ONCOTARGET.199.
- [17] I. Pastushenko and C. Blanpain, "EMT Transition States during Tumor Progression and Metastasis," *Trends in Cell Biology*, vol. 29, no. 3, pp. 212–226, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.TCB.2018.12.001.
- [18] N. Harbeck, C. Thomssen, and M. Gnant, "St. Gallen 2013: Brief Preliminary Summary of the Consensus Discussion," 2013, doi: 10.1159/000351193.
- [19] P. Bankhead *et al.*, "QuPath: Open source software for digital pathology image analysis," *Scientific Reports*, vol. 7, no. 1, Dec. 2017, doi: 10.1038/S41598-017-17204-5.
- [20] A. Lugli *et al.*, "Recommendations for reporting tumor budding in colorectal cancer based on the International Tumor Budding Consensus Conference (ITBCC) 2016," *Modern Pathology 2017 30:9*, vol. 30, no. 9, pp. 1299–1311, May 2017, doi: 10.1038/modpathol.2017.46.
- [21] K. A. Bhuvaneshwari, "Expression of vimentin in breast carcinoma and its correlation with histopathological parameters," *Indian Journal of Pathology and Oncology Journal homepage: www.ijpo.co.in Original Research Article*, vol. 8, no. 2, pp. 207–212, 2021, doi: 10.18231/j.ijpo.2021.041.

Comparative analysis of phenotypic features in the primary tumor, tumour buds and metastatic lymph nodes within Luminal A and Luminal B molecular subtypes of invasive ductal carcinoma of the breast

Shota Kepuladze¹, Irakli Kokhreidze², George Burkadze³

¹Tbilisi State Medical University PhD student, MD

²Associated Professor MD., PhD. VICE RECTOR of Tbilisi State Medical University Head of Oncology Department of TSMU First University Clinic

³Professor at Tbilisi State Medical University, Head of the Department of Molecular pathology

Abstract

The study included 55 cases of formalin-fixed and paraffin-embedded (FFPE) tissues of breast invasive ductal carcinoma. The following algorithm has been made for further discussion by using immunohistochemical examination: antibodies against hormonal receptors; HER2; E-cadherin, Vimentin, Beta-catenin; Ki-67; Tumour buds were evaluated by using H&E stained slides and computer software Qupath (version 0.3.2). The results of the study show that estrogen expression is different in primary tumour mass and in tumour buds and its expression is diminished in the Luminal B molecular subtype respectively. Vimentin and Beta-catenin expression is showing similar changes, the quantity is much higher in tumour microclusters compared to the primary tumour and metastatic lymph nodes. It can demonstrate features of epithelial-mesenchymal transformation. Modifications in dynamics of proliferative activity are showing the lowest proliferative activity in tumour microclusters which can be discussed as the indirect manifestation of epithelial-mesenchymal transformation.

Key Words: *Breast Cancer; Epithelia-mesenchymal transition; Tumor buds;*

ელექტრული სიმძლავრის დანაკარგის ოპტიმალური ფარდობითი ნაზრდი

პეტრე კაჭკაჭიშვილი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დოქტორანტი

ანოტაცია

სტატიაში გაანალიზებული არის ელექტრული სიმძლავრის დანაკარგის ოპტიმალური ფარდობითი ნაზრდის მნიშვნელობა. კონკრეტული ქსელის შემთხვევაში

განხილული არის დანაკარგების ფარდობითი ნაზრდის განსაზღვრული სიდიდე, რომლის შემდეგ დატვირთვის შემდგომი კომპენსაცია არაეკონომიურია, ამ სიდიდის ოპტიმალური ფარდობითი ნაზრდი ვუწოდეთ. სტატიაში განხილული არის ქსელში რეაქტიული დატვირთვისათვის კომპენსაციის ხარისხი. სტატიაში მოცემული არის ოპტიმალური ფარდობითი ნაზრდის რიცხვით მნიშვნელობაზე რა გავლენას ახდენს ქსელის ტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლები.

საკვანძო სიტყვები: კომპენსაცია, რეაქტიული სიმძლავრე

ელექტროგადაცემის ქსელში დანაკარგების მინიმიზაცია და მუშაობის მაღალეფექტურობა ქსელის მეპატრონის დაინტერესების საგანს წარმოადგენს. დანაკარგები დამოკიდებული არის ქსელის კვანძების დატვირთვაზე და ასევე კვანძების საკუთარ და ურთიერთ წინლობაზე.

$$\Delta P_P = \frac{1}{U_b^2} \sum_{f=1}^n \sum_{k=1}^n P_k P_f R_{fK} \quad (1)$$

$$\Delta P_Q = \frac{1}{U_b^2} \sum_{f=1}^n \sum_{k=1}^n Q_k Q_f R_{fK} \quad (2)$$

გენერაციის შემთხვევაში P და Q აიღება “+” ნიშნით, მოხმარების კვანძების შემთხვევაში კი “-” ნიშნით. ნებისმიერი სამომხმარებლო კვანძის რეაქტიულ დატვირთვის შემცირება გამოიწვევს ქსელში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგის შემცირებას. რეაქტიული დატვირთვის მიხედვით დანაკარგების ფარდობითი ნაზრდი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით

$$\sigma_{f(Q)} = \frac{\partial \Delta P_Q}{\partial Q_f}$$

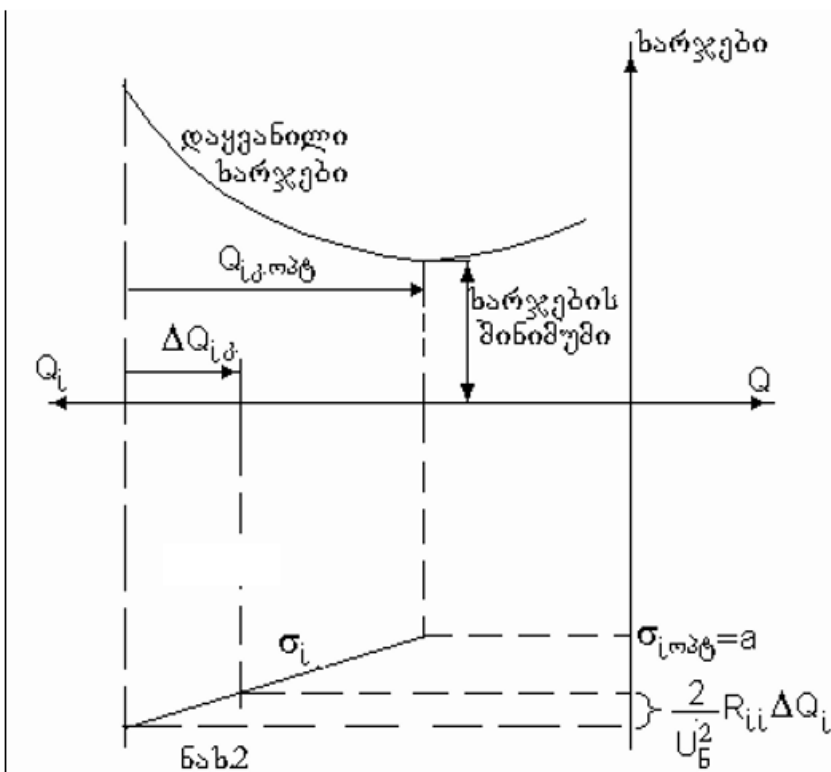
(2) გამოსახულების გათვალისწინებით მივიღებთ

$$\sigma_{f(Q)} = \frac{2}{U_E^2} \sum_{k=1}^n R_{f,k} Q_k \quad (3)$$

(3)-ში მიღებული სიდიდე გვიჩვენებს f კვანძში რეაქტიული დატვირთვის ცვალებადობით ქსელში დანაკარგების შემცირების სისწრაფეს. f კვანძში რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის მიზანშეწონილობა ამ სიდიდის მიხედვით უნდა იქნეს შეფასებული.

ნებისმიერი კვანძისათვის დანაკარგების ფარდობითი ნაზრდის ნულამდე დაყვანა

ეკონომიკურად არამიზანშეწონილი არის, რადგან მაკომპენსირებელი დანადგარის დაყენება დამოკიდებული არის მნიშვნელოვან კაპიტალურ და საქსპლუატაციო ხარჯებთან. მოცემული კონკრეტული ქსელის შემთხვევაში იარსებებს დანაკარგების ფარდობითი ნაზრდის რაღაც ზღვრული სიდიდე, რომლის შემდეგ დატვირთვის შემდგომი კომპენსაცია არაეკონომიურია ნახ.1.



ნახ.1

ამ სიდიდეს ფარდობითი ნაზრდის ოპტიმალური სიდიდე ვუწოდოთ $\sigma_{\text{ოპტ}} = \alpha$

a პარამეტრისათვის ვლუბლობთ

$$\alpha = \frac{(E_{\delta} + \alpha_j)K_{0,j} + \Delta P_j \% T_0 C_0 \cdot 10^{-2}}{\tau C_0} \quad (4)$$

a პარამეტრის რიცხვით მნიშვნელობაზე გავლენას ახდენს ქსელისა და მაკომპენსირებელი დანადგარის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებელი. კერძოდ:

მაკომპენსირებელი დანადგარის ხვედრითი ღირებულება (K_0);

საექსპლუატაციო ხარჯების ნორმა (a_3);

დანადგარში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების სიდიდე ($\Delta P_j \%$);

ქსელში მაქსიმალური კარგების დრო (τ);

ელექტრული ენერგიის ტარიფი (C_0);

გადავწეროთ (4) გამოსახულება შემდეგი სახით

$$\alpha = \frac{1}{\tau} \left[\frac{(E_{\delta} + \alpha)K_0}{C_0} + \Delta P_j \% T_0 \cdot 10^{-2} \right] \quad (5)$$

(5) გამოსახულებით შეგვიძლია ვიმსჯელოდ ქსელში რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის ხარისხზე.

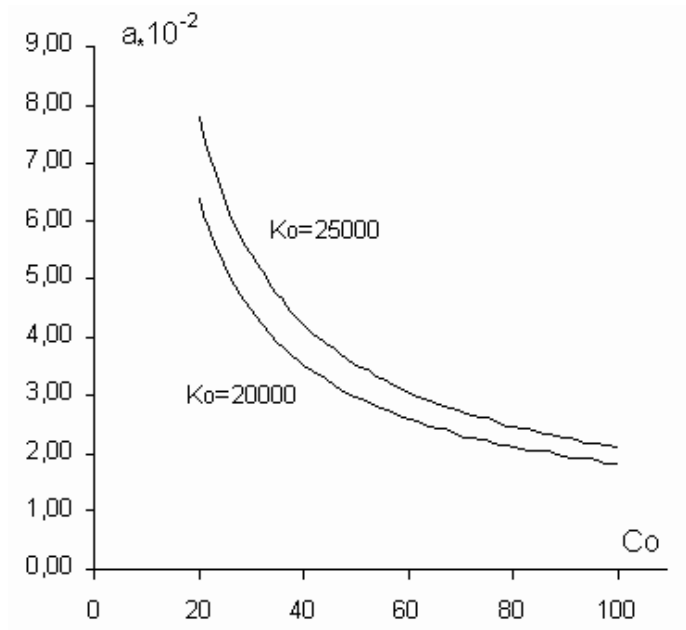
1. ქსელში, სადაც დანაკარგების დრო (τ) მაღალი არის, დანაკარგების ფარდობითი ნაზრდის ოპტიმალური მნიშვნელობა დაბალი არის, ახლოს არის ნულთან. ამ შემთხვევაში მაქსიმალურად უნდა განხორციელდეს რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაცია, ე.ი. ქსელში კომპენსაციის ხარისხი უნდა იყოს მაღალი.

2. მაკომპენსირებელ დანადგარებში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგების სიდიდე ($\Delta P_j \%$) რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის ხარისხზე შემზღუდავ ფაქტორად მოქმედებს. როდესაც ეს დანაკარგები მაღალი არის a დიდი არის და შესაბამისად დაბალი არის კომპენსაციის ხარისხი.

3. ასევე შემზღუდავ ფაქტორად მოქმედებს რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის ხარისხზე მაკომპენსირებელი დანადგარის ხვედრითი ღირებულება (K_0), (K_0)-ის მაღალი მნიშვნელობა იწვევს კომპენსაციის ხარისხის შემცირებას.

4. (C_0) ელექტრული ენერჯის მაღალი ტარიფის მნიშვნელობისას დაბალი არის a -ს აბსოლუტური სიდიდე. რაც უფრო მაღალი არის (C_0), მით მაღალი არის რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის ხარისხი.

ნახაზ 2-ზე მოცემული არის $a=f(K_0, C_0)$ დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც $(E_5 + \alpha_3) = 0,17$, $\Delta P_3\% = 0,3$, $T_0 = 7000$ სთ, $\tau = 3000$ სთ



ნახ.2

გამოყენებული ლიტერატურა

1. მახარაძე გ. ენერჯის სტემების რეჟიმების მართვა და ოპტიმიზაცია. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი 2005წ.

სოფლის მეურნეობის ძირითადი გამოწვევები

დალი სილაგაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი

აბსტრაქტი

2013 წლიდან, საქართველოში სოფლის მეურნეობა დეკლარირებულად არის ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულება და, მისი ხელშეწყობის მიზნით, დიდი მოცულობის ფინანსური სახსრები მიემართება როგორც სახელმწიფო ბიუჯეტიდან, ასევე საერთაშორისო დონორებისა და კერძო სექტორიდან ინვესტიციების თუ სხვა სახის და ფინანსებით. გასულ წლებში არაერთი პროექტი განხორციელდა წარმოების ზრდის ხელშესაწყობად, სექტორში ინვესტიციების მოსაზიდად და საექსპორტო ბაზრების გასაფართოებლად. ასევე, მნიშვნელოვნად გაზარდა სოფლის მეურნეობის დაფინანსება საბანკო სექტორმა; ჩამოყალიბდა კვლევითი ცენტრები და ლაბორატორიები; მნიშვნელოვანი ძალისხმევა დაიხარჯა საირიგაციო და სადრენაჟო სისტემების რეაბილიტაციასა და მოწყობაზე და ა.შ. მიუხედავად ზემოაღნიშნული ძალისხმევისა, სოფლის მეურნეობა მაინც ვერ ახერხებს მნიშვნელოვნად განვითარებას, რადგან დარგი კვლავ არაერთი გამოწვევის წინაშე დგას. სოფლის მეურნეობის განვითარების 2021-2027 წლების სახელმწიფო სტრატეგია დარგის სისუსტედ კვლავ ასახელებს ინფრასტრუქტურას (მათ შორის ირიგაციისა და დრენაჟის სისტემებს), უნარ-ჩვევებს და ცოდნას, ტექნოლოგიებზე ხელმისაწვდომობას, მცირე მიწიანობას, ლაბორატორიულ შესაძლებლობებს და ა.შ. წინამდებარე კვლევის მიზანია გამოკვეთოს სოფლის მეურნეობის ის ძირითადი გამოწვევები, რომელთა წინაშეც დგას მსხვილი ფერმერული მეურნეობები, ცალკეული პროდუქტის ღირებულებათა ჯაჭვი თუ მთლიანი სასოფლო-სამეურნეო სისტემა.

საკვანძო სიტყვები: სოფლის მეურნეობა, გამოწვევები, პრიორიტეტული, დარგი, მემცენარეობა, თანამედროვე ტექნოლოგიები, ტექნიკა.

საქართველოში სოფლის მეურნეობა ტრადიციულ და პრიორიტეტულ დარგად არის მიჩნეული, მთავრობები ცდილობენ, სოფლის მეურნეობის განვითარებას ხელი შეუწყონ, შესაბამისად, ამ მიმართულებით მნიშვნელოვანი თანხები იხარჯება ქვეყნის ბიუჯეტიდან.

2013 წლიდან, საქართველოში სოფლის მეურნეობა დეკლარირებულად არის ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულება და, მისი ხელშეწყობის მიზნით, დიდი მოცულობის ფინანსური სახსრები მიემართება როგორც სახელმწიფო ბიუჯეტიდან, ასევე საერთაშორისო დონორებისა და კერძო სექტორიდან ინვესტიციების თუ სხვა სახის და ფინანსებით. გასულ წლებში არაერთი პროექტი განხორციელდა წარმოების ზრდის ხელშესაწყობად, სექტორში ინვესტიციების მოსაზიდად და საექსპორტო ბაზრების გასაფართოებლად. ასევე, მნიშვნელოვნად გაზარდა სოფლის მეურნეობის დაფინანსება საბანკო სექტორმა; ჩამოყალიბდა კვლევითი ცენტრები და ლაბორატორიები; მნიშვნელოვანი ძალისხმევა დაიხარჯა საირიგაციო და სადრენაჟო სისტემების რეაბილიტაციასა და მოწყობაზე და ა.შ. მიუხედავად ზემოაღნიშნული ძალისხმევისა, სოფლის მეურნეობა მაინც ვერ ახერხებს მნიშვნელოვნად განვითარებას, რადგან დარგი კვლავ არაერთი გამოწვევის წინაშე დგას. სოფლის მეურნეობის განვითარების 2021-2027 წლების სახელმწიფო სტრატეგია დარგის სისუსტედ კვლავ ასახელებს ინფრასტრუქტურას (მათ შორის ირიგაციისა და დრენაჟის სისტემებს), უნარ-ჩვევებს და ცოდნას, ტექნოლოგიებზე ხელმისაწვდომობას, მცირე მიწიანობას, ლაბორატორიულ შესაძლებლობებს და ა.შ. წინამდებარე კვლევის მიზანია გამოკვეთოს სოფლის მეურნეობის ის ძირითადი გამოწვევები, რომელთა წინაშეც დგას მსხვილი ფერმერული მეურნეობები, ცალკეული პროდუქტის ღირებულებათა ჯაჭვი თუ მთლიანი სასოფლო-სამეურნეო სისტემა.

2012 წლიდან სახელმწიფო ბიუჯეტიდან სოფლის მეურნეობის დაფინანსება მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ეს ტენდენცია დღემდე ნარჩუნდება. აქედან გამომდინარე, საინტერსოა, ვნახოთ, რა გავლენა იქონია გაზრდილმა სახელმწიფო დაფინანსებამ საქართველოს სოფლის მეურნეობის განვითარებაზე.

ცხრილი 1. მთლიანი შიდა პროდუქტის სტრუქტურა

(%)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
სოფლის, სატყეო და თევზის მეურნეობა	9,6	10,3	9,2	9,6	9,6	8,8	8,3	7,2	7,8	7,4	8,3
მრეწველობა	14,9	15,0	14,1	14,2	14,3	13,9	13,0	14,2	14,6	14,7	15,5
მშენებლობა	4,2	5,2	7,4	6,6	6,8	7,6	8,8	9,1	8,3	8,5	8,7
ვაჭრობა	17,5	18,1	16,4	14,8	14,6	13,7	13,9	14,0	13,9	14,3	14,8
ტრანსპორტი და დასაწყობება	7,1	7,0	6,8	6,4	6,2	6,1	5,7	6,4	6,3	6,6	6,1
სხვა	46,7	44,4	46,1	48,5	48,5	49,9	50,3	49,1	49,0	48,5	46,6

წყარო საქსტატი

მთლიან შიდა პროდუქტის სტრუქტურაში სოფლის, სატყეო და თევზის მეურნეობა ცვალებადია წლების მიხედვით 2020 წელს 8,3%-ია და 2010 წელთან შედარებით შემცირებულია 1,3 %-ით. (ცხრილი 1)

ცხრილი 2. სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გამოშვება

(მიმდინარე ფასებში, მლნ. ლარი)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გამოშვება, სულ	2669,8	3277,8	3137,5	3549,4	3817,6	3884,3	3882,7	3724,5	4552,8	4834,6	492,6
მემცენარეობა	1052,2	1476,3	1261,3	1623,1	1717,1	1642,5	1590,4	1456,8	2067,7	2159,5	2578,5
მეცხოველეობა	1528,7	1673,1	1732,7	1743,0	1886,4	1981,3	2002,2	2015,5	2197,9	2411,1	2584,9
სასოფლო-სამეურნეო მომსახურება	89,0	128,5	143,5	183,3	214,0	260,5	290,1	252,2	287,1	263,9	329,2

წყარო: „საქსტატი“

სოფლის მეურნეობა ორი ძირითადი ქვედარგისგან შედგება, ესენია: მემცენარეობა და მეცხოველეობა. საქართველოში მეცხოველეობას უფრო მეტი წილი უჭირავს, ვიდრე მემცენარეობას, თუმცა ბოლო წლებში მეცხოველეობის წილი მცირდება. 2020 წლის გამოშვების მოცულობას თუ შევხედავთ, ასეთი მდგომარეობაა: მემცენარეობის პროდუქციის გამოშვებამ 2,5 მლნ. ლარი შეადგინა, ხოლო მეცხოველეობის გამოშვებამ - უმნიშვნელოდ მეტი - 2,9 მლნ. ლარი. მეცხოველეობის პროდუქციის წარმოება წინა წლებში გაცილებით აჭარბებდა მემცენარეობის პროდუქციის წარმოებას. (ცხრილი 2)

სექტორი ხასიათდება მცირე, არსებობისთვის საკმარის მეურნეობით და სოფლის მეურნეობის პროდუქტების უმეტესობის უაღრესად დაბალი პროდუქტიულობით. საქართველოს სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობა სამჯერ დაბალია ევროკავშირის განვითარებულ ქვეყნებთან შედარებით (ProDoc 2020).

ნიადაგების და კლიმატური ზონების მრავალფეროვნება საქართველოში ხილის და ბოსტნეულის ფართო სპექტრის წარმოების საშუალებას იძლევა. 2019 წელს საქართველოში წარმოებული იქნა 502 ათასი ტონა ხილი და 536 ათასი ტონა ბოსტნეული. ხილს და ბოსტნეულს საქართველოში ძირითადად საოჯახო მეურნეობები აწარმოებენ: საოჯახო მეურნეობების წილი ხილის წარმოებაში 92%-ია, ხოლო ბოსტნეულის წარმოებაში - 96% (საქსტატი 2021).

საქსტატის მონაცემები განასხვავებს ხილის შემდეგ კატეგორიებს: ყურძენი, ციტრუსები და ყველა სხვა ხილი. ეს უკანასკნელი მოიცავს ბროწეულს, კურკოვან ხილს, კენკრას, კაკალს და სუბტროპიკულ ხილს.

ხილის მთლიან წარმოებაში ყურძნის წილი ყველაზე მაღალია (48%), შემდეგ მოდის ციტრუსები (15%), თესლოვანი ხილი (14%), კურკოვანი ხილი (11%), კაკალი (7%), სუბტროპიკული ხილი (4%) და კენკრა (0,5%). ციტრუსების კატეგორიაში მანდარინი მთავარი კულტურაა, რომლის საშუალო წილი 93% -ია. კენკრის კატეგორიაში მარწყვი არის მთავარი კულტურა, რომელის საშუალო წილი ბოლო 6 წლის განმავლობაში 72% -ს შეადგენს. ყურძენი ძირითადად იწარმოება კახეთში (დაახლოებით 70%) და იმერეთში (დაახლოებით 10%). აჭარა ავტონომიური რესპუბლიკა და გურია ციტრუსის წარმოების რეგიონებია, წარმოების წილი, შესაბამისად, 70% და 20%-ია. კაკალი ძირითადად იწარმოება სამეგრელოს, გურიის, აჭარისა და კახეთის

რეგიონებში. შიდა ქართლი ლიდერობს თესლოვანი ხილის წარმოების მხრივ (დაახლოებით 65%) რაც შეეხება კურკოვანი ხილს, დაახლოებით 55% კახეთის რეგიონში იწარმოება, ხოლო დაახლოებით 20% - შიდა ქართლის რეგიონში (საქსტატი, საქართველოს სოფლის მეურნეობა, სტატისტიკური პუბლიკაციები 2017-2019).

2014-2019 წლებში საქართველოში წარმოებული ბოსტნეულის ძირითად სახეობებია: კარტოფილი წამყვანი ბოსტნეულია, მისი წილი დაახლოებით 50% -ია, შემდეგ მოდის ნესვი (17%), პომიდორი (12%), კიტრი (6%), კომბოსტო და ბროკოლი (5%), ხახვი (3%) და მწვანელი (2%). ბაღჩეულის კატეგორიაში წამყვანი კულტურა საზამთროა (84%). კარტოფილის წარმოება ძირითადად კონცენტრირებულია სამცხე-ჯავახეთის (6065%) და ქვემო ქართლის (დაახლოებით 20%) რეგიონებში. სხვა ბოსტნეული ძირითადად იწარმოება ქვემო ქართლში (დაახლოებით 30%) და შიდა ქართლში (30%). მწვანელის წარმოება ხდება იმერეთში (63%) და ქვემო ქართლში (14%). რაც შეეხება ბაღჩეულ კულტურებს, დაახლოებით 80% იწარმოება კახეთში და 15% იმერეთში (საქსტატი, საქართველოს სოფლის მეურნეობა, სტატისტიკური პუბლიკაციები 2017-2019).

სოფლის მეურნეობას მნიშვნელოვანი წილი აქვს ქვეყნის ექსპორტში: 2014 - 2018 წლებში სოფლის მეურნეობის ექსპორტმა შეადგინა საქართველოს მთლიანი ექსპორტის 25-30% . ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში, როგორც სოფლის მეურნეობის ექსპორტმა, ასევე სოფლის მეურნეობის იმპორტმა ზრდის ტენდენცია აჩვენა. სოფლის მეურნეობის პროდუქციის სავაჭრო ბალანსი უარყოფითია. 2018 წელს საქართველოს სოფლის მეურნეობის ექსპორტის მთავარი მიმართულებები იყო რუსეთი, აზერბაიჯანი, უკრაინა, ყაზახეთი და სომხეთი. სოფლის მეურნეობის ექსპორტის დიდი წილი დსთს ქვეყნებზე მოდის; 2018 წელს ეს წილი 59% იყო დსთ-ს ყველა ქვეყნისთვის და - 25% რუსეთის ფედერაციისთვის. დსთს ბაზრებზე ტრადიციული კავშირების არსებობა, სიახლოვე, დაბალი კონკურენცია და ხარისხის მიმართ შედარებით დაბალი მოთხოვნები ხელს უწყობს ამ ტენდენციას

2020 წელს საქართველოში ხილის სავაჭრო ბალანსი დადებითი იყო (პროდუქტის კოდი 08: საკვები ხილი და კაკალი; ციტრუსის კანი ან ბაღჩეული), დაახლოებით 116 მილიონი აშშ დოლარი. ბოსტნეულის სავაჭრო ბალანსი უარყოფითი იყო (პროდუქტის კოდი 07: საკვები ბოსტნეული და გარკვეული ფესვები და ტუბერები) და შეადგინა დაახლოებით 29 მილიონი აშშ დოლარი. საქართველომ 2020 წელს ექსპორტზე გაიტანა 157.2 მლნ აშშ დოლარის ღირებულების

ხილი და 8.7 მლნ აშშ დოლარის ღირებულების ბოსტნეული. 2019 წელს საქართველომ ხილის მსოფლიო ექსპორტში 78 – ე ადგილი დაიკავა, ხოლო ბოსტნეულის მსოფლიო ექსპორტში - 107 – ე (სავაჭრო რუკა 2021).

ცხრილი 3. მემცენარეობის, მეცხოველეობის და სასოფლო-სამეურნეო მომსახურების წილები სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გამოშვებაში (%)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გამოშვება, სულ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
მემცენარეობა	39	45	40	46	45	42	41	39	45	45	47
მეცხოველეობა	57	51	55	49	49	51	52	54	48	50	47
სასოფლო-სამეურნეო მომსახურება	3	4	5	5	6	7	7	7	6	6	6

წყარო საქსტატი

უნდა აღინიშნოს რომ წლების მიხედვით ცვალებადია როგორც მემცენარეობის, ასევე მეცხოველეობის წილი სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გამოშვებაში, ასევე ცვალებადობს სასოფლო-სამეურნეო მომსახურების მაჩვენებლებიც. აგრობიზნესის მთლიანი გამოშვების წილი ქვეყნის ეკონომიკის მთლიან გამოშვებაში, ბოლო რამდენიმე წელია (2010 წლიდან) უმნიშვნელოდ იცვლება. 2014 წლიდან აგრარული სექტორის გამოშვების წილი კლებულობს (საშუალოდ 0.95%-ით წელიწადში) და 2016 წლისთვის 16.2 %-ს შეადგენს. (ცხრილი 3)

კერძო საკუთრებაში არსებული მიწის ფრაგმენტაციის პირობებში, სოფლის მეურნეობაში ჩართული შინამეურნეობების უმეტესობა თვითმომხმარებაზეა ორიენტირებული და მათ საქმიანობას კომერციული სახე არ აქვს. ამას ადასტურებს სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გაყიდვიდან მიღებული შემოსავლის სიმცირეც. ამასთან, სოფლის მეურნეობის ხელშესაწყობად

განხორციელებული თუ მიმდინარე პროექტების სიმრავლის მიუხედავად, სოფლის მეურნეობა მნიშვნელოვან ზრდას მაინც ვერ ახერხებს.

გაუმართავი ლოგისტიკური სისტემები და მოუწესრიგებელი ინფრასტრუქტურა ართულებს საქონლის ხარისხის შენარჩუნებას და აფერხებს ბაზრისთვის მიწოდების პროცესს. შეზღუდული ლაბორატორიული შესამღებლობები და არასაკმარისად განვითარებული სადაზღვეო სისტემა კი ვერ ეხმარება მეურნეობას, დააზღვიოს წარმოება სხვადასხვა რისკების მიმართ და დარწმუნდეს საკუთარი ნაწარმის უსაფრთხოებაში.

აგრობიზნესის განვითარებას მნიშვნელოვნად აბრკოლებს ადამიანურ რესურსებთან დაკავშირებული სირთულეები. კვალიფიციური კადრების დეფიციტი და დამხმარე მუშახელის მოძიების გართულებული პროცესი აფერხებს მეურნეობების საქმიანობას. სწორედ ამიტომ, საჭიროა კადრების გადამზადების უფრო ეფექტიანი მეთოდების ადაპტაცია/დანერგვა, რაც გრძელვადიან პერიოდში დადებითად აისახება სპეციალისტების ხელმისაწვდომობის ხარისხზე.

მიწის ნაკვეთების გამსხვილებას და ინდუსტრიული მეურნეობების განვითარებას თან უნდა ახლდეს განათლების დონის ზრდა, დამხმარე სერვისებისა და ინფრასტრუქტურის დახვეწა, თანამდროვე ტექნოლოგიების დანერგვა და სექტორში ნოუ-ჰაუს შემოტანა. ეს ხელს შეუწყობს პროდუქტიულობის ზრდას, მნიშვნელოვანწილად მოხსნის მეურნეობების წინაშე დღეს არსებულ დაბრკოლებებს და ტრადიციულ სოფლის მეურნეობას მომგებიან საქმიანობად ქცევაში დაეხმარება.

ამრიგად, საერთაშორისო გამოცდილებისა და საქართველოს აგრარულ ბაზარზე დღევანდელი მდგომარეობიდან გამომდინარე, სახელმწიფოს შეუძლია დიდი წვლილი შეიტანოს აგრობიზნესში კონკურენტული რისკების შემცირებაში. ამისათვის საჭიროა რეგულირდებოდეს სტრატეგიული და ადმინისტრაციული საკითხები: სტატისტიკური მონაცემების შექმნა ცალ-ცალკე აგრობიზნესებზე, რაშიც ადგილობრივი ორგანოების ჩართულობაა საჭირო; ფერმერებისათვის ტრენინგების ჩატარება და მათთვის კონსულტაციების გაწევა; სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის ხელმისაწვდომობა, ტექნოლოგიური სიახლეების გაცნობა; სათესლე, საწამლი თუ სასუქების ხარისხის კონტროლზე აყვანა; აგროდაკრედიტების მიღების გაიოლებისა და გაიაფების ხელშეწყობა და ა.შ.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. სოფლის მეურნეობის განვითარების 2021-2027 წლების სახელმწიფო სტრატეგია
2. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური www.geostat.ge
3. [file:///C:/Users/Admin%20\(K\)/Desktop/აგრობიზნესი%20-1/Competitive%20risks%20in%20agribusiness%20and%20the%20ways%20for%20reducing%20them.pdf](file:///C:/Users/Admin%20(K)/Desktop/აგრობიზნესი%20-1/Competitive%20risks%20in%20agribusiness%20and%20the%20ways%20for%20reducing%20them.pdf)
4. [file:///C:/Users/Admin%20\(K\)/Desktop/მასალები%202021/file%20\(1\)%20აგრარული%20მეურნეობა.pdf](file:///C:/Users/Admin%20(K)/Desktop/მასალები%202021/file%20(1)%20აგრარული%20მეურნეობა.pdf)

Major Challenges of Agriculture

Dali Silagadze

Akaki Tsereteli State University Associate Professor

Resume

Since 2013, agriculture in Georgia has been declared one of the priority areas and, in order to promote it, a large amount of funds is directed from the state budget, as well as investments from international donors and the private sector or other types and finances.

In recent years, a number of projects have been implemented to boost production, attract investment in the sector, and expand export markets. Also, the financing of agriculture was significantly increased by the banking sector; Research centers and laboratories were established; Significant efforts have been made to rehabilitate and arrange irrigation and drainage systems, and so on.

Despite the above efforts, agriculture still fails to develop significantly as the sector still faces a number of challenges. The State Strategy for Agricultural Development 2021-2027 again names infrastructure (including irrigation and drainage systems), skills and knowledge, access to technology, small land, laboratory facilities, etc. as the weakness of the sector.

The aim of this study is to identify the main agricultural challenges facing large farms, individual product value chains or the entire agricultural system.

Keywords: *Agriculture, Challenges, Priority, Field, Vegetation, Modern technologies, Technology.*



ტექნიკურ ეკონომიკური მაჩვენებლების პროგნოზი

ფრიდონ ახალაძე¹, პეტრე კაჭკაჭიშვილი²

¹აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციების დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი

²აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო ტექნიკური ფაკულტეტის დოქტორანტი

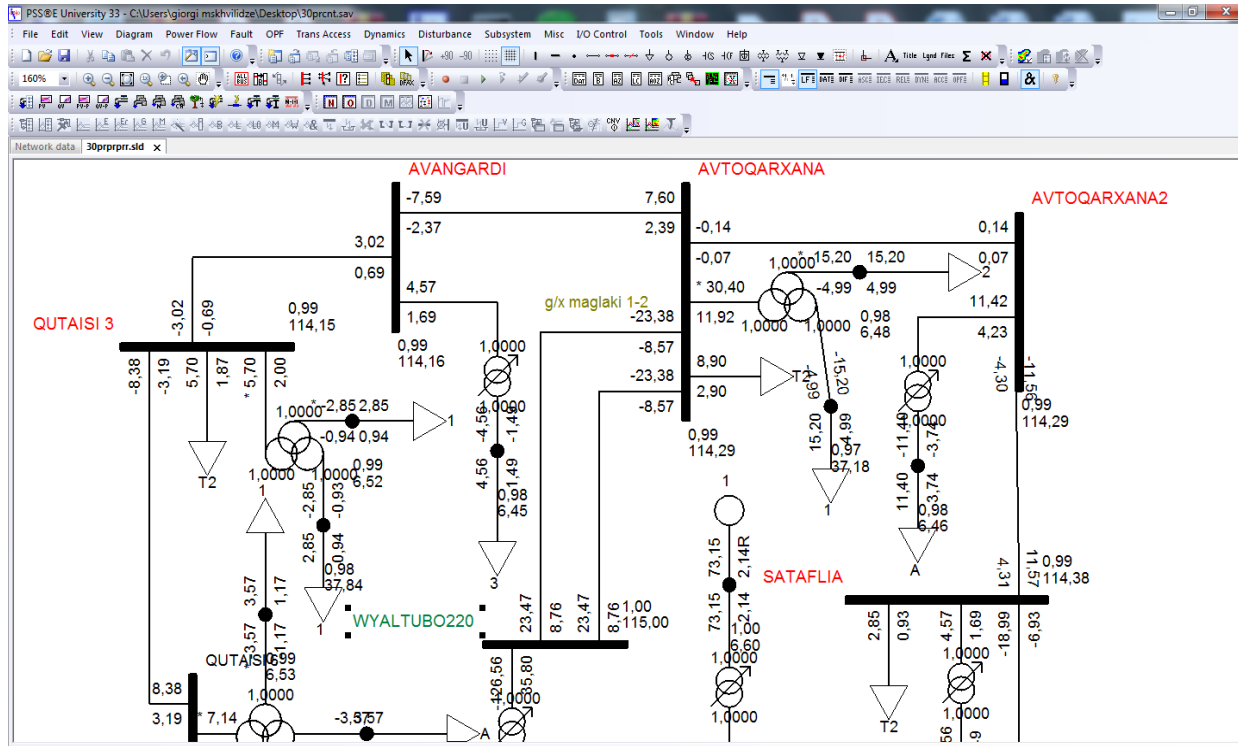
ტექნიკურ ეკონომიკური მაჩვენებლები სრულყოფილად ახასიათებს ენერგოკომპანიის საქმიანობის მრავალ ერთმანეთთან დაკავშირებულ მაჩვენებელს, მაჩვენებელთა სიმრავლე ხასიათდება ერთიანობით, რომელიც გამოხატავს ენერგოკომპანიის წარმატებულ ან ზარალიან საქმიანობას. კორელაციის კოეფიციენტის გამოყენებით განვსაზღვროთ მოქმედ ფაქტორებზე მაჩვენებლების პროგნოზი.

კორელაციის მეთოდი გულისხმობს საპროგნოზო მაჩვენებლებსა და მათზე მოქმედ ფაქტორებს შორის, კორელაციური კავშირის არსებობის დადგენას, კავშირის ფორმის განსაზღვრას, განტოლებების შედგენას და მის საფუძველზე პროგნოზის განხორციელებას. კავშირის ფორმა ახასიათებს ერთი ნიშნის ცვლილებას სხვა ნიშნის ცვლილებაზე დამოკიდებულებით, რომელიც შეიძლება იყოს როგორც წრფივი ასევე არაწრფივი. კავშირის ფორმის დადგენასთან ერთად განისაზღვრება კავშირის სიმჭიდროვე, რომლის მახასიათებელიც არის კორელაციის კოეფიციენტი R. კორელაციის კოეფიციენტი R-ის განსაზღვრის რამოდენიმე მეთოდი არსებობს, მათ შორის ყველაზე გავრცელებული არის უმცირეს კვადრატთა მეთოდი, რომლის შესაბამისად კორელაციის კოეფიციენტს აქვს შემდეგი სახე:

$$R_{xy} = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

ტექნიკურ ეკონომიკური მაჩვენებლების პროგნოზი გულისხმობს სამომავლოდ ენერგოკომპანიის საქმიანობაში ყველა სერიოზული ხარვეზისა თუ პრობლემის თავიდან აცილებას, ასევე მომავალი განვითარების ყველაზე ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევას.

განვიხილოთ ქ. ქუთაისის მკვებავი ქსელის ძალოვანი ტრანსფორმატორების დღეს რეალურად არსებული დატვირთვის შემთხვევაში როცა სიმძლავრის კოეფიციენტია 0,95 გაანგარიშების შედეგი აჩვენებს რომ ქსელში გადატვირთვებს ადგილი არ აქვს. ძაბვის სიდიდე და დანაკარგები არ ცდება დასაშვებ ზღვრებს. ხაზების გენერირებული რეაქტიული ენერგია უმნიშვნელოა.



ქუთაისის მკვებავ და მანაწილებელი ქსელის მაგალითზე ვახორციელებთ ელ. ენერჯის შესყიდვების, შემოსავლების და მოგების პროგნოზს. თითოეულ მაჩვენებელზე მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას. პროგნოზირების შემდეგი ეტაპისათვის განვიხილოთ შესაბამისი მაჩვენებლისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთიერთკავშირი ვნახოთ როგორი ზემოქმედება აქვს მოცემულ ფაქტორებს საპროგნოზო მაჩვენებელთან. მაჩვენებელთა შორის დამოკიდებულების სიმჭიდროვე განისაზღვრება კორელაციის კოეფიციენტით. კოეფიციენტის გამოთვლა შესაძლებელია EXEL-ის პროგრამით.

განვიხილოთ შემოსავლებისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთიერთკავშირი

1. პირდაპირი გაყიდვები მოსახლეობაზე
2. საბიუჯეტო ორგანიზაციები, კომერციული სექტორი
3. სხვა პირდაპირი გაყიდვები
4. სხვა პროდუქციის რეალიზაცია
5. თვითღირებულება
6. დანაკარგები ქსელში

შემოსავლისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კორელაციური კავშირის პროგრამული ამოხსნის შედეგები

$$R_1=0.8, R_2=0.8, R_3=0.5, R_4=0.7, R_5=0.5, R_6=0.8$$

თუ კორელაციის კოეფიციენტის აბსოლიტური მნიშვნელობა აღემატება 0,5-ს მაშინ არსებობს კორელაციური კავშირი. რაც იმას ნიშნავს, რომ შესაბამისი ფაქტორების გავლენა ფუნქციაზე მნიშვნელოვანია. თუ კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0,5-ზე ნაკლები არის, მაშინ არგუმენტსა და ფუნქციას შორის კავშირი უმნიშვნელოა და ფაქტორები შემდგომ გამოთვლებში არ გაითვალისწინება.

განვიხილოთ ელ. ენერჯის შესყიდვებისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კავშირი.

1. ელ. ენერჯის დანაკარგი გადაცემის დროს
2. ტექნოლოგიური დანაკარგი
3. თვითღირებულება
4. ელ. ენერჯის სასარგებლო გაშვება

კორელაციური კავშირის ამოხსნა excel-ის დახმარებით გვამღევს შემდეგ მნიშვნელობებს

$$R_1=0.6, R_2=0.7, R_3=0.8, R_4=0.7$$

თუ კოეფიციენტის მიხედვით ვიმსჯელებთ ყველა ფაქტორი გამოიყენება ამ მაჩვენებლის პროგნოზისათვის.

განვიხილოთ მოგებისა და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთიერთკავშირი

1. ელ. ენერჯის გაყიდვა შიდა ბაზარზე
2. შესყიდვები
3. ცვლადი ხარჯი
4. მუდმივი ხარჯი
5. დანაკარგი ქსელში

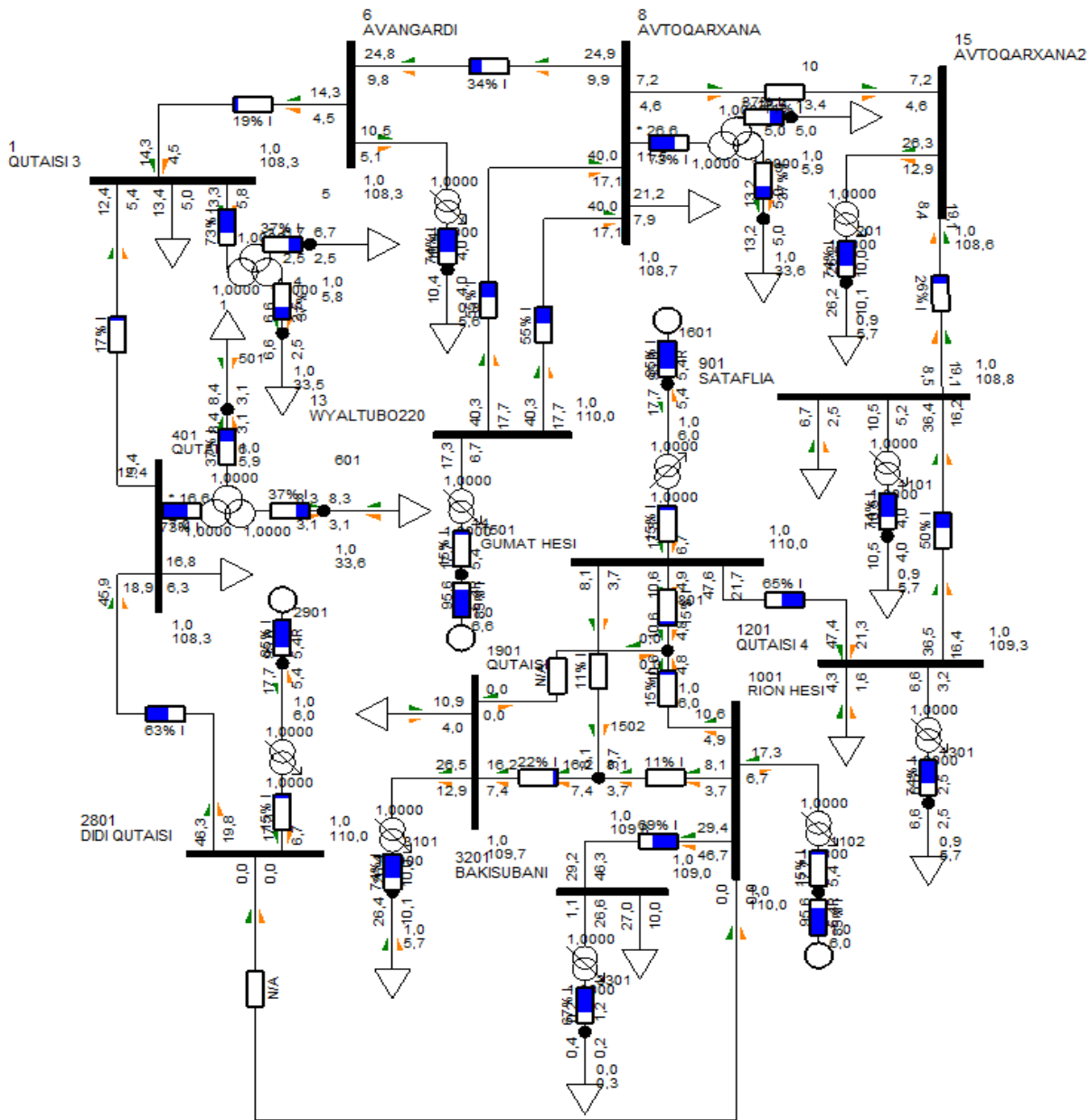
პროგრამული ამოხსნა გვამღევს შემდეგ მნიშვნელობებს

$$R_1=0.6, R_2=0.5, R_3=-0.8, R_4=0.6, R_5=-0.7$$

კოეფიციენტის აბსოლიტური მნიშვნელობა აღემატება 0,5-ს ვიყენებთ ყველა ფაქტორს.

განვიხილოთ წმინდა მოგების მაჩვენებელი და მასზე მოქმედი ფაქტორების ურთიერთკავშირი.

წარმოდგენილი საერთო სქემის მიხედვით, რომელიც შეიცავს როგორც მკვებავ ქსელს ისე მანაწილებელ ქსელს. ქვესადგურები დაკავშირებულია ერთმანეთთან, რაც მოგვცემს საშუალებას გავიგოთ, პირველ რიგში, ქვესადგურებს შორის ნაკადგანაწილება. არსებული დატვირთვის მიხედვით გამოვთვალოთ მოგების მაჩვენებელი.



1. ქსელში დანაკარგები
2. შესყიდული ელ. ენერჯის ღირებულება
3. ცვლადი ხარჯები
4. მუდმივი ხარჯი
5. შემოსავალი

მოგების მაჩვენებელსა და მასზე მოქმედი ფაქტორების კავშირის პროგრამული მაჩვენებლების მნიშვნელობები შემდეგი არის

$$R_1=0.8, R_2=0.8, R_3=0.8, R_4=0.7, R_5=0.9$$

მოქმედი ფაქტორები შეიძლება პროგნოზის ანგარიშში გამოვიყენოთ.

დადგინდა, რომ ზემოთ განხილულ ოთხივე მაჩვენებელსა და მასზე მოქმედ ფაქტორებს შორის არის მჭიდრო კორელაციური კავშირი. პროგნოზირების შემდგომ ეტაპზე დადებით ეფექტს მოახდენს.

კორელაციური მეთოდი გამოყენებულია იმისთვის, რომ დადგინდეს შერჩეული ფაქტორების კავშირის სიმჭიდროვე მოცემულ საპროგნოზო მაჩვენებელთან, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ჩავატაროთ კვლევები ენერგოკომპანიაში მიმდინარე პროცესებზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გ. ამყოლაძე, ნ. ლორთქიფანიძე, გ. კვიციანიძე, მ. ქობალია, „ენერგოკომპანიის საქმიანობის ორგანიზაცია და მენეჯმენტი“ სტუ თბილისი 2009 გვ 242
2. გ. ამყოლაძე ა. ართილაყვა „ენერგოკომპანიების საქმიანობის მაჩვენებლების გავლენა მის ეფექტიანობაზე“ ჟურნ ენერჯია #2(58) 2012წ
3. Мальцев с. Э. «система показателей для эффективного управления» менеджмент: «теория и практика» 2003 № 1-2
4. Сибикин Ю. Л. «Экономия энергетических ресурсов», Промышленная энергетика.-1998 № 8



ტურიზმის სექტორის აღდგენა პანდემიის შემდეგ

მანანა შალამბერიძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ტექნიკის აკადემიური დოქტორი. ასოცირებული პროფესორი

აბსტრაქტი

პანდემიურმა კრიზისმა ყველაზე მეტად ტურისტული ინდუსტრია დააზარალა, მაგრამ აღმოჩნდა, რომ ტურიზმის სექტორს აქვს ადაპტაციისა და რეაგირების მრავალწლიანი გამოცდილება. ტურიზმის სექტორმა გვიჩვენა გზა ისეთი გადაწყვეტილებების საპოვნელად, რომელიც ტურიზმის ინდუსტრიაში ტურისტების მოზიდვას, საბაზრო წილის ზრდას, მოგების გაზრდას უზრუნველყოფს.

საქართველოს ტურისტული პოტენციალის ანალიზის შედეგად ტურიზმის სექტორის შემოსავლების აღდგენის პროგნოზის გაკეთება არის შესაძლებელი, კერძოდ. პანდემიის მიერ გამოწვეული კრიზისის შემდეგ აღდგება ტურიზმის სექტორი ეტაპობრივად. 2024 წლისთვის სრულად მოხდება გარკვეული შედეგების მიღწევა. დღეისათვის მისი ძალზედ მცირე ნაწილია ათვისებული, რაც გვადლევს იმის შესაძლებლობას, რომ რეალური ძვრების, აქტიური ქმედითი პოლიტიკის შემუშავების შედეგად მიღებული ღონისძიებების გატარებით, შევამცირებთ ტურიზმის ინტენსიურ და ესტენსიურ განვითარებაზე შემაფარხებელი ფაქტორების ზეგავლენით და მოვახდებთ მათი შემდგომ დაგვარად მინიმუმაცია. ნაწილი ამ ხელისშემშლელი ფაქტორებისა ობიექტურად ქვეყნის ზეგავლენის არეალის გარეთაა, დანარჩენი პრობლემების

გამოსწორება მთლიანად ქვეყნის ძალისხმევაზეა დამოკიდებული. პირველ რიგში უნდა განხორციელდეს საერთაშორისო ბაზარზე საქართველოს ტურისტული ბაზრის სათანადო რეკლამირება. ამასთანავე უნდა შეიქმნას უცხოელი და ადგილობრივი ტურისტების უსაფრთხოების საგარანტიო სისტემა.

საკვანძო სიტყვები. პანდემია, ტურისტული პოტენციალი, ტურიზმის სექტორი

ტურიზმის ინდუსტრიის აღდგენა პანდემიის შემდგომი პერიოდისათვის საჭიროებს შემდეგი ღონისძიებები დაგეგმვას და განხორციელებას:

- ტურიზმის აღდგენისა და კრიზისების მართვის მიმართულებით სტრატეგიული გეგმის მომზადება და განხორციელება .
- პანდემიის შემდგომ გარემოში ტურიზმის ინდუსტრიის მხარდასაჭერად და სექტორის გასაძლიერებლად შიდა ტურისტული ნაკადების გაზრდისათვის უნდა განხორციელდეს მიზნობრივი მარკეტინგული აქტივობები.
- საკანონმდებლო ბაზის მეშვეობით უნდა დაინერგოს მოგზაურობის უსაფრთხოებისა და მოხმარებელთა უფლებების დაცვის მაღალი სტანდარტი.
- ტურისტული საწარმოს საბაზრო პოტენციალის შეფასება;
- ბაზრის მახასიათებლების შესწავლა;
- საქმიანი აქტივობის ტენდენციის შესწავლა; - პოტენციური მომხმარებლების პოვნა, მათი მოთხოვნილებების, არსებული და მომავალი მოთხოვნის შეფასება;
- ბაზრის განვითარების გრძელვადიანი ტენდენციების პროგნოზირება;

ტურიზმის ინდუსტრიის განვითარება შეუძლებელია ფაქტორების მთელი სისტემის გათვალისწინების გარეშე. ტურიზმი ვერ განვითარდება თუ ქვეყანა პოლიტიკურად და ეკონომიკურად სტაბილური არაა. ტურიზმის განვითარება შეუძლებელია ქვეყნის მთლიანი სოციალური და ეკონომიკური წინსვლის გარეშე. ტურიზმს სჭირდება განვითარებული ენერგეტიკა, საავტომობილო გზები და მარავალი სტანდარტების სატრანსპორტო საშუალებები, მოწესრიგებული საბანკო და სადაზღვევო საქმიანობა, საზოგადოებრივი წესრიგი და ქვეყნის შიგნით დემოკრატიული, კანონის უზენაესობაზე დაფუძნებული ურთიერთობები, სოფლის

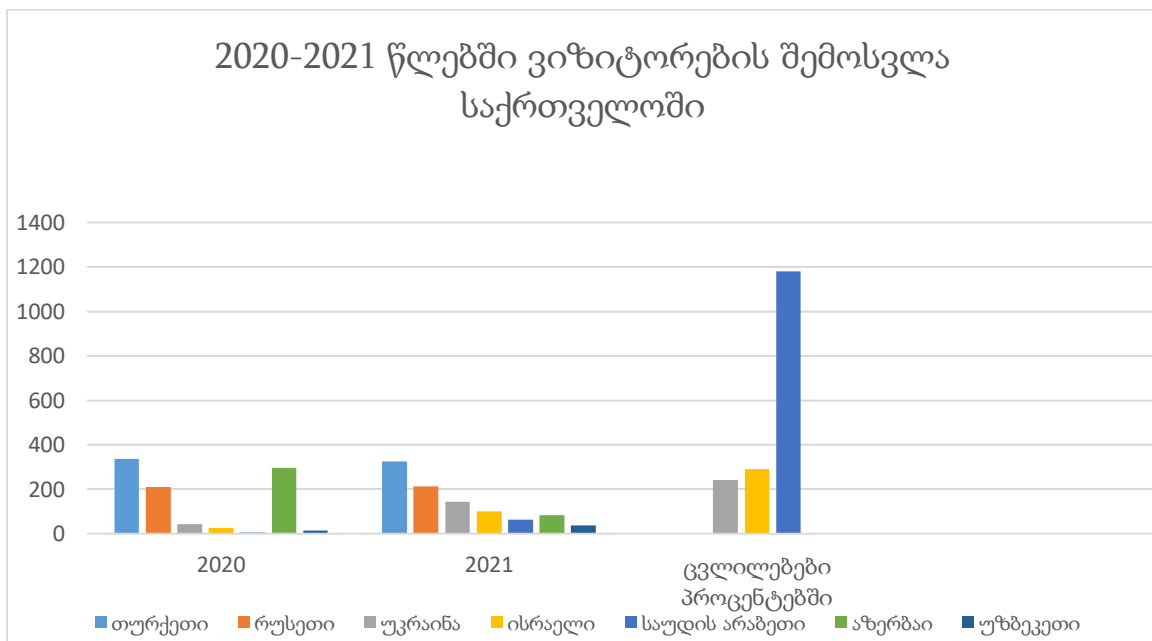
მეურნეობის, კავშირგაბმულობისა და მომსახურების სფეროს განვითარება, კულტურის, ხალხური რეწვისა და სასუვენირო წარმოების მაღალი დონე, ტურიზმის სფეროში დასაქმებულთა სწავლება, კვალიფიციური კადრების მომზადება და უცხოელი სტუმრებისათვის კეთილმოსურნე გარემოს შექმნა. ტურიზმი მსოფლიო ეკონომიკის ერთ-ერთ წამყვან და დინამიკურ დარგს წარმოადგენს. ტურიზმის როლი და მნიშვნელობა თანამედროვე მსოფლიოში მუდმივად იზრდება, რაც განპირობებულია სხვადასხვა ქვეყნების შემოსავლების ზრდითა და მოსახლეობის ცხოვრების დონის გაუმჯობესებით. ასევე ტურიზმის სწრაფ განვითარებას განაპირობებს ის, რომ ტურისტული ბიზნესის დასაწყებად არაა საჭირო დიდი ფინანსური ინვესტიციები, უდიდესი მოთხოვნაა ტურისტულ მომსახურებაზე და ძალზედ მაღალია რენტაბელურობის მაჩვენებელი. მრავალი ქვეყნის ეკონომიკაში ტურიზმს წამყვანი როლი ეკისრება მთლიანი შიდა პროდუქტისა და დამატებითი სამუშაო ადგილების შექმნაში, მოსახლეობის დასაქმებასა და სახელმწიფო ბიუჯეტის შევსებაში. თავის მხრივ ტურიზმის განვითარებაზე მოქმედებს შემდეგი ფაქტორები: დემოგრაფიული, ბუნებრივ-გეოგრაფიული, სოციალურ-ეკონომიკური, ისტორიული, კულტურული, რელიგიური და პოლიტიკურ-სამართლებრივი, სამეცნიერო-ტექნიკური, მოსახლეობის ცხოვრების დონე, თავისუფალი დროის ხანგრძლივობა, კულტურული მოთხოვნების დაკმაყოფილების ზრდა, ეკონომიკური და პოლიტიკური სტაბილურობა და სხვა.

ტურიზმის სექტორში პანდემიის გავლენის დასადგენად. ჩატარდა კვლევა, რომელშიც მონაწილეობა მიიღო სასტუმროებმა, რესტორნებში დასაქმებულებულებმა, გიდები და ა.შ. გამოკითხულთა 49,2 %-სთვის ტურიზმი შემოსავლის ერთადერთი წყაროა, 47,7%-ისთვის კი – დამატებით, მაგრამ მნიშვნელოვანი წყარო, ხოლო დანარჩენისთვის ტურიზმი შემოსავლის დამატებითი, თუმცა უმნიშვნელო წყაროა. გამოკითხულთა 41,5 %-მა კვლევისას მიუთითა, რომ პანდემიამ ძალიან ცუდად იმოქმედა ტურიზმის სექტორზე, ხოლო 21,5%-ზე არანაირი გავლენა არ მოუხდენია. ზოგი მიიჩნევს, რომ უცხოელი ტურისტების შემცირების პარალელურად გააქტიურდება შიდა ტურიზმი – გამოკითხულთა 33,8 პროცენტი სწორედ ასე ფიქრობს, თუმცა გაცილებით მეტს, 52,3%-ს მიაჩნია, რომ შემცირდება შიდა ტურისტების გადაადგილებაც. 13,8%-ის მოსაზრებით შიდა ტურიზმი შარშანდელ დონეზე დარჩება.

გამოკითხულთა ნახევარზე მეტი, 50,8% ამბობს, რომ ტურიზმში შეფერხებების შემდეგ დარჩა ყველანაირი შემოსავლის გარეშე და პანდემიამ ძალიან ცუდად იმოქმედა მათ შემოსავლებზე, გამოკითხულთა 41,5 პროცენტი ამბობს, რომ პანდემია ფინანსური კუთხით მათზე ცუდად აისახა და მხოლოდ 7,7 პროცენტზე პანდემიას უმოქმედია ფინანსურად.

პანდემიის შემდეგ ტურიზმის გარდა ალტერნატიული შემოსავალი გამოკითხულთა მხოლოდ 10,8%-ს აღმოაჩნდა, 40%-ს არ აქვს არანაირი სხვა ალტერნატიული წყარო, 49,2% ამბობს, რომ აქვს მინიმალური ალტერნატიული შემოსავალი. გამოკითხულთა 67,7%-ს გარკვეული მოსაზრებები აქვს, თუ როგორ გადაეწყონ სხვა საქმიანობაზე 2020 წლის მეორე ნახევრისთვის, თუმცა ეს მოსაზრებები გეგმის სახით არ აქვთ ჩამოყალიბებული; 18,5 პროცენტს ამ საკითხზე არავითარი გეგმა არ აქვს და გამოკითხულთა მხოლოდ 13,8 პროცენტმა განაცხადა, რომ აქვს გეგმა.

ამ მონაცემების უტყუარობა დასტურდება საქართველოში 2021 წელს ვიზიტორთა შემოსვლით.



წყარო. საქართველოს ტურიზმის ეროვნული ადმინისტრაცია

საქართველომ 2021 საერთაშორისო მოგზაურებიდან 1,244,941,717 აშშ დოლარის შემოსავალი მიიღო. ე.ი. ტურიზმი ეფექტური და მომგებიანი ინდუსტრიაა და მას ბევრი სარგებელი მოაქვს სახემწიფოსთვის და მისი მოქალაქეებისთვის, არსებობს გარკვეული ფაქტორები, რომლებიც წინ უდგებიან, ან დროებით აფერხებენ სექტორის განვითარებას.

უახლესი გამოწვევა, რომლის წინაშეც დღეს დგას ტურიზმი, ეს არის კოვიდ-19, რომელმაც სრულიად ამოატრიალა ჩვენი ცხოვრების რიტმი და სტილი. არ არსებობს იდუსტრია ან ბიზნესი, რომელზეც გავლენა არ მოუხდენია კორონა ვირუსს. თუმცა, მაშინ, როდესაც სხვა სექტორებში კოვიდ-19-ის ეფექტი არათანაბრად არის გადაწეული, ტურიზმის სფერო ერთიანად დიდი დაბრკოლების წინაშე დგას. ამ კრიზისის საპასუხოდ საჭიროა საზოგადოებასთან ერთად ქვეყნის მთავრობის მიერ სწორი ეკონომიკური პოლიტიკის გატარება, რათა პროგნოზები გამართლდეს და ტურიზმის ინდუსტრია პოსტკრიზისულ პერიოდში მიუახლოვდეს მაინც პანდემიამდელი პერიოდის ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

დასკვნა.

საქართველოს ტურისტული პოტენციალის ანალიზის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ტურიზმის სექტორის შემოსავლების აღდგენის პროგნოზი. აღნიშნული კვლევის მიხედვით, პანდემიის მიერ გამოწვეული კრიზისის შემდეგ აღდგება ეტაპობრივად 2024 წლისთვის მოხდება გარკვეული შედეგების მიღწევა. დღეისათვის მისი ძალზედ მცირე ნაწილია ათვისებული, რაც გვამლევს იმის შესაძლებლობას, რომ რეალური ძვრების, აქტიური ქმედითი პოლიტიკის შემუშავების შედეგად მიღებული ღონისძიებების გატარებით, შევამცირებთ ტურიზმის ინტენსიურ და ესტენსიურ განვითარებაზე შემაფარხებელი ფაქტორების ზეგავლენით და მოვახდებთ მათი შეძლებისდაგვარად მინიმიზაციას. ნაწილი ამ ხელისშემშლელი ფაქტორებისა ობიექტურად ქვეყნის ზეგავლენის არეალის გარეთაა, დანარჩენი პრობლემების გამოსწორება მთლიანად ქვეყნის ძალისხმევაზეა დამოკიდებული. პირველ რიგში უნდა განხორციელდეს საერთაშორისო ბაზარზე საქართველოს ტურისტული ბაზრის სათანადო რეკლამირება. ამასთანავე უნდა შეიქმნას უცხოელი და ადგილობრივი ტურისტების უსაფრთხოების საგარანტიო სისტემა.

გამოყენებული ლიტერატურა.

1. საქართველოს სტატისტიკის სახელმწიფო დეპარტამენტი ოფიციალური მონაცემები
2. ტურიზმის ეკონომიკა, ქართულენოვანი სალექციო კურსი, 2019
3. მერაბ კაკულია ნოდარ კაპანაძე ანტიპანდემიური ნტიპანდემიური შეზღუდვების ეზღუდვების და მთავრობის თავრობის ანტიკრიზისული ნტიკრიზისული ღონისძიებების ონისძიებების გავლენა დასაქმებაზე ასაქმებაზე, შემოსავლებსა ემოსავლებსა და სიღარიბის იღარიბის დონეზე საქართველოში აქართველოში 2020.
4. <https://forbes.ge/2021-tsels-thbiliss-gareth-sastumroebis-70-ith-adgilobrivi-turistebi-sargeblobdnen/?fbclid=IwAR3b7FKNB9qXnqrwImSKOiuBXVWcB2wjeZOXyxASW77x91JaXTLJxemTa8>

Recovery of the tourism sector after the pandemic

Manana Shalamberidze

Akaki Tsereteli State University. Academic Doctor of Technology. Associate Professor

Abstract

The pandemic crisis has hit the tourism industry hardest, but it turns out that the tourism sector has many years of experience in adaptation and response. The tourism sector has shown the way to find solutions that will attract tourists to the tourism industry, increase market share, increase profits.

As a result of the analysis of Georgia's tourism potential, it is possible to make a forecast for the recovery of the tourism sector, in particular. After the crisis caused by the pandemic, the tourism sector is gradually recovering. By 2024, certain results will be fully achieved. At present, a very small part of it is mastered, which gives us the opportunity to reduce the impact of factors that hinder the intensive and intensive development of tourism by taking real measures, as a result of active effective policy development, and minimize them as much as possible. Some of these impediments are objectively outside the country's sphere of influence, while the rest of the problems depend entirely on the country's efforts. First of all, the Georgian tourism market should be properly advertised on the international market. In addition, a security guarantee system for foreign and local tourists should be established.

keywords. *Pandemic, tourism potential, tourism sector*

ენდომეტრული სტრომული სიმსივნეების ფენოტიპური თავისებურებანი და პროგრესიის რისკის მახასიათებლები

ლალი ბარბაქაძე¹, ნიკოლოზ კინტრია², მანანა ჯიქურაშვილი³, გიორგი ბურკაძე⁴

¹თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის დოქტორანტი;

²თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი; მეანობა-გინეკოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი;

³თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პათოლოგიური ანატომიის დეპარტამენტის თანამშრომელი; პათოლოგანატომი;

⁴თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის პროფესორი, მოლეკულური პათოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი

აბსტრაქტი: ენდომეტრული სტრომული სარკომები მეზენქიმური გენეზის სიმსივნეებია და შეადგენს საშვილოსნოს ავთვისებიანი პათოლოგიების დაახლოებით 0,2 – 1%-ს და საშვილოსნოს სარკომების 6-20%-ს. უზშირესად ის ვლინდება 42-53 წლის ასაკში. ეპითელური სიმსივნეებისაგან განსხვავებით, რომელთაც შედარებით კარგი პროგნოზი აქვთ, საშვილოსნოს სარკომები ცუდი პროგნოზით ხასიათდებიან. ხშირია რეციდივები და მაღალია შორეული მეტასტაზირების რისკები. ლოკალური რეციდივი შესაძლოა გამოვლინდეს პირველადი დიაგნოსტიკიდან და მკურნალობიდან 20-30 წლის გასვლის შემდეგაც კი. მკურნალობის პირველ მეთოდს რადიკალური ქირურგია წარმოადგენს, ხშირად ადიუვანტურ რადიო- და ქიმიოთერაპიასთან ერთად. ენდომეტრული სტრომული სიმსივნეების დაბალი ინციდენტობის გამო, ცოტა რამაა ცნობილი ცუდი გამოსავლის რისკ ფაქტორებსა და მის ოპტიმალურ მენეჯმენტზე.

საკვანძო სიტყვები: ენდომეტრული სტრომული სარკომა; ფენოტიპური მახასიათებლები; სტრომული ენდომეტრიოზი

ენდომეტრული სტრომული სარკომები მეზენქიმური გენეზის სიმსივნეებია და შეადგენს საშვილოსნოს ავთვისებიანი პათოლოგიების დაახლოებით 0,2 – 1%-ს და საშვილოსნოს სარკომების 6-20%-ს [1,2,3]. უხშირესად ის ვლინდება 42-53 წლის ასაკში [4,5]. ეპითელური სიმსივნეებისაგან განსხვავებით, რომელთაც შედარებით კარგი პროგნოზი აქვთ, საშვილოსნოს სარკომები ცუდი პროგნოზით ხასიათდებიან. ხშირია რეციდივები და მაღალია შორეული მეტასტაზირების რისკები. ლოკალური რეციდივი შესაძლოა გამოვლინდეს პირველადი დიაგნოსტიკიდან და მკურნალობიდან 20-30 წლის გასვლის შემდეგაც კი [5]. მკურნალობის პირველ მეთოდს რადიკალური ქირურგია წარმოადგენს, ხშირად ადიუვანტურ რადიო- და ქიმიოთერაპიასთან ერთად. ენდომეტრული სტრომული სიმსივნეების დაბალი ინციდენტობის გამო, ცოტა რამაა ცნობილი ცუდი გამოსავლის რისკ ფაქტორებსა და მის ოპტიმალურ მენეჯმენტზე.

ენდომეტრული სტრომული სიმსივნეების დღეს არსებული კლასიფიკაცია მოწოდებულია 2014 წლიდან ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO) მიერ, სადაც გამოყოფილია ოთხი კატეგორია - ენდომეტრული სტრომული კვანძი, დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომა, მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომა და საშვილოსნოს არადიფერენცირებული სტრომული სარკომა [6].

სტრომული სარკომების პათოგენეზი უცნობია, თუმცა ნანახია კორელაცია ჰიპერესტროგენიზმთან, ტამოქსიფენით მკურნალობასა და ენდომეტრიოზთან.

აქამდე არსებულ სხვადასხვა თეორიებზე დაყრდნობით, ცნობილია, რომ ენდომეტრიოზიდან ინიცირებული სტრომული სარკომები ძალიან იშვიათია. ზოგადად, დისტოპირებულ ენდომეტრულ ქსოვილში ავთვისებიანი სიმსივნეები იშვიათ შემთხვევებში ვითარდება (0,7-1%) და მათში უპირატესად აღმოცენდება ენდომეტროიდული კარცინომები და ნათელუჯრედული კარცინომები. აქვე აღსანიშნავია, რომ მალიგნიზაცია უპირატესად სახეუა საკვერცხეში და ექსტრაგონადურად კი, უხშირესად ე.წ. რექტო-ვაგინალური ტიხრის ლოკალიზაციის ღრმა, ინფილტრაციული ენდომეტრიოზის შემთხვევებში [7]. რეციდივის რისკის შემცირება მხოლოდ სრული ქირურგიული რეზექციით მიიღწევა. რამდენიმე ავტორმა ენდომეტრიოზში აღმოცენებულ ენდომეტრულ სტრომულ სარკომებში გამოავლინა PDGFR, EGFR და VEGF პოზიტიურობა, რაც თეორიულად საფუძვლად უდევს მათ თერაპიულ სამიზნედ გამოყენებას, თუმცა ეს საკითხი ჯერ კიდევ საჭიროებს დაზუსტებას [8]. მთლიანობაში, არცერთ პუბლიკაციაში არ არის ნათლად განმარტებული ის, თუ რა გზით ხდება ენდომეტრიოზის ფოკუსებში ენდომეტრული სტრომული სარკომის განვითარება.

გარკვეული კორელაციაა გამოვლენილი ენდომეტრული სტრომული სარკომების განვითარების რისკსა და ტამოქსიფენით მკურნალობასთან. ტამოქსიფენი ძუძუს ჰორმონ-სენსიტიური კიბოს სტანდარტული სამკურნალო პრეპარატია. ერთისმხრივ ის ესტროგენის რეცეპტორის ანტაგონისტს წარმოადგენს ძუძუს ქსოვილში, ხოლო მეორესმხრივ სხვა ქსოვილებში გვევლინება

როგორც ესტროგენის აგონისტი, მაგალითად როგორცაა ენდომეტრიუმის ქსოვილი. შესაბამისად, მისი მიღებისას ადგილი აქვს ენდომეტრიუმში პროლიფერაციული პროცესების განვითარებას. სწორედ ამიტომ, ტამოქსიფენით ნამკურნალებ ქალებში ენდომეტრიუმის ჰიპერპლაზიის, პოლიპების და კარცინომის განვითარების რისკი 2-4-ჯერაა გაზრდილი. გამოვლენილია, რომ ამ პრეპარატის მიღების გამო 5 წლის ვადაში პაციენტების 10%-ში განვითარდება ენდომეტრიუმის ზემოთხსენებული პათოლოგიები [9,10,11]. რიგი კვლევებით, ზოგიერთ პირში მოხდა ასევე კარცინოსარკომის, ლეიომიოსარკომის და ენდომეტრიული სტრომული სარკომის განვითარება. გარდა ამისა, შემთხვევათა მცირე ნაწილში მოხდა სტრომული სარკომების ქვე-ვარიანტების ჩამოყალიბებაც, მაგალითად როგორცაა სასქესო ჭიმის-მაგვარი მახასიათებლების მქონე დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის სტრომული სარკომა [10,11]. შესაბამისად, აუცილებელია ამ პრეპარატით მკურნალობისას პაციენტებზე განგრძობითი, მკაცრი კლინიკური დაკვირვება.

ენდომეტრიული სტრომული სიმსივნეების ჰისტოპათოლოგიური დიაგნოსტიკა გაძნელებულია მათი სხვადასხვა ჰისტოლოგიური ვარიანტების არსებობის გამო, რომელიც მოიცავს გლუვკუნთოვან დიფერენციაციას, ჯირკვლოვან და ეპითელურ დიფერენციაციას და სასქესო ჭიმის-მაგვარ დიფერენციაციას [12]. მეორეს მხრივ, უაღრესად მნიშვნელოვანია დაბალი ხარისხის და მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული სტრომული სარკომების დიფერენციული დიაგნოსტიკა, რადგან მათი პროგნოზი და 5-წლიანი გადარჩენადობის ინტერვალი მნიშვნელოვნად განსხვავებულია [13].

ჰისტეროსკოპით მიღებულ ბიოფსიურ და გამონაფხეკ ნიმუშებში ჰისტომორფოლოგიურად ენდომეტრიუმის სტრომული ნეოპლაზიის პირველი, ე.წ. დიაგნოსტიკური გასაღებია მასალაში არსებული ქსოვილოვანი ფრაგმენტები ჭარბად წარმოდგენილი ენდომეტრიული სტრომით. ასეთის აღმოჩენის შემთხვევაში, საჭიროა განვასხვავოთ პროცესი ატროფიული ცვლილებებისაგან პერი- და პოსტმენოპაუზურ ქალებში და სუბმუკოზური ლეიომიომის მქონე პირებში ენდომეტრიუმის მეორადად დაზიანებული ქსოვილის ფრაგმენტებისაგან. დიფერენციულ დიაგნოსტიკაში აღსანიშნავია უჯრედული სტრომის მქონე ენდომეტრიუმის პოლიპიც. შემთხვევათა უდიდეს ნაწილში, ენდომეტრიუმის სტრომული სიმსივნეების დიაგნოსტიკა და მათი ქვეტიპების განსხვავება ასეთ მცირე ზომის მასალებში სირთულეს წარმოადგენს და პროცესის სარწმუნოდ შეფასება შეუძლებელია. დიაგნოზის ვერიფიკაცია და კლასიფიკაცია ხდება მასალის ფართოდ შესწავლის საფუძველზე, ჰისტერექტომიით მიღებულ ნიმუშებზე [14].

ენდომეტრიული სტრომული კვანძი წარმოადგენს კარგად შემოფარგლულ სიმსივნეს მიომეტრიუმში მინიმალური ინვაზიით (<3მმ) ან მასში ინვაზიის გარეშე. შენებით ისინი ხშირად პოლიპისმაგვარია და გამოზრდილია საშვილოსნოს ღრუში, თუმცა ახასიათებს მიომეტრიუმის სისქეში ლოკალიზაციაც. კვანძების ზომა ძირითადად 10სმ-მდეა. მაკროსკოპულად ისინი მოყვითალო-მონაცრისფრო ფერისაა, შემოფარგლული, მაგრამ არა-ინკაფსულირებული.

იშვითად შემთხვევებში ამ სიმსივნეებს ახასიათებთ ჰემორაგია და იშემიური ტიპის ნეკროზი, რაც იწვევს მათ სისქეში ცისტების ფორმაციას. მიკროსკოპულად ამ ტიპის კვანძებს გააჩნიათ კიდეები ზეწოლის ეფექტით, თუმცა რიგ შემთხვევებში ისინი წილაკოვანი შენების არიან ან აქვთ არარეგულარული კიდეები. რიგ წყაროებში ერთეულ შემთხვევებსა და მოკლე კლინიკურ დაკვირვებებზე (ე.წ. follow-up) დაყრდნობით, აღწერილია, რომ ფოკალური ინვაზია ამ ტიპის წარმონაქმნებში დასაშვებია, თუმცა 3-ზე ნაკლებ ფოკუსში და მხოლოდ 3მმ-იანი სიღრმით, თუმცა აქვე უნდა ითქვას, რომ ეს ზღვრული წერტილები პირობითია და მოკლებულია მყარ მეცნიერულ მტკიცებულებებს. სისხლმილებში ინვაზია არ ვლინდება. უჯრედული პოპულაცია ჰგავს ნორმალურ პროლიფერაციულ ენდომეტრულ სტრომას. ისინი ხასიათდებიან სპირალური სისხლმილების ირგვლივ, რგოლისმაგვარი განლაგებით. ამ სისხლმილებს აქვთ მსგავსი დიამეტრის მქონე სანათურები და არ არიან ერთმანეთთან მჭიდროდ ლოკალიზებულნი; მათი ნაწილი ჰიალინიზირებულია. ენდომეტრულ სტრომულ კვანძებში იშვითადად ისახება გლუვკუნთოვანი დიფერენციაციაც. იმუნოჰისტოქიმიურად სიმსივნური უჯრედები პოზიტიურია შემდეგ მარკერებზე: CD10, Vimentin, actin, ასევე ER, PR და WT1. გლუვკუნთოვანი დიფერენციაციის ველებში, ასეთის არსებობის შემთხვევაში, ფოკალურად ისახება ე.წ. წერტილოვანი და/ან პერინუკლეური პოზიტიურობა მარკერებზე: desmin და h-caldesmon [16]. დიფერენციული დიაგნოსტიკა უმთავრესად მოიცავს უჯრედულ ლეიომიომას, რომლის დამახასიათებელი ჰისტოლოგიური კრიტერიუმებია: სიმსივნისშიდა სქელკედლიანი მსხვილი კალიბრის სისხლმილები, ნაპრალისებური სივრცეები და ფასციკულური შენება. საყურადღებოა ის, რომ CD10 პოზიტიურობა შესაძლოა ამ სიმსივნეებშიც გამოვლინდეს, თუმცა მათ სასარგებლოდ მეტყველებს desmin და/ან h-caldesmon დიფუზური ციტოპლაზმური პოზიტიურობა.

დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომა წარმოადგენს ე.წ. ფარულ, ასიმპტომურ სიმსივნეს, რომელიც როგორც კლინიკურად, ისე ჰისტომორფოლოგიურად ჰგავს ენდომეტრულ სტრომულ კვანძს. უპირატესად ის ვლინდება პერი-მენოპაუზური ასაკის ქალების ჯგუფში. მაკროსკოპულად ისინი ხშირად მრავალწილაკოვანია, არამკვეთრად დემარკირებული საზღვრებით. პარამეტრიუმის რბილ ქსოვილებში არსებული სისხლმილების სანათურებში ხშირად ყურადღებას იქცევს გამონაზარდები ან ქსოვილოვანი მასები ე.წ. ჭიის მსგავსი ფორმით. მიკროსკოპულად სიმსივნე ხასიათდება მჭიდრო უჯრედულობით და მონომორფული, ოვალური და თითისტარა უჯრედების არსებობით, რომელთაც გააჩნიათ ჰიპერქრომული ბირთვი და მწირი ციტოპლაზმა. აღნიშნულის გამო, ის, სტრომული კვანძის მსგავსად, ემსგავსება პროლიფერაციული ფაზის ნორმალურ ენდომეტრულ სტრომას [15]. ადგილი აქვს სტრომული უჯრედების დამახასიათებელ ენისებურ (tongue-like) ზრდას მიომეტრიუმში და/ან მიომეტრიუმის სისხლმილებში. სისხლმილებში ინვაზია ამ პათოლოგიის დიაგნოსტიკისათვის მნიშვნელოვანი კრიტერიუმია და სწორედ ეს განასხვავებს მას ენდომეტრული სტრომული კვანძისაგან. მიტოზური ინდექსი დაბალია: <5/10HPF. ნეკროზი არ ისახება. დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომის ვარიანტები

შესაძლოა იყოს აღნიშნული დიფერენციაციით: გლუვკუნთოვანი, რაბდომიობლასტური, მიქსოიდური, ფიბრობლასტური, ეპითელიოიდური, სასქესო ჭიმის-მაგვარი, ენდომეტროიდული ჯირკვლების-მაგვარი, ნათელუჯრედული, რაბდოიდული, ე.წ. მახინჯი, ადიპოზური, პაპილური ან ფსევდოპაპილური. იმუნოჰისტოქიმიურად ვლინდება სიმსივნური უჯრედების პოზიტიურობა CD10, Vimentin, actin, WT1, IFITM1, ER, PR მარკერებზე. კერატინი შესაძლოა იყოს პოზიტიური ჯირკვლოვანი და/ან სასქესო ჭიმის-მაგვარი დიფერენციაციის კერებში, რომელშიც ასევე ისახება პოზიტიურობა შემდეგ მარკერებზე: Inhibin, CD99, Calretinin, MelanA. გლუვკუნთოვანი დიფერენციაციის კერებში ვლინდება პოზიტიურობა მარკერებზე: desmin და h-caldesmon, ნათელუჯრედულ კომპონენტში კი HMB45-ზე.

დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომა ძალიან ჰგავს ჰიპერცელულურ ინტრავენურ ლეიომიომატოს/ლეიომიომას, რომლისაგან დიფერენცირებისას, ამ უკანასკნელის სასარგებლო კრიტერიუმებს წარმოადგენს შემდეგი: ინტრავასკულურ სიმსივნეში ნაპრალისებური ან წილაკოვანი კიდეები, ჰიდროპული ცვლილებები, ფასციკულური შენება, უჯრედები არამკვეთრი ბირთვული საზღვრებით და სისხლმილები სქელი კედლებით. იმუნოფენოტიპირებით ორივე სიმსივნეში, მათ შორის უჯრედულ ლეიომიომაშიც, შესაძლოა გამოვლინდეს CD10 პოზიტიურობა და h-caldesmon ფოკალური, შემცირებული ექსპრესია, რის გამოც სადიფერენციაციოდ მეტად ღირებულია ზემოთხსენებული ჰისტოლოგიური მახასიათებლები.

მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომა შედარებით იშვიათია და მეტად ვლინდება 28-67 წლის ასაკში (საშუალო ასაკი: 50წ.). უზშირესი კლინიკური სიმპტომია პათოლოგიური სისხლდენა საშვილოსნოდან. ამ სიმსივნეების ტიპური შენება პოლიპოიდურია, ცუდადაა შემოსაზღვრული, მიომეტრიუმში ინვაზიის მაკროსკოპული ნიშნებით, ჰემორაგიებითა და ნეკროზული ცვლილებებით. ჰისტომორფოლოგიურად გამოხატულია ორი ტიპის უჯრედული პოპულაცია, კერძოდ ერთი - მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის (high grade) მახასიათებლებით, მეორე - დაბალი (low grade). ისახება მრგვალი და თითისტარა უჯრედები. მრგვალი უჯრედები ეპითელიოიდური შესახედაობისაა და ხასიათდება არარეგულარული საზღვრების მქონე ვეზიკულური და/ან ჰიპერქრომული ბირთვების და მწირი ეოზინოფილური ციტოპლაზმის არსებობით. ბირთვების ზომა ლიმფოციტების ზომაზე 4-6ჯერ მეტია. აღნიშნება მიომეტრიუმში და სისხლმილებში ინვაზიის მრავლობითი კერები. მიომეტრიუმში ინვაზიას აქვს დესტრუქციული ინფილტრაციის სახე. ამ სიმსივნეებში ასევე აღინიშნება ნეკროზები და ჭარბი მიტოზური აქტივობა. მიტოზების რაოდენობა $>10/10\text{HPF}$. დაბალი (low grade) ხარისხის ავთვისებიანობის მქონე უბნები ჰიპოცელულურია და აქვს ფიბრობლასტური და/ან მიქსოიდური შესახედაობა. ამ ზონებში მიტოზური აქტივობა არაა თვალშისაცემად გამოხატული (მიტოზების რაოდენობა $<5/10\text{HPF}$).

ყურადსადებია ის, რომ მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრულ სტრომულ სარკომაში ზემოთაღწერილ ე.წ. low და high grade უბნებს იმუნოჰისტოქიმიურადაც სხვადასხვა

პროფილი აქვთ. Low grade კომპონენტში ვლინდება ტიპური პოზიტიურობა CD10, ER, PR მარკერებზე და ფოკალური, მსუბუქი პოზიტიურობა Cyclin D1-ზე, CD117 კი ნეგატიურია. ამის საწინააღმდეგოდ, high grade უბნებში CD10, ER, PR ნეგატიურია, მაგრამ Cyclin D1 სიმსივნური უჯრედების დაახლოებით >70%-ში ავლენს მკვეთრ, დიფუზურ პოზიტიურობას; ასევე ფოკალურად პოზიტიურია CD117. ამ პათოლოგიის მქონე პაციენტებში, სწორედ high grade კომპონენტში ER და PR იმუნოპოზიტიურობის არარსებობა და შესაბამისად, ანტი-ესტროგენული თერაპიის არა-ეფექტურობა უდევს საფუძვლად ხშირ რეციდივებს.

მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომა იშვითადად ჰისტომორფოლოგიურად ემსგავსება ეპითელიოიდურ ლეიომიოსარკომას, თუმცა მათი დიფერენცირება შესაძლებელია იმუნიჰისტოქიმიურად - ლეიომიოსარკომა დიფუზურად პოზიტიურია მარკერებზე: desmin, caldesmon, ER, PR, მაგრამ ნეგატიურია Cyclin D1-ზე.

მაშინ, როცა მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრული სტრომული სარკომის მქონე პაციენტს აღენიშნება პერიტონეული გავრცელება, ხშირად ხდება საჭირო მისი დიფერენციაცია სხვა მეზენქიმური თითისტარაუჯრედული სიმსივნეებისაგან, პირველ რიგში კი გასტროინტესტინური სტრომული სიმსივნისაგან (GIST). ამ უკანასკნელში სახეზეა როგორც c-Kit (CD117), ისე DOG1 ექსპრესია, რაც არ ისახება ენდომეტრიუმის სტრომულ სარკომებში.

მეზენქიმური დედიფერენციაციის გარდა, ლიტერატურაში ასევე კარგადაა დოკუმენტირებული ის, რომ ენდომეტრიუმის სტრომული სარკომების სისქეში, დაახლოებით 40%-ში, შესაძლოა შევხვდეთ ენდომეტრიუმის ჯირკვლებს.

არადიფერენცირებული კარცინომისაგან დიფერენციაციის მიზნით საჭიროა იმუნოფენოტიპირება - მიუხედავად იმისა, რომ ამ ტიპის სიმსივნეებიც ხშირად Cyclin D1 პოზიტიურია, სიმსივნური უჯრედების დიფუზურად EMA და კერატინ-პოზიტიურობა ადასტურებს კარცინომის დიაგნოზს.

არადიფერენცირებული ენდომეტრული სარკომა (UUS) ასევე წარმოადგენს მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის სიმსივნეს აგრესიული ქცევით. ამ პათოლოგიის მქონე პაციენტები ძირითადად არიან პოსტ-მენოპაუზის ასაკის (საშუალოდ 60წლის) და სიმპტომები მოიცავს პათოლოგიურ სისხლდენას საშვილოსნოდან და/ან საშვილოსნოსგარე გავრცელების ან მეტასტაზირების შემთხვევაში მეორად სიმპტომებს. ჰისტომორფოლოგიურად მას აქვს ორი ქვე-ტიპი: უნიფორმული და პლეომორფული. უნიფორმული-UUS არამხოლოდ ჰისტოლოგიური, არამედ იმუნოფენოტიპური მახასიათებლები გადაფარავს მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრულ სარკომას. საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ ზოგიერთი არადიფერენცირებული ენდომეტრული სარკომა გენეტიკურადაც ავლენს მის მსგავს ტრანსლოკაციას - t (10;17). პლეომორფულ ვარიანტში ტიპურად გამოხატულია მკვეთრი ბირთვული პოლიმორფიზმი, ნეკროზი და მაღალი მიტოზურ ინდექსი; ამ ტიპის სიმსივნეებში აუცილებელია ასევე სახეზე იყოს გლუვკუნთოვანი ან ენდომეტრიუმის სტრომული დიფერენციაციის არარსებობა და

მიომეტრიუმში ე.წ. დესტრუქციული ინვაზია. აუცილებელია აღნიშნული დიაგნოზი დაისვას მასალის ფართოდ შესწავლის შემდეგ, რომ გამოირიცხოს გლუვკუნთოვანი ან განივზოლიანი კუნთოვანი დიფერენციაცია, შესაბამისად მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ლეიომიოსარკომა ან რაბდომიოსარკომა. ასევე მხედველობაში მისაღებია დიფერენციული დიაგნოსტიკა კარცინოსარკომის ან ადენოსარკომისაგან. პრაქტიკულად, აღწერილი პათოლოგია წარმოადგენს გამორიცხვის დიაგნოზს. იმუნოჰისტოქიმით არადიფერენცირებული ენდომეტრიული სარკომა დიფუზურად ავლენს CD10, p53 და Cyclin D1 პოზიტიურობას, მაგრამ ისინი თითქმის ყველა შემთხვევაში ნეგატიურია ER, PR მარკერებზე. CD10 მარკერის დიფუზური პოზიტიურობა ჰისტოლოგიურად მსგავს მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიულ სტრომულ სარკომას გამორიცხავს იმ შემთხვევებშიც კი, როცა CyclinD1 დიფუზურად პოზიტიურია, თუმცა არის თუ არა ეს სიმსივნე გენეტიკურად მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული სარკომის უშუალო ქვეტიპი, ჯერ კიდევ კვლევის საგანს წარმოადგენს. არ არსებობს ასევე მონაცემები იმის შესახებ, თუ რა პროგნოზული როლი გააჩნია CD10-ს ენდომეტრიული სტრომული სიმსივნეების ავთვისებიან პათოლოგიად პროგრესიის პროცესში [16].

p53 წარმოადგენს ცნობილ სიმსივნის სუპრესორ ცილას, რომლის მუტაცია აღინიშნება სოლიდური სიმსივნეების უმეტესობაში. p53 ხელს უშლის სიმსივნის განვითარებას მისი მრავალფეროვანი ფუნქციების გამო, კერძოდ როგორებიცაა პასუხი უჯრედის დამაზიანებელ ფაქტორებზე და აპოპტოზური პროგრამის ჩართვა. p53-ის მუტაციების შემთხვევაში, სიმსივნეებში აღინიშნება აპოპტოზისგან გასხლტომა და უკონტროლო პროლიფერაცია, რაც ხელს უწყობს ჭარბი რაოდენობით მუტაციების დაგროვებას. ლიტერატურაში მონაცემები p53-ის როლზე ენდომეტრიულ სტრომულ სიმსივნეებში საკმაოდ მწირია. აღწერილია დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული სტრომული სარკომის მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის სტრომულ სიმსივნედ პროგრესიის შემთხვევა, რომელშიც აღინიშნებოდა ჭარბი იმუნოჰისტოქიმიური პოზიტიურობა p53-ზე, რაც თავის მხრივ აღნიშნავს p53-ის მუტაციის არსებობას.

როგორც აღინიშნა, დაბალი ხარისხის ენდომეტრიული სტრომული სარკომების უმეტესობა აქესპრესირებს ესტროგენის და პროგესტერონის რეცეპტორებს (ER და PR), განსხვავებით მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული სტრომული სარკომებისა, სადაც მათი ექსპრესია დაკარგულია; ხაზგასასმელია ის, რომ დაბალი ხარისხის ენდომეტრიულ სტრომულ სარკომებში ესტროგენის და პროგესტერონის რეცეპტორების ექსპრესია ხასიათდება მაღალი სიმსივნისშიდა და სიმსივნეთაშორისი ჰეტეროგენულობით [6]. ამასთან ერთად, საინტერესოა, ენიჭება თუ არა რაიმე როლი ამ რეცეპტორების ექსპრესიას დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული სარკომების პროგრესიის პროცესში. დაუდგენელია, შესაძლებელია თუ არა ვივარაუდოთ, რომ ესტროგენის და პროგესტერონის რეცეპტორების ექსპრესიის შემცირება მიუთითებს დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული სტრომული სარკომის ავთვისებიან პათოლოგიად

პროგრესის მაღალ უნარზე. ეს საკითხი საჭიროებს დამატებით კვლევას ავთვისებიანობის სხვა მახასიათებლების შესწავლასთან ერთად.

ცნობილია, რომ დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის ენდომეტრიული სტრომული სარკომის პაციენტებში სიმსივნის ზრდის სტიმულაციას ახდენს სწორედ ესტროგენი და ამიტომაც არის ის აღწერილი ენდო- და ეგზოგენური ჰიპერესტოგენიზმის მქონე ქალებში. საინტერესოა ის ფაქტი, რომ *Reich*-მა ეს დაუკავშირა სიმსივნეში ფერმენტ არომატაზას ექსპრესიას, რომელიც ახდენს ესტროგენის ბიოსინთეზს კანში, კუნთებში, თირკმელზედა ჯირკვლის ქსოვილში და არომატაზა-პოზიტიურ სიმსივნურ უჯრედებში ოოფორექტომის შემდეგაც კი. სწორედ ამიტომ შეიძლება ეს იყოს სარკომის რეციდივის მიზეზიც [7].

მონაცემები ასევე მწირია სტრომულ სარკომებში ანდროგენის რეცეპტორების (AR) ექსპრესიის თავისებურებებზე და მათ პროგნოზულ როლზე. 2004 წელს *Moinfar*-მა კოლეგებთან ერთად შეისწავლა ენდომეტრიუმის 20 სტრომული სიმსივნე (3 სტრომული კვანძი, 14 დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის სტრომული სიმსივნე და 3 არადიფერენცირებული სტრომული სარკომა). აღმოჩნდა, რომ ის უპირატესად პოზიტიურია ენდომეტრიუმის სტრომულ კვანძებში (66.67%) და უფრო ნაკლებად (41%) სხვა ქვეტიპებში. 2017 წელს ანალოგიური ტენდენცია გამოვლინდა *Roy M. et al* კვლევაში - ანდროგენის რეცეპტორი პოზიტიური აღმოჩნდა დაბალი ხარისხის ავთვისებიანობის სტრომულ სარკომებში, განსხვავებით მაღალი ხარისხის ავთვისებიანობის სტრომული სიმსივნეებისაგან და რეციდიული და მეტასტაზირებული სტრომული სარკომებისაგან. როგორც ვიცით, ანტიანდროგენული მკურნალობა ცნობილ თერაპიულ სტრატეგიას წარმოადგენს მეტასტაზურ პროსტატის კარცინომებში და ძუძუს სამმაგად ნეგატიურ კიბოში. სადღეისოდ, ენდომეტრიულ სტრომულ სარკომებში ER, PR რეცეპტორების შესწავლასთან ერთად, საკითხი დგება AR-ის ექსპრესიის თავისებურებების კვლევაზეც, ვინაიდან ის შესაძლოა წარმოადგენდეს პოტენციურ თერაპიულ სამიზნეს.

სიმსივნურ უჯრედებში არსებული მოლეკულური ცვლილებების გარდა, ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარებასა და პროგრესიის პროცესში ასევე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სიმსივნის იმუნურ მიკროგარემოს, რომელიც ძირითადად წარმოადგენილია სხვადასხვა ტიპის ლიმფოციტებით და მაკროფაგებით. გამოვლენილია, რომ სიმსივნეებში ჰემატოქსილინის და ეოზინის ტექნოლოგიით გამოვლენილ სიმსივნის მაინფილტრირებელი ლიმფოციტების არსებობას გააჩნია დადებითი პროგნოზული ღირებულება, თუმცა რიგი კვლევებით ასევე ნაჩვენებია, რომ ჭარბი ლიმფოციტური ინფილტრაცია მეტად აღინიშნება მაღალი ავთვისებიანობის სიმსივნეებში. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ მხოლოდ ლიმფოციტების არსებობა არ წარმოადგენს საკმარისს სიმსივნის პროგრესიის შეჩერებისათვის. არსებობს ვარაუდი, რომ ლიმფოციტების ფუნქციური სტატუსი და არა მათი უბრალოდ არსებობა, განსაზღვრავს მათი სიმსივნისგან დაცვის უნარს. ლიმფოციტების ფუნქციური აქტიურობის შეფასებისათვის ხშირად გამოიყენება სხვადასხვა პროლიფერაციული მარკერი, როგორებიცაა Cyclin D1 და Ki67. ასევე ნაჩვენებია, რომ სიმსივნის პროგრესიაში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება მაკროფაგების

არსებობას. მაკროფაგებს ყოფენ ორ ძირითად ჯგუფად, როგორებიცაა სიმსივნის სუპრესორული M1 ტიპის მაკროფაგები, რომლებიც ხასიათდებიან CD68, CD80, CD86 იმუნოჰისტოქიმიური პოზიტიურობით და სიმსივნის მაპროვოცირებელი M2 ტიპის მაკროფაგები, რომლებიც ხასიათდებიან CD68, CD163 იმუნოჰისტოქიმიური პოზიტიურობით. ეს უკანასკნელნი მონაწილეობენ სიმსივნური უჯრედების წარმოშობაში, ინვაზიის, მეტასტაზირების, იმუნოსუპრესიის და ანგიოგენეზის პროცესებში. ერთ-ერთი კვლევით გამოვლინდა, რომ M2 მაკროფაგების მაღალი რაოდენობა აღნიშნება არადიფერენცირებულ ენდომეტრულ სტრომულ სარკომებში, თუმცა მათი არსებობა ენდომეტრულ სტრომულ კვანძში, დაბალი და მაღალი ხარისხის ენდომეტრულ სტრომულ სიმსივნეებში შესწავლილი არაა. სიმსივნის მიკროგარემოში ამ ტიპის მაკროფაგების არსებობა მნიშვნელოვანი ფაქტორია მაკროფაგებზე დამიზნებითი თერაპიის ეფექტურობის განსაზღვრისათვის. აღნიშნული მკურნალობა მიმართულია სიმსივნეში მაინფილტრირებელი უჯრედების მოზიდვის დათრგუნვის, მათი სიცოცხლისუნარიანობის შეზღუდვის, ანტი-სიმსივნურ M1 ფენოტიპზე გადართვის ან სიმსივნის მაპროვოცირებელი აქტივობის შემცირების მიზნით. პრე-კლინიკურ მოდელებში რამდენიმე კვლევამ აჩვენა, რომ მაკროფაგებზე დამიზნებითი თერაპია ეფექტურია როგორც მონოთერაპიის, ისე კომბინირებული თერაპიისას ანგიოგენეზის ინჰიბიტორებთან და იმუნოთერაპიულ საშუალებებთან ერთად. გამოვლინდა, რომ მაკროფაგების სტრომაში გამოლევა აუმჯობესებს ქიმიო- და სხივურ თერაპიაზე პასუხსაც.

ყოველივე ზემოთხსენებულის გარდა, განსაკუთრებით საინტერესოა, ენდომეტრიუმის სტრომული სიმსივნეების ინიციაციაში მეზენქიმური, ლოკალური ე.წ. რეზიდენტი ღეროვანი უჯრედების როლი, რომელიც ლიტერატურაში სრულად არაა შესწავლილი და ზოგადად, საკითხი ბუნდოვანია. არსებობს მხოლოდ ვარაუდები, რომ ისინი ჩართული არიან ენდომეტრიუმის პათოგენეზში, თუმცა რწმუნებითი ფაქტები ნაკლებადაა წარმოდგენილი. ცნობილია, რომ ენდომეტრიუმის მეზენქიმურ/სტრომულ ღეროვან უჯრედებს აქვთ მაღალი პროლიფერაციული აქტივობა და თვით-განახლების კარგი უნარი. ისინი ლოკალიზებულნი არიან ენდომეტრიუმის სისქეში პერივასკულურად და რაც მნიშვნელოვანია, ჩართულნი არიან მის რეგენერაციასა და განახლებაში ციკლურად, ყოველ თვე. რამდენიმე კვლევით გამოვლინდა, რომ მენსტრუაციისას ქსოვილის დაზიანების გამო, ციტოკინური (კერძოდ, IL-1 β) სასიგნალო გზების წყალობით, ხდება ძვლის ტვინის მეზენქიმური ღეროვანი უჯრედების მიგრაცია ენდომეტრიუმში და მათი დიფერენციაცია ენდომეტრიუმის მეზენქიმურ ღეროვან უჯრედად და ამ გზით, სარეზერვო ენდომეტრიუმის ღეროვან უჯრედებთან ერთად, ენდომეტრიუმის რეგენერაცია. მათი ტიპური ზედაპირული იმუნომარკერებია CD29, CD44, CD105, CD73 და CD90 და ასევე ხასიათდებიან CD45, CD34, CD31, CD14, CD79a, CD19, CD11b მარკერებზე ნეგატიურობით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Subbaraya, S., Murthy, S. S., & Devi G, S. (2020). Immunohistochemical and Molecular Characterization of endometrial stromal sarcomas. *Clinical Pathology*, 13
2. Hrzanjak A. JAZF1/SUZ12 gene fusion in endometrial stromal sarcomas. *Orphanet J Rare Dis.* 2016;11:15
3. Lan, C., Huang, X., Lin, S., Cai, M., Liu, J. Endometrial stromal sarcoma arising from endometriosis: a clinicopathological study and literature review. *Gynecol Obstet Invest.* 2012; 74(4): 288–297
4. Stemme S, Ghaderi M, Carlson JW. Diagnosis of endometrial stromal tumors. *Am J Clin Pathol.* 2013;141:133-139
5. Mbatani N, Olawaiye AB, Prat J. Uterine sarcomas. *Int J Gynecol Obs.* 2018;143:51-58
6. Stemme S, Ghaderi M, Carlson JW. Diagnosis of endometrial stromal tumors: a clinicopathologic study of 25 biopsy specimens with identification of problematic areas. *Am J Clin Pathol* 2014;141:133–139
7. Nucci MR. Practical issues related to uterine pathology: endometrial stromal tumors. *Mod Pathol.* 2016;29 Suppl 1:S92-S103
8. Albores-Saavedra J, Dorantes-Heredia R, Chable-Montero F et al. Endometrial stromal sarcomas: immunoprofile with emphasis on HMB45 reactivity. *Am J Clin Pathol* 2014;141:850–855
9. Sciallis AP, Bedroske PP, Schoolmeester JK et al. Highgrade endometrial stromal sarcomas: a clinicopathologic study of a group of tumors with heterogenous morphologic and genetic features. *Am J Surg Pathol* 2014;38:1161–1172
10. Lee CH, Hoang LN, Yip S et al. Frequent expression of KIT in endometrial stromal sarcoma with YWHAE genetic rearrangement. *Mod Pathol* 2014;27:751–757
11. Shah VI, McCluggage WG. Cyclin D1 does not distinguish YWHAE-NUTM2 high-grade endometrial stromal sarcoma from undifferentiated endometrial carcinoma. *Am J Surg Pathol* 2015;39:722–724
12. Gremel G, Liew M, Hamzei F et al. A prognosis based classification of undifferentiated uterine sarcomas: identification of mitotic index, hormone receptors and YWHAE-FAM22 translocation status as predictors of survival. *Int J Cancer* 2015;136:1608–1618
13. Perri F, Pisconti S, Della Vittoria Scarpati G. P53 mutations and cancer: a tight linkage. *Ann Transl Med.* 2016;4(24):522. doi:10.21037/atm.2016.12.40
14. Roy M, Kumar S, Bhatla N, et al. Androgen Receptor Expression in Endometrial Stromal Sarcoma: Correlation with Clinicopathologic Features. *Int. J Gynecol Pathol.* 2017;36(5):420-427
15. Przybyl J, Kowalewska M, Quattrone A, et al. Macrophage infiltration and genetic landscape of undifferentiated uterine sarcomas. *JCI Insight.* 2017;2(11):e94033

16. Yoon JY, de Kock L, Stewart CJR, et al. Endometrial Stem/Progenitor cell (ES/PC) Marker Expression Profile in Adenosarcoma and Endometrial Stromal Sarcoma. *Cancer Treat Res Commun.* 2021;27:100363

The phenotypical features and risk factors for progression of endometrial stromal tumors

L. Barbakadze¹, N.Kintraia², M.Jikurashvili³, G.Burkadze⁴

¹Tbilisi State Medical University Phd Student;

²Tbilisi State Medical University Proffesor, Head of the Obstetrics and Gynecology Department;

³Pathologist; Employee of the Pathology department at Tbilisi State Medical University

⁴Professor at Tbilisi State Medical University, Head of the Department of Molecular pathology

Abstract

Endometrial stromal sarcomas are mesenchymal tumors and constitute 0,2-1% of all the malignant uterine pathologies and 6-20% of uterine sarcomas. Commonly they arise in 42-53 year old women. Unlike epithelial tumors, that are having better prognosis, uterine sarcomas are known to have bad prognosis. The recurrence rate and the risk of distant metastasis is high. Local recurrence can be even seen 20-30 years after primary diagnosis and therapy. Radical surgery stands as the primary therapeutic method, often with adjuvant radio- and chemotherapy. Due to the low incidence of endometrial stromal sarcomas, only few things are known about the risk factors of bad outcome and its optimal management.

Keywords: *Endometial stromal Sarcoma; Fenotypic features; Stromal Endometriosis;*

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ, АКТИВАЦИИ И СПОСОБА ПРИМЕНЕНИЯ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМАТОВ ТОРФА

Долидзе Владимир Карлович¹, Мачавариани Натела Зурабовна², Сухишвили Натиа Зурабова³,
Какабадзе Нато Веняевна⁴

¹Ассоциированный профессор, Грузинский технического университет

²Ассоциированный профессор, Грузинский технического университет

³Докторант, Грузинский технический университет

⁴Ассоциированный профессор, Грузинский технического университет

АННОТАЦИЯ

Изучена физиологическая активность гуматов, выделенных из торфа Дманиского (Грузия) месторождения. В исследованиях использовали два метода выделения гуматов: ультразвуковой и Кононовой-Бельчиковой. Опыты проводили на водных культурах фасоли. С целью повышения активности гуматов их обрабатывали слабым раствором уксусной кислоты.

Установлено, что физиологическая активность обработанных уксусной кислотой препаратов выше. Так же установлено, что способ внесения препаратов влияет на характер физиологического воздействия препарата на растения: при корневом внесении – процентное соотношение корневой массы к массе целого растения уменьшается с 12% (контрольный вариант) до 8-9%, а при листовом внесении соответственно увеличился до 22-24%.

Ключевые слова: *методы выделения гуматов, физиологическая активность гуматов, водные культуры, активация гуматов*

В настоящее время на основе гумусовых кислот изготавливаются различные удобрения и препараты. Существуют многочисленные методы как выделения, так и активации данных удобрений. В основном это связано с получением гуматов калия, аммония или натрия. Несмотря на большие масштабы производства, механизм их действия до конца не исследован. Многочисленные

литературные данные указывают на функциональные группы, входящие в состав гуминовых кислот, благодаря которым проявляются их физиологические свойства [1, 2].

Нашей задачей было выработка метода активации выделенных различными методами из торфа препаратов гуминовых кислот. Мы предполагали, что выделенные гуминовые кислоты содержат гуматы различных металлов (Fe, Mn, Cu, Zn и др.), которые снижают их мобильность и блокируют физиологическую активность.

С целью активации гуминовых кислот нами применялись мягкие методы удаления металлов из состава гуматов с помощью слабого раствора уксусной кислоты.

Препараты гуминовых кислот выделяли из торфа по методу Кононовой- Бельчиковой [3] и ультразвуковым методом [4].

Некоторые исследователи отмечали влияние методов выделения гуматов на их физико-химические свойства [5], поэтому мы предполагали, что выделенные из торфа исследуемого месторождения различными методами гуматы могли иметь, как различный химический состав, так и различную физиологическую активность.

Для исследований использовали образцы торфа с месторождения у г. Дманиси (Грузия). Выделенные препараты гуматов, осаждали в 0,1n уксусной кислоте и после осаждения отфильтровывали. Полученный осадок растворяли в 0,1n растворе аммиака. Процедуру повторяли три раза. содержание Fe, Cu, Mn, Zn в препаратах определяли на Agilent 7500 ИСП-МС, как до, так и после обработки уксусной кислотой, полученные данные приведены в таблице №1.

Содержание металлов в гуминовых препаратах

Таблица № 1

#	Описание препарата	Общее содержание микроэлементов (мг/кг)			
		Mn	Fe	Cu	Zn
1	До обработки уксусной кислотой (метод выделения ультразвуковой)	29,49	3,45	1,84	3,83
2	До обработки уксусной кислотой (метод выделения Кононовой-Бельчиковой)	27,34	2,97	1,11	2,94
3	После обработки уксусной кислотой (метод выделения ультразвуковой)	19,76	2,38	1,10	2,75
4	После обработки уксусной кислотой (метод выделения Кононовой-Бельчиковой)	17,23	2,03	0,94	2,05

Как видно из таблицы № 1, после обработки содержание металлов в препаратах снизилось на 25-35%. Нужно также отметить, что в препаратах, выделенных ультразвуковым методом содержание металлов выше. Исследование физиологической активности гуматов аммония проводили с использованием метода водных культур. С этой целью проросшие семена фасоли высаживали в литровые сосуды с водопроводной водой. После появления у всходов первых двух настоящих листьев в половину имеющихся сосудов препараты гуматов вносили непосредственно в воду, а во вторую часть сосудов с растениями препараты вносили с помощью листовой подкормки. Количество и сроки внесения препаратов приведены в таблице №2.

Количество вносимого препарата и сроки внесения

Таблица №2

Сроки внесения препарата	Количество внесенного препарата	
	Корневое питание (мг /1000 мл)	Листовое питание (мг/10 мл)
1 день после появления настоящих листьев	0,1	0,1
3 день после появления настоящих листьев	0,2	0,2
5 день после появления настоящих листьев	0,2	0,2

Опыты проводили с трехкратной повторностью. Физиологическую активность препаратов оценивали по приросту биомассы растений.

Полученные результаты приведены в таблицах № 3 и 4.

#	Вариант опыта	Метод выделения гуматов	Вес всего растения гр	Вес корней гр	% содерж. корней по отношению ко всему растению	% прироста всей массы по отношению к контрольному варианту
1	Контрольный вариант	-	1,2581	0,1522	12,1	0
2	До обработки уксусной кислотой	Ультразвуковой	1,8430	0,1702	9,2	46,5
3	До обработки уксусной кислотой	Кононовой-Бельчиковой	1,4727	0,1222	8,3	17,1
4	После обработки уксусной кислотой	Ультразвуковой	1,9802	0,1604	8,1	57,4
5	После обработки уксусной кислотой	Кононовой-Бельчиковой	1,6670	0,1450	8,7	32,5

#	Вариант опыта	Метод выделения гуматов	Вес всего растения гр	Вес корней гр	% содерж. корней по отношению ко всему растению	% прироста всей массы по отношению к контрольному варианту
1	Контрольный вариант	-	1,2581	0,1522	12,1	0
2	До обработки уксусной кислотой	Ультразвуковой	1,9903	0,4418	22,2	58,2
3	До обработки уксусной кислотой	Кононовой-Бельчиковой	1,7035	0,3057	24,3	35,4
4	После обработки уксусной кислотой	Ультразвуковой	2,2948	0,5347	23,3	82,4
5	После обработки уксусной кислотой	Кононовой-Бельчиковой	1,7225	0,3979	23,1	36,9

Как видно из полученных данных все препараты гуматов, как активированные, так и не активированные, стимулируют прирост биомассы. Причем нужно отметить, что препараты выделенные ультразвуковым методом, во всех вариантах, имели более высокую физиологическую активность. Данный факт можно объяснить более мягкими условиями выделения гуматов при ультразвуковом методе и более малыми сроками контакта экстрагирующего раствора с торфом. В таких условиях окислительные процессы меньше затрагивают структуру гуматов, функциональные группы меньше подвергаются блокированию, что в конечном счете способствует сохранению природной активности препаратов. При использовании метода выделения по Кононовой-Бельчиковой, наблюдается иная картина: время экстракции составляет минимум сутки, в течении

которых щелочной раствор контактирует с гуматами. Можно с уверенностью сказать, что в таких условиях, окислительные процессы гуматов протекают значительно глубже и приводит к блокировке функциональных групп, что в конечном счете снижает их физиологическую активность.

Как было сказано выше, мы предполагаем, что ионы металлов снижает подвижность гуматов аммония и в конечном счете они в меньшей степени усваиваются растениями, что приводит к снижению их физиологической активности. С этой целью препараты гуматов подвергались обработке слабым раствором уксусной кислоты. После обработки уксусной кислотой, взвесь содержащая гуматы и ацетаты отфильтровывали и вместе с фильтратом происходило удаление металлов. Содержание металлов в гуматах до и после активации приведены в таблице № 1. Как видно из таблицы содержание металлов после обработки снижено, а их физиологическая активность увеличена (таблицы № 3 и 4). Можно однозначно сказать, что обработка гуматов слабым раствором уксусной кислотой повышает их мобильность, что в свою очередь способствует росту физиологической активности.

Мы наблюдали интересную закономерность при использовании различных способов внесения гуматов. При сравнении двух способов внесения препаратов: корневой подпитки и листовой было установлено, что в первом случае биомасса всего растения возрастала, но соотношение корней к надпочвенной части растения уменьшалась с 12% до 8-9%. К сожалению, мы не смогли объяснить причину данного явления. В вариантах опытов с листовой подкормкой был отмечен более высокой прирост биомассы, чем при корневой подкормке, а также % корневой массы по сравнению с контрольным вариантом был выше (22- 24%).

Данная работа дает возможность сделать следующие выводы:

1. Препараты гуматов, выделенные из торфа Дманиского (Грузия) месторождения обладают физиологической активностью.
2. Физиологическая активность гуматов, полученных ультразвуковым методом выше, чем активность препаратов, полученных по методу Кононовой-Бельчиковой.
3. Препараты, активированные уксусной кислотой, имеют более высокую физиологическую активность.
4. Способы внесения препаратов влияют на соотношение корневой и надпочвенной массы растения: при корневом внесении препаратов соотношение корневой массы ко всему растению снижается, а при листовом внесении-повышается по сравнению с контрольными вариантами.

Использованная литература:

1. С.С. Драгунов, Н.Г. Каблова, А.П. Буканова. Химическая характеристика фракции торфяных гуминовых кислот и обоснование специфического значения гуминовых удобрений Труды Днепропетровского сельскохозяйственного
2. Л.А. Христева. Стимулирующее влияние гуминовой кислоты на рост высших растений и природа этого явления труды Херсонского Сельскохозяйственного института 1955г. с.с. 75-92
3. Д.С. Орлов, Л. А. Гришина. Практикум по химии гумуса Изд. Московского университета. 273 стр. 1981 г.
4. А. П. Гришин, .В. Ю. Зорин. Ультразвуковой способ выделения гуминовых веществ, Труды Грозненского нефтяного института, Сб. 25, № 3, 59-62. 1961
5. Е.Г. Кравченко, А.Г. Заварзина. Влияние условий выделения на физико-химические свойства препаратов гуминовых кислот почв. МГУ, Факультет почвоведения, 119991, Москва. Материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Д. С. Орлова и III Международной научной школы «Методы оценки биологической активности гуминовых продуктов» Москва, 4–8 декабря 2018 года с.с. 24-28.

INFLUENCE OF THE METHOD OF ALLOCATION, APPLICATION AND ACTIVATION ON THE PHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF PEAT HUMATES

Vladimer Dolidze¹, Natela Matchavariani², Natia Sukhishvili³, Nato Kakabadze⁴

¹Associate Professor, Georgian Technical University

²Associate Professor, Georgian Technical University

³Doctoral Student, Georgian Technical University

⁴Associate Professor, Georgian Technical University

ABSTRACT

The physiological activity of humates allocated from peat of the Dmanisi (Georgia) deposit has been studied. Two methods of humate isolation were used in the studies: ultrasonic and Kononova-Belchikova. Experiments were carried out on water cultures of beans. In order to increase the activity of humates, they were treated with a dilute solution of acetic acid.

It has been established that the physiological activity of preparations treated with acetic acid is higher. It was also found that the method of applying drugs affects the nature of the physiological effect of the

drug on plants: with root application, the percentage ratio of the root mass to the mass of the whole plant decreases from 12% (control variant) to 8-9%, and with leaf application, it accordingly increased to 22-24%.

Keywords: *ways to isolate humates; physiological activity of humates; aquatic cultures; humate activation.*

გამოყოფის მეთოდის, აქტივაციის და გამოყენების ხერხის გავლენა ტორფის ჰუმატების ფიზიოლოგიურ თვისებებზე

ვლადიმერ დოლიძე¹, ნათელა მაჭავარიანი², ნათია სუხიშვილი³, ნატო კაკაბაძე⁴

¹ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

²ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

³დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

⁴ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია

შესწავლილია ტორფიდან გამოყოფილი (დმანისის ტორფის საბადო) ჰუმატების ფიზიოლოგიური აქტივობა. კვლევებში იყენებდნენ გამოყოფის ორ მეთოდს: ულტრაბგერის და კონონოვა-ბელჩიკოვას. ცდებს ატარებდნენ ლობიოს წყლის კულტურებზე. ჰუმატების აქტივობის მოსამატებლად მათ ამუშავებდნენ ძმარმჟავის სუსტი ხსნარით.

დადგენილია, რომ ძმარმჟავით დამუშავებული პრეპარატების აქტივობა უფრო მაღალია. აგრეთვე დადგენილია, რომ პრეპარატების შეტანის მეთოდი გავლენას ახდენს პრეპარატის ფიზიოლოგიური აქტივობის ხასიათზე: ფესვებიდან შეტანის შემთხვევაში - ფესვების წონის პროცენტული შეფარდება მთლიანი მცენარის ბიომასასთან კლებულობს 12% _დან (საკონტროლო ვარიანტი) 8-9%, ფოთლოვანი გამოკვებისას კი იზრდება 22-24%.

საკვანძო სიტყვები: *ჰუმატების გამოყოფის მეთოდები, ჰუმატების ფიზიოლოგიური აქტივობა, წყლის კულტურები, ჰუმატების აქტივაცია.*

კლიმატი და ადამიანი: კლიმატის ფილოსოფიური ანალიზი

ვარდო ბერიძე

ფილოსოფიის დოქტორი, ფილოსოფიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი

რომის კლუბის წევრის, ცნობილი საზოგადო მოღვაწის აურელიო პეჩეს მიხედვით, პრობლემის არსი, რომელმაც თავი იჩინა ადამიანის ევოლუციის თანამედროვე ეტაპზე მდგომარეობს იმაში, რომ ადამიანები ვერ ასწრებენ კულტურის ადაპტირებას იმ ცვლილების შესაბამისად, რომელიც მათ მიერვე არის ინიცირებული. იგი ამ კრიზისის მიზეზად ადამიანის შინაგან ბუნებას მიიჩნევს და პრობლემის გადაჭრის შესაძლებლობასაც მხოლოდ ადამიანის შინაგანი მრწამსის ცვლილებასა და საზოგადოების შეგნებაში ხედავს. ამასთან, თვლის, რომ საზოგადოებამ უნდა შეიგნოს თანამედროვე ეკოლოგიური კრიზისის საშიშროება და ძირეულად შეცვალოს ბუნებისადმი მგლური დამოკიდებულება.

საზოგადოებრივი შეგნების ფორმაა ეკოლოგიური ეთიკა, რომელიც ეფუძნება ეკოლოგიისა და კლასიკური ეთიკის ძირითად პრინციპებს, ადამიანისა და ბუნების მორალურ ურთიერთობებს, ზნეობრივ ნორმებს და ქმედებებს. ეკოეთიკის სფეროებს შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ეთიკური პრობლემები. ადამიანისა და ბუნების ურთიერთობის ეს კავშირი კარგადაა ასახული ფილოსოფიური აზროვნების ისტორიაში. ჯერ კიდევ ძველი ბერძენი ფილოსოფოსები პლატონი და არისტოტელე განსაკუთრებულ ყურადღებას ამახვილებდნენ კლიმატის როლზე, როგორც ადამიანის ხასიათისა და ორგანიზმის ბიოლოგიური განვითარების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორზე. ამ მხრივ, კიდევ უფრო ბევრად საინტერესოა შემდგომი პერიოდის ფილოსოფოსთა შეხედულებები, კვლევები და დასკვნები ეკოეთიკური და ფილოსოფიური გეოგრაფიის, პოლიტიკური გეოგრაფიის მიმართულებით. წარმოდგენილი ნაშრომი სწორედ ამ უკანასკნელს ემსახურება. მისი მიზანია ფილოსოფოსთა შრომებზე დაყრდნობით ნათლად წარმოაჩინოს თანამედროვე დროის გლობალური ეკოლოგიური პრობლემები - ადამიანისა და კლიმატის მიმართების ჭრილში.

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგია, ეთიკა, ეკოეთიკა, ფილოსოფიური გეოგრაფია, კლიმატი და ადამიანი, ადამიანი და ბუნება.

ჰუმანიტარული და საზოგადოებრივი მეცნიერებების ჩარჩობიდან გასვლა და აზრთა მიმოქცევაში ბუნების მეცნიერების ჩართვა დასავლური აზროვნების არსებითი მახასიათებელია. ამ მხრივ ჩვენთვის ქართველი მკითხველისთვის მნიშვნელოვანი შენამენია, როგორც ქართულ ენაზე თარგმნილი დასავლელი მოაზროვნეების, ისე დასავლური ტიპის აზროვნების ქართველ მეცნიერთა (პოეტთა, ისტორიკოსთა, ბუნებისმეტყველთა, ფილოსოფოსთა) შრომები. ადამიანი დროსა და სივრცეში მცხოვრები არსება ინტერდისციპლინური, მულტიკულტურული მეცნიერებების შესწავლისა და კვლევის პრეროგატივას წარმოადგენს (ბიოლოგია, ფილოსოფია, ფილოსოფიური გეოგრაფია, ეკოეთიკა, ბიოეთიკა და სხვ), რომლებიც თანაბრად სარგებლობენ ჰუმანიტარული და სოციალური მეცნიერებების მეთოდოლოგიებით.

ჩვენ არ ვისაუბრებთ საკითხის ისტორიულობაზე, ევოლუციის და კოგნიტური რევოლუციის იმ გზებზე, რომელიც ბიოლოგიურად ადამიანმა გაიარა და რა იყო ამ გზაზე საპიენსების წარმატების საიდუმლო. ფაქტია, რომ ჰომო-საპიენსმა მოახერხა ვრცელ და ეკოლოგიურად განსხვავებულ გარემოში თავის დამკვიდრება. ადამიანი და გარემო იქცა ერთ სისტემად. არსებობისათვის ბრძოლაში ადამიანის როგორც ჯიშის გადარჩენას, მე-20 საუკუნის ქართველი ფილოსოფოსი, ორგანოტროპიზმის ფუძემდებელი, ბიოლოგიური მიმართულების ფილოსოფოსი კონსტანტინე კაპანელი ხსნის იმით, რომ ადამიანი თავისი ორგანული და ნერვულ-უჯრედული წყობით იყო სხვა ცხოველებზე უფრო ამტანი გაჭირვებისა. „ვინ იცის, რამდენი ჯიშის ცხოველისა გადაშენდა, რადგან ვერ აიტანა არსებობის პირობები. ვინ იტყვის, რამდენი სხვადასხვა ფორმა ორგანული ცხოვრებისა დაიღუპა არსებობისათვის ბრძოლაში მანამდე, სანამ, ასე თუ ისე, ჩამოყალიბდებოდა ბუნება იმ ფერებით და სახეებით, რომელთაც დღეს ჩვენ ვხედავთ“ [კაპანელი, 1989:347]. კაპანელის შენიშვნით, ადამიანი, რაც უფრო იბრძოდა არსებობისთვის, მით უფრო ეცნობოდა ბუნებას, იმ ძალებს და მოვლენებს, რომელთაც ყოველდღიურად ხედავდა.

ბუნების მოვლენებზე დაკვირვება მეცნიერებათა მთელმა კომპლექსმა გაიხადა დასაკვირვებელ ობიექტად, განსაკუთრებით კი ადამიანისა და საზოგადოების შემსწავლელმა მეცნიერებებმა. ასეთია მაგალითად, გეოგრაფიული მიმართულება ფილოსოფიაში, რომელიც ცნობილია გეოგრაფიული დეტერმინიზმისა და ნატურალიზმის სახელწოდებით, სხვაგვარად თუ ვიტყვით, ფილოსოფოსები, რომელთა დაკვირვების ობიექტი იყო ბუნება, ბუნებრივი - გეოგრაფიული და ეკოლოგიური გარემო; გეოგრაფიული მიმართულების წარმომადგენლები სოციოლოგიაში, ფილოსოფიური მიმართულების წარმომადგენლები ბიოლოგიაში და ა. შ. მთავარია, რომ ყველა მათგანისთვის საერთოა გარემოს, ბუნების მოვლენების როლის გაცნობიერება ადამიანისა და საზოგადოების განვითარებისა და არსებობისთვის.

ადამიანი და გარემო - საკითხი თავისი მასშტაბით გლობალურია. ამ საკითხთან ნაშრომში ნაცადია გარემოს, კერძოდ, კლიმატის როლის გავლენის ასპექტები ადამიანისა და ქალაქ-სახელმწიფოს მოწყობის, ჩამოყალიბებისა და განვითარების საქმეში.

ფაქტია, რომ ბუნება იყო, არის და სამომავლოდაც იქნება ადამიანის სიცოცხლისუნარიანობის, მათი სულიერი და ფიზიკური ძალების სიჯანსაღის და ჰარმონიულობის მუდმივი წყარო. ისტორიულადაც და ამჟამადაც ბუნებრივი პირობები - მკაცრი, ზომიერი და ცხელი ჰავა, სინესტე, ატმოსფერული წნევა, წყალდიდობები, მიწისძვრები, ქარები და ა. შ. უშუალო გავლენას ახდენდნენ და ახდენენ ადამიანთა ჯანმრთელობაზე, მათს ფსიქიკაზე. ამის გამო სხვადასხვაგვარია ადამიანთა შრომითი საქმიანობის დონეც. ჯანმრთელობისათვის სასარგებლო ან საზიანო ბუნებრივი პირობები ამდღებენ ან აქვეითებენ ადამიანთა შრომის ენერჯიას, ამსუბუქებენ ან აძნელებენ სამეურნეო საქმიანობას. საბოლოოდ, ყოველივე ამას, თავისი წვლილი შეაქვს ქვეყნის მატერიალურ და სულიერ, საერთო-საზოგადოებრივი და სახელმწიფოს განვითარების დონის განსაზღვრაში.

ის შეხედულება, რომ ბუნებრივი გარემო განმსაზღვრელ როლს ასრულებს ადამიანის და ზოგადად, საზოგადოების ცხოვრებაში, ძველი დროიდან მომდინარეობს. ანტიკურ ეპოქაში მას პლატონი, არისტოტელე, სტრაბონი, ჰეროდოტე, ჰიპოკრატე, პოლიბიოსი და სხვა მოაზროვნეები გამოთქვამდნენ. მათი თვალსაზრისით, ბუნებრივ-გეოგრაფიული პირობები, უწინარეს ყოვლისა, კლიმატის თავისებურებანი, გადამწყვეტ გავლენას ახდენენ ხალხთა ცხოვრებაზე, ადამიანთა შრომით საქმიანობაზე, ხასიათზე, ზნე-ჩვეულებებზე, თვისებებზე. გარემოს როლის გაცნობიერება პლატონთან მრავალსახოვანია. იგი გეოგრაფიულ გარემოს იმდენად დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა, რომ ფიქრობდა, როგორც საზოგადოების განვითარება, ისე მთლიანად ქალაქ-სახელმწიფოს მოწყობაც კი მისითაა განპირობებული. პლატონი დიალოგ „კანონების“ მეხუთე წიგნში საუბრობს ქალაქ-სახელმწიფოს მდებარეობაზე. აღნიშნავს, რომ სახელმწიფოები გეოგრაფიული გარემოს მიხედვით სამი ტიპისაა: მთის, ბარის და ზეგანის. თითოეული მათგანი განსხვავებულ წესს ავლენს, რადგან რელიეფის თუ კლიმატის გამო განსხვავებულ საქმიანობას უწყობს ხელს. „ბარის მიწები ნაყოფიერია და მიწათმოქმედებისთვისაა ხელსაყრელი, მთის მიწები მწირია და მხოლოდ მეცხოველეობის განვითარებისთვისაა ხელსაყრელი, ზეგანზე, ანუ ზომიერ სარტყელში ყველაზე ხელსაყრელი პირობებია ყველა სახის მოღვაწეობისთვის“ [პლატონი]. დიალოგ „კანონების“ მეოთხე წიგნში პლატონი სვამს კითხვას სახელმწიფოს მოწყობის თაობაზე. მისი აზრით, მომავლის სახელმწიფოს არსებობისთვის არ არის აუცილებელი სახელმწიფო იყოს საზღვაო, მართალია მომავლის სახელმწიფოს ბევრი რამ სჭირდება, მათი წარმოება დამოკიდებულია გარემოზე, მაგრამ შეიძლება შემოტანაც და გატანაც. მთავარია სახელმწიფოს ჰქონდეს ნოყიერი ნიადაგი, მდიდარი იყოს წიაღისეულით და ყოველივე იმით, რაც აუცილებელია ნორმალური არსებობისთვის. პლატონი ზღვას ცუდი ზრახვების წყაროდ მიიჩნევს. „ზღვის სიახლოვე ყოველდღიურ სიამოვნებას ანიჭებს, ზღვა ადავსებს ქვეყანას გამდიდრების სურვილით, რაც ხდება მსხვილი და წვრილი ვაჭრობის ხარჯზე. ზღვა სულში ასახლებს პირფერულ და ყალბ ჩვევებს, მოქალაქენი უნდობი და მტრული ხდებიან, როგორც ერთმანეთის, ისე სხვების მიმართ“ [პლატონი]. ამრიგად, პლატონის აზრით, რელიეფი არა მხოლოდ განსხვავებული ტიპის სახელმწიფოს წარმოშობს, არამედ იგი განსაზღვრავს ცხოვრების ისეთ კომპონენტს, როგორცაა ზნეობა.

პლატონის მსგავსად, გეოგრაფიული ფაქტორის როლის შეფასებას ახდენს არისტოტელეც. არისტოტელეს აზრით, გარემო პირობები განსაზღვრავს მოსახლეობის თვისებებს. იგი ერთმანეთისაგან განასხვავებს სამი სახის კლიმატს: ცივს, ცხელსა და ზომიერს და თითოეულში მცხოვრები ადამიანები გარკვეული თავისებურებებით ხასიათდებიან. კერძოდ, ევროპის ცივ კლიმატში მცხოვრები ტომები გამოირჩევიან სიმამაცით, მაგრამ აკლიათ ჭკუა და ხელოსნობის უნარი, მათ არ შეუძლიათ სხვა ხალხებზე ბატონობა, თუმცა მზად არიან სახელმწიფო ცხოვრებისთვის. აზიის მცხოვრებნი კი პირიქით, გამოირჩევიან ჭკუით და ხელოსნობით, მაგრამ აკლიათ სიმამაცე, ამიტომ ისინი უფრო დაქვემდებარებულ და მონურ მდგომარეობაში ცხოვრობენ. არისტოტელე თვლის, ისეთი კლიმატია კარგი, რომელიც ორ უკიდურესობას შორის არსებულ კლიმატს ანეიტრალებს და ბერძენი ხალხის (კერძოდ, ელინების) სიჭკვიანესა და გონივრულობას ასეთ ნეიტრალური კლიმატის არსებობას მიაწერდა. „მასში თავსდება როგორც სიმამაცე, ჭკუა და თავისუფლება, ისე სხვაზე ბატონობის, სათნობისა და სიმამაცის აღქმის უნარი. ამიტომ ისინი იმსახურებენ საუკეთესო სახელმწიფოს“ - წერს არისტოტელე [არისტოტელე, 1995:272-285].

არისტოტელე ასევე განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ანიჭებდა ქალაქ მშენებლობას, მოსახლეობის განაწილებას და მათი საცხოვრებლების დაგეგმარებას. ყველაზე მნიშვნელოვანია არისტოტელეს მიერ ქალაქ მშენებლობისადმი წაყენებული ოთხი პირობა. პირველი პირობის მიხედვით უპირატესობას ანიჭებს ჯანმრთელობას და აღნიშნავს, რომ ყველაზე ჯანმრთელია აღმოსავლეთისკენ მიმართული ქალაქები, რადგან ქარიც იქედან ქრის. მეორეა ქალაქები, რომლებშიც ჩრდილოეთიდან ქრის ქარი, მათში ზამთარი რბილია. მეორე, გათვალისწინებული უნდა იქნეს პოლიტიკური და სამხედრო საქმის ხელშემწყობი პირობები. მესამე, პროდუქტისა და წყლის მომარაგების ხელშემწყობი პირობები და მეოთხე, ქალაქში უნდა იყოს გამაგრებული ადგილები.

ანტიკური ეპოქის სხვა მოაზროვნეებთანაც ვხვდებით იმის ცდებს, რომ ბუნებრივი პირობებით ახსნილიყო ამა თუ იმ ხალხის ეროვნული და პოლიტიკური ცხოვრების მდგომარეობა და თავისებურებანი, ჩვევები და ხასიათი, ქვეყნის მართვის წესების, საკუთრივ ისტორიული პროცესების მსვლელობაც კი. ბუნებრივი ფაქტორების როლის მსგავსმა გაგებამ თავი იჩინა მომდევნო ეპოქებშიც. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ბუნებრივი ფაქტორების მნიშვნელობა ხალხთა ცხოვრებაში განსაკუთრებით გაიზარდა კაპიტალისტური წყობის ჩასახვისა და დამკვიდრების, ტექნიკის სწრაფი განვითარების, დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენებისა და მეცნიერული ცოდნის დაგროვების შედეგად. ამ უკანაკნელმა ხელი შეუწყო ადრინდელი ნატურალისტური კონცეფციების აღორძინებას. ჩამოყალიბდა გეოგრაფიული მიმართულების მსოფლმხედველობები მეცნიერების სხვადასხვა დარგებში.

ახალ დროში ფილოსოფიური გეოგრაფიის სათავეებთან ფრანგი ფილოსოფოსი, განმანათლებელი შარლ ლუი მონტესკიე (1689-1755) დგას. თავის წიგნში „კანონთა გონი“ მონტესკიე ადამიანთა სულიერი, ფსიქიკური და მატერიალური ცხოვრების გასაგებად

გეოგრაფიულ გარემო პირობებს, განსაკუთრებით კი ქვეყნის კლიმატურ თავისებურებებს მიმართავდა. ადამიანებზე კლიმატის (კლიმატის ცნება) ზემოქმედების შესახებ შეხედულებები მონტესკიეს განხილული და გაანალიზებული აქვს XIV-XVII წიგნებში. XIV წიგნში ხაზს უსვამს ცივი და ცხელი კლიმატის ზემოქმედებას და აღნიშნავს, რომ „ცივი ჰაერი ავიწროებს ჩვენი სხეულის კიდურების გარეგან ბოჭკოებს. ეს ზრდის მათ ენერგიას და ხელს უწყობს სისხლის მოძრაობას კიდურებიდან გულისაკენ. ცხელი ჰაერი კი, პირიქით, ადუნებს ბოჭკოთა დაბოლოებებს, აფართოებს მათ და, მაშასადამე, ამცირებს მათ ძალასა და ენერგიას“ [მონტესკიე, 1994: 253]. ამრიგად, მონტესკიეს შეხედულებიდან გამომდინარეობს, რომ ცივ კლიმატში მცხოვრებ ადამიანებს მეტი ძალა აქვთ, ცხელი კლიმატის მაცხოვრებლებს კი - ნაკლები. სწორედ ამას უკავშირებს მონტესკიე, როცა აღნიშნავს, რომ ცივი კლიმატის მაცხოვრებლები ცხელი კლიმატის მაცხოვრებლებთან შედარებით უფრო მეტი ვაჟკაცობითა და საკუთარი უპირატესობის მეტი შეგნებით, თავდაჯერებულობით გამოირჩევა. მონტესკიეს აზრით, ხასიათის ეს თვისება ადამიანთა მორალზე ახდენს გავლენას: „ჩრდილოეთის კლიმატში თქვენ ნახავთ ადამიანებს, რომელთაც ცოტა ცოდვები, საკმაო ქველობა, დიდი სიწრფელე და გულახდილობა აქვთ. რაც უფრო უახლოვდებით სამხრეთს, მით უფრო დაშორდებით მორალს, უფრო ცხოველი ვნებები დანაშაულთა სიმრავლეს იწვევენ“ [მონტესკიე, 1994: 255]. ზომიერ სარტყელში მცხოვრებ ადამიანებს მონტესკიე მიაწერდა ცვალებად ხასიათს. მისი აზრით, კლიმატის მერყეობა აისახება ადამიანის ხასიათზეც. მონტესკიეს თხზულების ანალიზის საფუძველზე უნდა ითქვას, რომ მონტესკიე აღიარებს მრავალი განსხვავებული ფაქტორის ზემოქმედებას ადამიანთა სოციალურ და პოლიტიკურ ცხოვრებაზე და, ამავე დროს, ხაზს უსვამს კლიმატის „ძალაუფლების“ პირველადობას, რითაც მიუთითებს, რომ ამ ფაქტორებიდან კლიმატი ყველაზე მნიშვნელოვანია [მონტესკიე, 1994: 272].

მონტესკიეს შეხედულებებს XVIII საუკუნეში მრავალი მოაზროვნე აკრიტიკებდა. ამ მხრივ მნიშვნელოვანია გერმანელი ფილოსოფოსი, იოჰან გოტფრიდ ჰერდერი. თუ მონტესკიესთან კლიმატი, არსებითად, ჰაერის ტემპერატურას აღნიშნავდა, ჰერდერთან ეს ცნება გაცილებით ფართო მნიშვნელობას იძენს. კლიმატის ცნება ჰერდერთან გარემოს ცნების ტოლფასია და მასში მრავალი განმსაზღვრელი ფაქტორი მოიაზრება. „როგორი ზემოქმედებაც არ უნდა ჰქონდეს კლიმატს, ყოველ ადამიანს, ყოველ ცხოველს და ყოველ მცენარეს საკუთარი კლიმატი აქვს, რადგან ყოველგვარ გარეგან ზემოქმედებას თითოეული თავისებურად იღებს და ორგანულად გადაამუშავებს“ [Гердер, 184]. საბოლოოდ ჰერდერი ასკვნის, რომ „კლიმატი კი არ აიძულებს, არამედ მიდრეკილებას წარმოშობს (იქვე, გვ.182). მისი აზრით, ყველანაირ ზნე-ჩვეულებაში და ცხოვრების წესში, შესაძლოა შევნიშნოთ, რთულად შესამჩნევი მიდრეკილება ამა თუ იმ კლიმატისადმი, თუმცა, ამ მიდრეკილების თვალსაჩინო წარმოჩენა საკმაოდ რთულია - აღნიშნავს ჰერდერი. იგი ფიქრობს, რომ უმჯობესია იმ „სასიცოცხლო ძალების“ დანახვა, რისთვისაც კლიმატია შექმნილი და რომლებიც, უკვე თავიანთი არსებობით, მრავალნაირად იცვლიან მას. ჰერდერი კლიმატს განსხვავებულ მიზეზთა ქაოსად მიიჩნევს, რომლებიც თანდათანობითი მოქმედებით ცვლიან ცოცხალი ორგანიზმის არსებას. ამიტომ აისახება

დამღუპველად ხალხებზე სხვა ნახევარსფეროში ან კლიმატურ სარტყელში ნაჩქარევი გადასახლება. „ბუნებას არ უყვარს ზედმეტად ჩქარი და მკვეთრი ცვლილებები“¹ (იქვე, გვ. 191). გარდა კლიმატის თვისებებისა ჰერდერი „იდეებში“ ყურადღებას ამახვილებს დედამიწის ზედაპირის ფორმებზე. ჰერდერი თვლის, რომ ჩვენმა დედამიწამ, ვიდრე დღევანდელ სახეს მიიღებდა მრავალი რევოლუცია გადაიტანა. იგი დედამიწის ფორმებს ისტორიის განმსაზღვრელ ფაქტორად მიიჩნევს.

მონტესკიესა და ჰერდერის შეხედულებების ანალიზი აჩვენებს შემდეგს, რომ ორივე მათგანი ევროპის განსაკუთრებულ როლს გეოგრაფიულ ფაქტორებზე მითითებით ხსნიან. მონტესკიე ევროპის ძლიერებას ზომიერ ჰავასა და ბუნებრივ პირობებს უკავშირებს, თუმცა გადამწყვეტი ფაქტორი მასთან მაინც კლიმატია. ჰერდერი კი, ევროპის პირველობას მისი ლანდშაფტური მრავალფეროვნებით ხსნის. ამასთან, ჰერდერი არ ეთანხმება მონტესკიეს კლიმატურ თეორიას და მიიჩნევს, რომ კლიმატის შესწავლისას მრავალ ფაქტორზე (ჰავა, მდინარეები, ცხოველები, ადამიანური ფაქტორი) უნდა გამახვილდეს ყურადღება. ჰერდერთან მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ადამიანურ ფაქტორსაც. ადამიანს, თავისი საქმიანობის შედეგად, ბუნებაში არსებული ბალანსის დარღვევა იოლად შეუძლია, ამიტომ მან ფრთხილად უნდა იმოქმედოს. თუმცა, ადამიანური ფაქტორისათვის დიდი მნიშვნელობის მინიჭებას ერთგვარად აფერმკრთალებს ჰერდერის მიერ მორფოლოგიური ფაქტორების (მთათა სისტემების) გადამწყვეტი როლის აღიარება².

გეოგრაფიული ელემენტების გავლენა ისტორიულ მოვლენებზე თანამედროვე დროის გერმანელი ფილოსოფოსის ჰელმუტ შნაიდერის დაკვირვების საგანია. მისთვის ასეთ უმნიშვნელოვანეს ელემენტს წარმოადგენს წყალი. „სივრცე დედამიწაზე, დედამიწის ზედაპირის, კონტინენტებისა და ლანდშაფტების ფორმა განსაზღვრულია ხმელეთისა და წყლის (იქნება ეს ზღვა, ტბა თუ მდინარე) განაწილებით, მათი ურთიერთქმედებით. ეს დიდ გავლენას ახდენს ადამიანურ კულტურასა და ისტორიაზე [შნაიდერი, 2010:44]. შნაიდერის მიხედვით, ჰერდერი ზღვებში, მდინარეებში და ქედებში ხედავდა ხალხებისა და კულტურების განმაცალკეებელ ელემენტებს. ჰერდერის მიხედვით, წერს შნაიდერი- ევროპელთა სულიერი

¹ აღსანიშნავია, რომ ამ აზრის ჩამოყალიბებისას ჰერდერი ემყარება ფინელი ბუნებისმეტყველის, პეტერ კალმის (1716-1779) ცნობებს იმ ბუნებრივი ცვლილებების შესახებ, რომლებიც ამერიკაში მცხოვრებ ევროპელთა სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობით იყო გამოწვეული. ტყეების გაჩეხვამ მიწების დამუშავების მიზნით, კალმის მიხედვით, წერს ჰერდერი - კატასტროფულად შეამცირა ტყეში მცხოვრები ფრინველების რიცხვი, შემცირდა ასევე, თევზის რაოდენობა მდინარეებსა და ტბებში, იკლო წვიმების სიხშირემ, შემცირდა ადგილობრივ მაცხოვრებელთა სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობა და ა. შ. აქედან გამომდინარე ჰერდერი ასკვნის, რომ კლიმატის ცვლილება განაპირობებს ადამიანების ცვლილებასაც (იქვე, გვ.191).

² ამ მხრივ ჰერდერის ნააზრევს წინააღმდეგობები ახასიათებს და ეს ალბათ, გარდაუვალიც იყო, თუ გავითვალისწინებთ იმ ამოცანის სიდიდეს, რომელიც მას ჰქონდა დასახული - ისტორიის სინთეზი საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებთან.

დიფერენცირებულობა და მათი მრავალფეროვანი უნარები ევროპის მრავალწახნაგოვან და განსხვავებულ ლანდშაფტზე შეიძლება დავიყვანოთ [შნაიდერი, 2010: 49].

კლიმატის ძირითადი პრინციპები, კლიმატის ფილოსოფიური ანალიზი კარგადაა გადმოცემული მე-20 საუკუნის იაპონელი ფილოსოფოსის ვაცუჯი ტეცუროს შრომებში. მათგან მნიშვნელოვანია „ქარი და მიწა“. ვაცუჯისთან მიმართებაში იკვეთება სრულიად განსხვავებული მეთოდოლოგია, იმ გაგებით, რომ ვაცუჯის აინტერესებს არის თუ არა კლიმატი (რომელიც ადამიანის ყოველდღიურ გამოცდილებაში გვხვდება) ბუნებრივი ფენომენი. ბუნებრივია, რომ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებმა კლიმატი უნდა განიხილონ, როგორც ბუნებრივი ფენომენი, მაგრამ ვაცუჯის მანც აინტერესებს არის თუ არა კლიმატური ფენომენი თავისი არსებით საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების შესწავლის ობიექტი. აღნიშნულ პრობლემას ვაცუჯი სიცივის ფენომენის მაგალითზე განიხილავს. იგი არ ეთანხმება იმ აზრს, რომ სიცივე ადამიანისგან დამოუკიდებლად არსებობს, რადგან შეუძლებლად მიაჩნია სიცივის შეგრძნების გარეშე სიცივის აღმოჩენა. „მხოლოდ სიცივის შეგრძნებით აღმოვაჩინეთ სიცივეს“. ვაცუჯი კლიმატს განიხილავს როგორც ადამიანის ექსისტენციის სტრუქტურის ნაწილს. იგი ადამიანის ცნებაში მოიაზრებდა არა ცალკეულ ინდივიდს, არამედ ინდივიდუალურისა და სოციალურის მთლიანობას, რომელთა არსებობისთვის აუცილებელია სივრცე, ამიტომ იგი სივრცეს სათანადო ყურადღებას აქცევდა. ვაცუჯის მიხედვით, ადამიანი კლიმატში აღმოაჩენს საკუთარ თავს. იგი კლიმატისა და ადამიანის ისტორიულობაზე ამახვილებს ყურადღებას. თვლის, რომ რადგან ადამიანი, საკუთარ ტავში კლიმატს აღმოაჩენს, იგი ბუნების თვისებებს საკუთარ თვისებებად აქცევს.

თავისებური სახით გეოგრაფიულ-დეტერმინისტულმა იდეებმა ქართულ საზოგადოებრივ სივრცეშიც შემოაღწია. ქართველი ფილოსოფოსის კონსტანტინე კაპანელის ორგანოტროპიზმის კონცეფციის თანახმად სამყაროს ყოველი წარმონაქმნი, მათ შორის, საზოგადოებრივი ორგანიზმიც, ტროპიული, ე. ი. ადგილობრივი, მოცემული კუთხის თავისებურებებით განისაზღვრება. კაპანელის შეხედულებით, საზოგადოება, მთელი მისი მატერიალური და სულიერი ცხოვრება, სოციალური მოვლენები და პროცესები, მათი შინაარსი, ფორმა, ხასიათი, თვისებები, თვით ადამიანთა ბიოლოგიური და ფიზიოლოგიური ორგანიზაცია, საზოგადოებრივი იდეები, გრძნობები, ჩვეულებანი, ხელოვნება, ლიტერატურა და ა. შ. მეტწილად დამოკიდებულია გეოგრაფიულ, გეოლოგიურ, კლიმატურ, ტემპერატურულ, ატმოსფერულ და სხვა ბუნებრივ ფაქტორებზე [კაპანელი, 1989:313].

ამრიგად, ადამიანი და გარემო ფაქტორები ერთ მთლიან სისტემას წარმოადგენს. სტატიაში შევეცადეთ გვეჩვენებინა, რომ ადამიანისა და გარემო ფაქტორების ურთიერთკავშირს იკვლევს როგორც საბუნებისმეტყველო, ისე სოციალური და ფილოსოფიური მეცნიერებები. ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა განსაკუთრებით კლიმატურ ფაქტორზე ყურადღების გამახვილება, განსაკუთრებით იმის წარმოჩინება, რომ ამ ასპექტით განხილული კლიმატური ფენომენი განსხვავდება საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების მიერ შესწავლილი კლიმატური

ფენომენებისაგან. ამასთან, შევეცადეთ გვეჩვენებინა, რომ ფილოსოფიას, როგორც ადამიანის არსის შემსწავლელ მეცნიერებას ადამიანსა და გარემო ფაქტორებს შორის დამოკიდებულება აინტერესებს ღირებულების თვალსაზრისით, რომ ადამიანს არ განიხილავს ბუნებისაგან იზოლირებულ არსებას და თვლის, რომ ადამიანის პიროვნებად ჩამოყალიბების პროცესში ადამიანს მიმართება აქვს მეორე ადამიანთან, საზოგადოებასთან და ბუნებასთან.

აღსანიშნავია ისიც, რომ მსოფლიოში შექმნილმა მძიმე ეკოლოგიურმა და სოციალურმა ვითარებამ, ადამიანის ბუნებისადმი მომხმარებლურმა დამოკიდებულებამ განაპირობა ახალი კომპლექსური საგნის, მეტამეცნიერების - ეკოლოგიური ეთიკის განვითარება, რომელიც განსაზღვრავს ადამიანის და ბუნების მორალურ ურთიერთობას, ზნეობრივ პრინციპებს, ნორმებს და ქმედებებს. ეკოლოგიური ეთიკა საზოგადოებრივი შეგნების ფორმაა და დაფუძნებულია ეკოლოგიის და კლასიკური ეთიკის ძირითად პრინციპებზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. არისტოტელე, პოლიტიკა, ძვ. ბერძნ. თარგმნა, შესავ. წერილი და განმარტებები დაურთო თ. კუკავამ. "პირველი სტამბა", თბილისი, 1995-1996.
2. არისტოტელე, პოლიტიკა. ნაწილი მეორე. თბილისი, 1996.
3. პლატონი, სახელმწიფო. ძველი ბერძნულიდან თარგმნა ბ. ბრეგვაძემ. გამომცემლობა „ნეკერი“, 2003.
4. მონტესკიე, „კანონთა გონი“, ფრანგულიდან თარგმნა დ. ლაბუჩიძემ. თბილისი. მშვიდობის, დემოკრატიისა და განვითარების კავკასიური ინსტიტუტი, 1994.
5. კაპანელი კ. ფილოსოფიური შრომები, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი. 1989
6. შნაიდერი ჰ. ფილოსოფიური გეოგრაფია. წყლის მნიშვნელობა ისტორიისათვის -ევროპა და აზია. გერმანულიდან თარგმნა გ. თავაძემ. თბილისი, „ნეკერი“. 2010.
7. Watsuji T. Climate and Culture: A philosophical Study. Translated by G. Bownas. New York: Greenwood Press, 1988.
8. Гердер И. Г. Идеи к Философии Истории Человечества. Перевод А. Михайлова. Москва: „Наука“, 1977.

Climate and people: philosophical analysis of climate

Vardo Beridze,

Doctor of Philosophy, Associate Professor in the Department of Philosophy, Batumi Shota Rustaveli State University

According to Aurelio Peche who was a member of the Club of Rome and a well-known public figure, the essence of the problem that has emerged at the modern stage of human evolution is that humans are unable to adapt to a culture in line with the change that they have initiated. He considers the inner nature of man as the cause of this crisis and sees the possibility of solving the problem only in the change of the inner belief of man and in the consciousness of the society. At the same time he believes that society should be aware of the dangers of the modern ecological crisis and radically change its wolfish attitude towards the nature.

The form of public consciousness is ecological ethics, which is based on the basic principles of ecology and classical ethics, the moral relations of man and nature, moral norms and actions. Ethical issues related to climate change are one of the most important areas of eco-ethics. This connection between man and nature is well reflected in the history of philosophical thought. Even the ancient Greek philosophers Plato and Aristotle paid special attention to the role of climate as one of the most important factors in the character of man and the biological development of the organism. In this regard, the views, studies and conclusions of the philosophers of the later period in the field of eco-ethical and philosophical geography, political geography are even more interesting. The presented paper serves the latter. Its aim is to clearly present the global ecological problems of modern times - in the context of the relationship between man and climate – which is based on the work of philosophers.

KEYWORDS: *Ecology, Ethics, Ecoethics, Philosophical geography, Climate and man, Man and nature.*

The prevalence of Type 2 Diabetes among people living with HIV in Georgia

¹Borkowska T, ¹Karkashadze E, ¹Chokoshvili O, ¹Chkhartishvili N, ¹Tsertsvadze T

¹Infectious Diseases, AIDS and Clinical Immunology Research Center

Abstract

Background: The number of people living with human immunodeficiency virus (HIV) is increasing due to improved screening, faster diagnosis, newer methods, availability and acceptance of treatment, but the prevalence of non-communicable diseases, particularly metabolic disorders, has grown among HIV infected patients. The aim of the study was to calculate the prevalence of T2D among people living with HIV in Georgia and find the association between diabetes and other comorbidities to fill up knowledge gap.

Materials and methods: We have conducted a prospective cohort study among PLWH receiving care at the Infectious Diseases, AIDS and Clinical Immunology Research Center in Tbilisi, Georgia. The study included HIV positive adults (age ≥ 18 years) diagnosed in 2012-2018. Participants were followed-up from AIDS diagnosis till the 1st of October 2021. American Diabetes Association (ADA) guidelines were used to define hyperglycemia and diabetes.

Results : In total cohort 4.47% had prediabetes and 2.65% Type 2 diabetes. Our research demonstrates that the prevalence of hyperglycemia increases by the age. In total 171 (5.87%) participants had TB . Hyperglycemia and TB together was detected in 48.5% (83) of all TB patients. Relative risk (RR) of TB was 0.94 (95% CI : 0.85-1.56) . 32 participants had CKD, 50% (p=0.08) had hyperglycemia. CVD was detected in 92 participants, 44.6% (p=0.07) was hyperglycemic. 16 patients had a stroke, from which 11 (68.8%) had hyperglycemia. The RR of stroke =1.8 (95% CI : 1.45-4.76) . 550 (18.9%) patients had high total cholesterol and LDL level, 195 (35%) had hyperglycemia .

Conclusions: Prevention or early detection of T2D and timely management of metabolic disturbance, reduces risk of morbidity and mortality during HIV. Screening and management of hyperglycemia should be part of the routine HIV clinical services.

Keywords : *Type 2 diabetes, Hyperglycemia, HIV, Prevalence, Georgia*

Introduction

The number of people living with human immunodeficiency virus (HIV) is increasing due to improved screening, faster diagnosis, newer methods, availability and acceptance of treatment^{1,2}, but the prevalence of non-communicable diseases, particularly metabolic disorders, has grown among HIV infected patients^{1,3-6}.

A lot of studies have found that HIV infection and ART (antiretroviral treatment) are increasing insulin resistance, which leads Type 2 diabetes (T2D)⁷⁻¹⁰. Risk factors of T2D are well known in the general population, but HIV and ART are adding additional risk factors. Many factors influence the development of hyperglycemia and T2D during HIV infection, including the duration of the infection, systematic inflammation, the degree of immunosuppression, ARV (antiretroviral) medications, length of ART and coinfections⁷⁻¹⁵. Based on studies the prevalence of T2D ranges from 2% to 14%¹.

After ART has appeared the number of metabolic complications during HIV has increased^{6, 16-21}. The researchers thought, that metabolic complications were caused by nucleoside reverse transcriptase inhibitors (NRTI), because of mitochondrial toxicities. Other studies connected metabolic complications to protease inhibitors (PI). At the end researches suggested, that PIs and NRTIs have overlapping effect and they can induce insulin resistance (IR) and diabetes^{8, 12, 18}. Old age, weight gain, family history of diabetes are risk factors for development of diabetes during PI treatment¹¹.

Insulin resistance during PI treatment is increased via GLUT4 dependent^{8, 11} and independent mechanisms^{8, 12}. PIs interfere GLUT4 translocation from the cytosol of the cell to the cell's surface. Also, they alter adipogenic proteins and inhibit adipocyte differentiation⁸.

Pancreatic beta-cell lipotoxicity and lipodystrophy during ART, might be reason of glucose level elevation. Beta-cell function and insulin secretion is decreased by 25%–50% after PI treatment initiation⁸. When PIs are discontinued hyperglycemia resolves¹¹.

CVD (cardiovascular disease), CKD (chronic kidney disease) and metabolic disturbance have been linked to HIV and ARV medications^{5,6,10}.

In the general population The Framingham Risk Score (FRS) is a widely used tool to assess cardiovascular risk. It is used to estimate 10 years, CVD risk to the individual. Although its applicability to HIV patients is debatable. Unlike metabolic syndrome FRS is age dependent and takes in account cigarette smoking, LDL and total cholesterol concentrations. FRS divides individuals as low risk <10%, moderate risk 10-20% and high risk >20% of CVD^{22, 23}. FRS estimates that 1/3-1/4 of HIV infected adults are risk of CVD, but some authors are thinking, that it is underestimated²²⁻²⁴. Hyperglycemia is known to be a risk factor of CVD. Poor glycemic control is connected to microvascular and macrovascular disease²⁵. Stettler et al.

conducted a study in 2006 and showed, that the risk of macrovascular disease was significantly decreased by improving glycemic control²⁶.

The mechanism of vascular damage during hyperglycemia is unknown, but scientists support the idea, that it is caused by oxidative stress. Oxidative stress is the reason for micro and macrovascular complications during T2D²⁵. Gerich et al. suggest that inflammation, vasoconstriction and thrombosis are caused by oxidative stress and protein kinase C activation, which are induced by hyperglycemia²⁷.

One of the most frequent complication of HIV is a CKD. It ranges from 3.5 to 48.5%. HIV-associated nephropathy (HIVAN) is more common in young African adults, while HIV-immune complex disease (HIV-ICD) is more common in Europeans²⁸. On the other hand hyperglycemia and diabetes mellitus is a main cause of CKD, which leads to kidney failure. Studies have shown, that one third of CKD patients have diabetes, predominantly T2D²⁹.

Since 20th century, researchers have tried to find a link between T2D and Tuberculosis (TB). They were unable to distinguish whether T2D cause TB or vice versa. Some experts were discussing merging epidemics of TB and T2D³⁰. People with diabetes and hyperglycemia are more likely to develop TB, compared to non-diabetic cohort, due to increased susceptibility to infections³⁰⁻³³. They have 2.44 to 8.33 folds increased risk of TB compared to people without diabetes mellitus (DM)³². According to several studies, people with hyperglycemia are more prone to acquire multiresistant TB. The risk of complications, such as treatment failures and death are higher in people with diabetes mellitus. Furthermore, treatment of TB, might affect glycemic control negatively³⁰⁻³³.

Patients should be checked annually, because of higher prevalence of hyperglycemia and T2D during HIV. Prevention or early detection of T2D and timely management of metabolic disturbance, reduce risk of morbidity and mortality during HIV^{5, 7, 8, 17, 19, 34, 35}.

The prevalence of T2D in PLWH is unknown in Georgia. The aim of the study was to calculate the prevalence of T2D among people living with HIV in Georgia and find the association between diabetes and other comorbidities to fill up knowledge gap.

Material and methods

We have conducted a prospective cohort study among PLWH receiving care at the Infectious Diseases, AIDS and Clinical Immunology Research Center in Tbilisi, Georgia (IDACIRC). The study included HIV positive adults (age ≥ 18 years) diagnosed in 2012-2018 in IDACIRC. Every patient, who died or was lost within 6 months during follow-up were excluded from statistical analysis. Participants were followed-up from AIDS diagnosis till the 1st of October 2021. The total number of the study cohort was 2914.

The national AIDS health information system (AIDSHIS), a secure web-based database that collects data on all confirmed HIV cases, was used to retrieve all data, including demographic, clinical, and laboratory information.

National HIV guidelines recommended screening for glycemia at the beginning of HIV Diagnosis and then annually. American Diabetes Association (ADA) guidelines were used to define hyperglycemia and diabetes. In particular a fasting blood sugar level less than 100 mg/dl (5.6 mmol/L) is normal. A fasting blood sugar is considered as prediabetes if glucose level is from 100 to 125 mg/dl (5.6 to 6.9 mmol/L). If it's 126 mg/dl (7 mmol/L) or higher on two separate tests, patient has diabetes. A Postprandial blood sugar level less than 140 mg/dl (7.8 mmol/L) is normal. A reading between 140 and 199 mg/dl (7.8 mmol/L and 11.0 mmol/L) indicates prediabetes. Blood glucose more than 200 mg/dl (11.1 mmol/L) after two hours indicates diabetes³⁶.

Every single patient who had hyperglycemia even once was referred to endocrinologist for further diagnostics of diabetes. Participants were enrolled in the prospective study after giving an informed consent. Additional diagnostic tests, In particular, Oral glucose tolerance test (OGTT) with 75g glucose, glycated hemoglobin, HOMA Index, Lipid panel were conducted among the participants. We have estimated the prevalence of Diabetes, TB, CVD, CKD and stroke. The association between hyperglycemia and TB, CVD, CKD, stroke has been calculated.

For statistical analysis we have performed Descriptive and Bivariate analysis, using SAS 9.2 software (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Ethical approval was obtained from the ethics committee of at Infectious Diseases, AIDS and Clinical Immunology Research center (N 20-006).

Results and Discussion

Our original sample consisted of 2914 HIV patients, the majority of the participants were male 2204 (75.6%). The majority of the patients represented age categories of 30-39 years old (31.3%) and 40-49 years old (29.7%). The median age was 52 (IQR=22-80). 11 (0.4%) Patients did not enroll in the study due to Covid-19 pandemic related situation. 7.4% of the participants were lost to follow up. For the period from 2012 to 2021 153 (5.2%) died. Hyperglycemia was detected in 381(13.1%) HIV patients. The detailed description of the sample characteristics is provided in the tables 1 and 2.

Table 1. Sample characteristics of people living with HIV (n=2914), Georgia, 2021

Variable	Total N (%)	Male	Female
Gender	2914 (100%)	2204 (75.6%)	710 (24.4%)
Hyperglycemia	381 (13.1 %)	326 (85.6 %)	55 (14.4 %)
Refused to participate for further examinations	11 (0.4 %)	9 (0.4%)	2 (0.3%)
Loss to follow up (2012-2021 years)	215 (7.4%)	183 (8.3%)	32 (4.5%)
Died during follow up (2012-2021 years)	153 (5.2%)	130 (5.9%)	22 (3.1%)
Performed diagnostic tests (OGTT Homa Index Lipid panel Glycated hemoglobin)	155 (5.3%)	145 (6.6%)	10 (1.4%)

Table 2. The prevalence of hyperglycemia by the age and gender among people living with HIV (n=2914), Georgia, 2021

Variable	Total N (%)	Normoglycemia	Hyperglycemia
Gender	2914 (100%)	2533 (86.9%)	381 (13.1 %)
Male	2204 (75.6%)	1878 (85.2%)	326 (14.8 %)
Female	710 (24.4%)	655 (92.25%)	55 (7.75 %)
Age (years)	2914 (100%)	2533 (86.9%)	381 (13.1 %)
19-29	501 (17.2 %)	496 (99.9%)	5 (0.1%)
30-39	913 (31.3%)	856 (94.7%)	48 (5.3%)
40-49	865 (29.7%)	753 (87.0%)	112 (13.0%)
50-64	577 (19.8%)	395(68.5%)	182 (31.5%)
>65	58 (2.0%)	24 (41.4%)	34 (58.6%)

The prevalence of hyperglycemia, was increasing with the age: 5 (1.31%) in the age group of 19-29 years, 48 (12.6%) in 30-39 years, 112 (29.4%) in 40-49 years, 182 (47.8%) in 50-64 years and 34 (8.9%) in older than 65 years (p value < 0.0001) (Table 3).

Table 3. The prevalence and distribution of hyperglycemia by age among people living with HIV (n=2914), Georgia, 2021

Prevalence of Hyperglycemia by age	Total sample (N=381) 13.1 %					P value	Median (IQR)
	19-29	30-39	40-49	50-64	>65		
	5 (1.31%)	48 (12.6%)	112 (29.4%)	182 (47.8%)	34 (8.9%)	<0.0001	52 (22- 80)

Additional tests (OGTT, Homa Index, Lipid panel, Glycated hemoglobin) have been conducted in 155 (5.3%) study participants. From 2914 HIV infected persons 4.47% (95% CI : 3.77 - 5.27) had metabolic syndrome and 2.65% (95% CI: 2.11 - 3.28) T2D. From 381 hyperglycemic participants 33.7% (29.0 – 38.5) had metabolic syndrome and 19.9% (16.0 – 24.3) T2D. From examined cohort (N=155) metabolic syndrome was detected in 82.2% (95% CI: 76.2 – 88.2) and T2D in 48.4 % (95% CI: 40.5 – 56.2) cases (Table 4).

Table 4. The prevalence of type 2 diabetes and metabolic syndrome among people living with HIV (n=2914), Georgia, 2021

Variable	Metabolic syndrome (N= 130)	95 % Confidence Interval (CI)	Type 2 diabetes (N= 65)	95 % Confidence Interval (CI)
Total (N = 2194)	4.47%	3.77 - 5.27	2.65%	2.11 - 3.28
Hyperglycemia (N= 381)	33.7%	29.0 – 38.5	19.9 %	16.0 – 24.3
Examined Cohort (N=155) (OGTT Homa Index Lipid panel Glycated hemoglobin)	82.2%	76.2 – 88.2	48.4 %	40.5 – 56.2

In total 171 (5.87%) participants had TB. Hyperglycemia and TB together was detected in 48.5% (83) of all TB patients. Relative risk (RR) of TB was 0.94 (95% CI: 0.85-1.56). 32 participants had CKD, 50% (p=0.08) had hyperglycemia. CVD was detected in 92 participants, 44.6% (p=0.07) was hyperglycemic. 16 patients had a stroke, from which 11 (68.8%) had hyperglycemia. The RR of stroke =1.8 (95% CI: 1.45-4.76). 550 (18.9%) patients had high total cholesterol and LDL level, 195 (35%) had hyperglycemia.

In our study the prevalence of hyperglycemia was significantly higher in male HIV infected participants, compared to the female HIV infected persons. Similar results have been reported from china (Shen et al. 2016)¹ in contrast to Spanish study (Alvaro-Meca et al. 2016). Spanish study outlined, that hyperglycemia was more prevalent in female HIV patients³⁷.

Our research demonstrates that the prevalence of hyperglycemia increases by the age. Results are not surprising, because, similar results have been reported in other studies about PLWH^{5, 15, 38, 39} and general population³⁶. Factors such as a family history of diabetes, weight gain, obesity and Insulin resistance can lead increased blood glucose levels¹¹. Furthermore, some antiretroviral drugs, such as PI's and NRTI's were related to the higher risk of T2D. Longer ART exposure was shown to be responsible for increased risk of hyperglycemia and diabetes mellitus^{1, 3, 4, 11}. In addition, there are a lot of discussions whether or not HIV infection alone can promote to the development of T2D. For example, a study of 2009-2012 years in China, conducted among newly diagnosed HIV patients who were not taking antiretroviral drugs, found a significant association between HIV and T2D, suggesting that hyperglycemia in HIV patients might be explained by not only ART use, but by HIV infection itself⁴⁰. Unfortunately, association between ART and diabetes or hyperglycemia could not be examined in our study as all the patients diagnosed with HIV in our cohort received ART immediately after the diagnosis.

Our study found out that the prevalence of T2D in total cohort was 2.65%. Similar results have been reported from Denmark (Rasmussen et al. 2012, Worm et al. 2009)^{41, 42} in contrast to researches in China and the USA, where prevalence of T2D was 9.7% and 10.3% respectively^{1, 5}. It should be taken into account that study cohort age was young (about 40 years old). T2D is more common in people above 40 years old, so theoretically it's possible, that young participants might decrease the prevalence of diabetes in the total cohort. Age distribution of hyperglycemia proved the same as it was the highest in people aged 40-65+. A similar association between increasing age and prevalence of T2D among PLWH found in many other studies^{5, 38, 39}.

Our study found that the prevalence of tuberculosis was 5.87% among people living with HIV. Based on our results the prevalence of TB with and without hyperglycemia did not differ significantly. Similar results have been found in UK by Pealing et al⁴³. Other studies revealed different results and showed, that diabetes and hyperglycemia were significantly associated with increased risk of TB^{30, 32, 33}. According to, the study in South Africa by Oni et al TB in hyperglycemic patients were 2.4 fold higher, compared to

normoglycemic cohort³³. Other studies suggested, that hyperglycemia is associated with higher mortality rates in TB patients^{19, 44, 45}.

In our research, the most common complication was dyslipidemia. We found out that 1/5 of our cohort had a high cholesterol level. As we mentioned HIV and ART are key factors in disease development^{8, 16, 23, 34, 46-48}. In addition, well know factors such as an unhealthy diet, low physical activity and cigarette smoking increase risk of dyslipidemia. If dyslipidemia is untreated, it leads to serious health complications and CVD.

CVD was detected in 92 participants, 44.6% had hyperglycemia. Based on RR normoglycemic and hyperglycemic cohort did not differ significantly. It might be explained by the fact, that our general cohort was young and the risk of CVD is increasing with the age. The Higher prevalence of CVD was reported in general population Georgia, compared to people living with HIV (15.3 vs 3.1 respectively).

Our study demonstrated that the risk of stroke was 2.2 times higher in hyperglycemic cohort, compared to people with normoglycemia. Similar results have been reported from another study By Michael D Hill in 2014⁴⁹. Nearly 30-40% of acute ischemic stroke patients have hyperglycemia. It has been reported, that hyperglycemia increases mortality rate significantly in patients with acute ischemic stroke⁵⁰.

In our research 32 participants had CDK and half of them had hyperglycemia. It is well known, that diabetes damages kidneys and causes diabetic nephropathy. Diabetic nephropathy is a major cause of CKD and renal failure^{29, 51}. Additional risk factors of CKD are HIV and ART by itself^{28, 29, 51, 52}. Based on our results the rate of CKD in hyperglycemic and normoglycemic cohort, did not differ significantly.

Hyperglycemia and other non communicable diseases should be monitored annually among people living with HIV to decrease morbidity and mortality rate. Prevention and early detection of noncommunicable diseases among PLWH will increase life expectancy and improve quality of life.

Conclusions

Noncommunicable diseases among PLWH, in particular hyperglycemia and T2D is a growing problem around the world. Our research addressed an issue. The prevalence of T2D and metabolic syndrome has never been calculated in Georgia before. We found out that the prevalence of T2D is 2.65% and is not higher, than prevalence in general population in Georgia. We think that further studies are needed to clarify an issue. Prevention or early detection of T2D and timely management of metabolic disturbance reduces risk of morbidity and mortality during HIV. Screening and management of hyperglycemia should be part of the routine HIV clinical services.

References

1. Shen Y, Wang Z, Liu L, Zhang R, Zheng Y and Lu H. Prevalence of hyperglycemia among adults with newly diagnosed HIV/AIDS in China. *BMC Infectious Diseases*. 2013; 13: 79.
2. Wandeler G, Johnson LF and Egger M. Trends in life expectancy of HIV-positive adults on antiretroviral therapy across the globe: comparisons with general population. *Current opinion in HIV and AIDS*. 2016; 11: 492-500.
3. Brown TT, Tassiopoulos K, Bosch RJ, Shikuma C and McComsey GA. Association between systemic inflammation and incident diabetes in HIV-infected patients after initiation of antiretroviral therapy. *Diabetes care*. 2010; 33: 2244-9.
4. Coelho AR, Moreira FA, Santos AC, et al. Diabetes mellitus in HIV-infected patients: fasting glucose, A1c, or oral glucose tolerance test – which method to choose for the diagnosis? *BMC Infectious Diseases*. 2018; 18.
5. Hernandez-Romieu AC, Garg S, Rosenberg ES, Thompson-Paul AM and Skarbinski J. Is diabetes prevalence higher among HIV-infected individuals compared with the general population? Evidence from MMP and NHANES 2009–2010. *BMJ Open Diabetes Research & Care*. 2017; 5.
6. Pelchen-Matthews A, Ryom L, Borges Á H, et al. Aging and the evolution of comorbidities among HIV-positive individuals in a European cohort. *AIDS (London, England)*. 2018; 32: 2405-16.
7. Duncan AD, Goff LM and Peters BS. Type 2 diabetes prevalence and its risk factors in HIV: A cross-sectional study. *PLoS ONE*. 2018; 13.
8. Husain NE, Noor SK, Elmadhoun WM, et al. Diabetes, metabolic syndrome and dyslipidemia in people living with HIV in Africa: re-emerging challenges not to be forgotten. *HIV/AIDS (Auckland, NZ)*. 2017; 9: 193-202.
9. Suligoi B, Virdone S, Tadorelli M, et al. Excess mortality related to circulatory system diseases and diabetes mellitus among Italian AIDS patients vs. non-AIDS population: a population-based cohort study using the multiple causes-of-death approach. *BMC Infectious Diseases*. 2018; 18: 428.
10. Teeraananchai S, Kerr SJ, Amin J, Ruxrungtham K and Law MG. Life expectancy of HIV-positive people after starting combination antiretroviral therapy: a meta-analysis. *HIV medicine*. 2017; 18: 256-66.
11. Kalra S, Kalra B, Agrawal N and Unnikrishnan A. Understanding diabetes in patients with HIV/AIDS. *Diabetology & Metabolic Syndrome*. 2011; 3: 2.
12. Kumar S and Samaras K. The Impact of Weight Gain During HIV Treatment on Risk of Pre-diabetes, Diabetes Mellitus, Cardiovascular Disease, and Mortality. *Frontiers in endocrinology*. 2018; 9: 705.
13. Saedi P, Petersohn I, Salpea P, et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9(th) edition. *Diabetes research and clinical practice*. 2019; 157: 107843.

14. Spollett GR. Hyperglycemia in HIV/AIDS. *Diabetes Spectrum*. 2006; 19: 163-6.
15. Tien PC, Schneider MF, Cox C, et al. Association of HIV infection with incident diabetes mellitus: impact of using hemoglobin A1C as a criterion for diabetes. *Journal of acquired immune deficiency syndromes (1999)*. 2012; 61: 334-40.
16. Fleischman A, Johnsen S, Systrom DM, et al. Effects of a nucleoside reverse transcriptase inhibitor, stavudine, on glucose disposal and mitochondrial function in muscle of healthy adults. *American journal of physiology Endocrinology and metabolism*. 2007; 292: E1666-73.
17. Haguihara T, Silva MDO, Rebouças MC, Martins Netto E and Brites C. Factors associated with mortality in HIV patients failing antiretroviral therapy, in Salvador, Brazil. *The Brazilian journal of infectious diseases : an official publication of the Brazilian Society of Infectious Diseases*. 2019; 23: 160-3.
18. Karamchand S, Leisegang R, Schomaker M, et al. Risk Factors for Incident Diabetes in a Cohort Taking First-Line Nonnucleoside Reverse Transcriptase Inhibitor-Based Antiretroviral Therapy. *Medicine*. 2016; 95.
19. Kyaw NTT, Satyanarayana S, Oo HN, et al. Hyperglycemia and Risk of All-cause Mortality Among People Living With HIV With and Without Tuberculosis Disease in Myanmar (2011–2017). *Open Forum Infectious Diseases*. 2019; 6.
20. Patel P, Rose CE, Collins PY, et al. Noncommunicable diseases among HIV-infected persons in low-income and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *AIDS (London, England)*. 2018; 32 Suppl 1: S5-s20.
21. Rajpal A, Rahimi L and Ismail-Beigi F. Factors leading to high morbidity and mortality of COVID-19 in patients with type 2 diabetes. *Journal of diabetes*. 2020; 12: 895-908.
22. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*. 2002; 106: 3143-421.
23. Nix LM and Tien PC. Metabolic syndrome, diabetes, and cardiovascular risk in HIV. *Current HIV/AIDS reports*. 2014; 11: 271-8.
24. Law MG, Friis-Møller N, El-Sadr WM, et al. The use of the Framingham equation to predict myocardial infarctions in HIV-infected patients: comparison with observed events in the D:A:D Study. *HIV medicine*. 2006; 7: 218-30.
25. Davidson JA and Parkin CG. Is hyperglycemia a causal factor in cardiovascular disease? Does proving this relationship really matter? Yes. *Diabetes care*. 2009; 32 Suppl 2: S331-3.
26. Stettler C, Allemann S, Jüni P, et al. Glycemic control and macrovascular disease in types 1 and 2 diabetes mellitus: Meta-analysis of randomized trials. *American heart journal*. 2006; 152: 27-38.
27. Gerich JE. Clinical significance, pathogenesis, and management of postprandial hyperglycemia. *Archives of internal medicine*. 2003; 163: 1306-16.
28. Naicker S, Rahmanian S and Kopp JB. HIV and chronic kidney disease. *Clinical nephrology*. 2015; 83: 32-8.

29. Sampanis C. Management of hyperglycemia in patients with diabetes mellitus and chronic renal failure. *Hippokratia*. 2008; 12: 22-7.
30. Jeon CY and Murray MB. Diabetes mellitus increases the risk of active tuberculosis: a systematic review of 13 observational studies. *PLoS medicine*. 2008; 5: e152.
31. Casqueiro J, Casqueiro J and Alves C. Infections in patients with diabetes mellitus: A review of pathogenesis. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2012; 16: S27-36.
32. Dooley KE and Chaisson RE. Tuberculosis and diabetes mellitus: convergence of two epidemics. *The Lancet Infectious diseases*. 2009; 9: 737-46.
33. Oni T, Berkowitz N, Kubjane M, Goliath R, Levitt NS and Wilkinson RJ. Trilateral overlap of tuberculosis, diabetes and HIV-1 in a high-burden African setting: implications for TB control. *The European respiratory journal*. 2017; 50.
34. Achwoka D, Waruru A, Chen TH, et al. Noncommunicable disease burden among HIV patients in care: a national retrospective longitudinal analysis of HIV-treatment outcomes in Kenya, 2003-2013. *BMC Public Health*. 2019; 19.
35. Han JH, Crane HM, Bellamy SL, Frank I, Cardillo S and Bisson GP. HIV infection and glyceimic response to newly initiated diabetic medical therapy. *AIDS (London, England)*. 2012; 26: 2087-95.
36. ADA ADA. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. *Diabetes care*. 2021; 44: S15-s33.
37. Alvaro-Meca A, Jiménez-García R, Jimenez-Trujillo I, et al. Fifteen-Year Trends in the Prevalence of Diabetes among Hospitalized HIV-Infected Patients in Spain (1997-2012). *PLoS ONE*. 2016; 11: e0161953.
38. Capeau J, Bouteloup V, Katlama C, et al. Ten-year diabetes incidence in 1046 HIV-infected patients started on a combination antiretroviral treatment. *AIDS (London, England)*. 2012; 26: 303-14.
39. Tripathi A, Liese AD, Jerrell JM, et al. Incidence of diabetes mellitus in a population-based cohort of HIV-infected and non-HIV-infected persons: the impact of clinical and therapeutic factors over time. *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*. 2014; 31: 1185-93.
40. Wada N, Jacobson LP, Cohen M, French A, Phair J and Muñoz A. Cause-specific mortality among HIV-infected individuals, by CD4(+) cell count at HAART initiation, compared with HIV-uninfected individuals. *AIDS (London, England)*. 2014; 28: 257-65.
41. Rasmussen LD, Mathiesen ER, Kronborg G, Pedersen C, Gerstoft J and Obel N. Risk of diabetes mellitus in persons with and without HIV: a Danish nationwide population-based cohort study. *PLoS ONE*. 2012; 7: e44575.
42. Worm SW, De Wit S, Weber R, et al. Diabetes mellitus, preexisting coronary heart disease, and the risk of subsequent coronary heart disease events in patients infected with human immunodeficiency virus: the Data Collection on Adverse Events of Anti-HIV Drugs (D:A:D Study). *Circulation*. 2009; 119: 805-11.

43. Peeling L, Wing K, Mathur R, Prieto-Merino D, Smeeth L and Moore DAJ. Risk of tuberculosis in patients with diabetes: population based cohort study using the UK Clinical Practice Research Datalink. *BMC Medicine*. 2015; 13: 135.
44. Chkhartishvili N, Sharvadze L, Chokoshvili O, et al. Mortality and Causes of Death Among HIV-Infected Individuals in the Country of Georgia: 1989–2012. *AIDS Research and Human Retroviruses*. 2014; 30: 560-6.
45. Moreira J, Castro R, Lamas C, Ribeiro S, Grinsztejn B and Veloso VG. Hyperglycemia during tuberculosis treatment increases morbidity and mortality in a contemporary cohort of HIV-infected patients in Rio de Janeiro, Brazil. *International journal of infectious diseases : IJID : official publication of the International Society for Infectious Diseases*. 2018; 69: 11-9.
46. Friis-Møller N, Sabin CA, Weber R, et al. Combination antiretroviral therapy and the risk of myocardial infarction. *The New England journal of medicine*. 2003; 349: 1993-2003.
47. Friis-Møller N, Thiébaud R, Reiss P, et al. Predicting the risk of cardiovascular disease in HIV-infected patients: the data collection on adverse effects of anti-HIV drugs study. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*. 2010; 17: 491-501.
48. Kruglikov IL, Shah M and Scherer PE. Obesity and diabetes as comorbidities for COVID-19: Underlying mechanisms and the role of viral-bacterial interactions. *eLife*. 2020; 9.
49. Hill MD. Stroke and diabetes mellitus. *Handbook of clinical neurology*. 2014; 126: 167-74.
50. Ergul A, Li W, Elgebaly MM, Bruno A and Fagan SC. Hyperglycemia, diabetes and stroke: focus on the cerebrovasculature. *Vascular pharmacology*. 2009; 51: 44-9.
51. Lim A. Diabetic nephropathy - complications and treatment. *International journal of nephrology and renovascular disease*. 2014; 7: 361-81.
52. Mocroft A, Lundgren JD, Ross M, et al. Development and validation of a risk score for chronic kidney disease in HIV infection using prospective cohort data from the D:A:D study. *PLoS medicine*. 2015; 12: e1001809.

ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის გავრცელება აივ ინფიცირებულ პირებში, საქართველოში

თ.ბორკოვსკა¹, ე. ქარქაშაძე¹, ო.ჩოკოშვილი¹, ნ.ჩხარტიშვილი¹, თ.ცერცვაძე¹

¹ინფექციური პათოლოგიის, შიდსისა და კლინიკური იმუნოლოგიის სამეცნიერო პრაქტიკული ცენტრი

აბსტრაქტი

შესავალი: ადამიანის იმუნოდეფიციტის ვირუსით (აივ) მცხოვრებთა რიცხვი იზრდება გაუმჯობესებული სკრინინგის, სწრაფი დიაგნოზის, ახალი მეთოდების, მკურნალობის ხელმისაწვდომობისა და მკურნალობის მიღების გამო. არაგადამდები დაავადებების, განსაკუთრებით მეტაბოლური დარღვევების გავრცელებამ მკვეთრად მოიმატა აივ ინფიცირებულ პაციენტებში.

კვლევის მიზანია ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის გავრცელების გამოთვლა, შაქრიანი დიაბეტისა და თანმხლები დაავადებებს შორის ასოციაციის პოვნა, არსებული საკითხის ირგვლივ ცოდნის გაღრმავება.

კვლევის მეთოდები: ინფექციური პათოლოგიის, შიდსისა და კლინიკური იმუნოლოგიის სამეცნიერო პრაქტიკულ ცენტრში ჩავატარეთ პროსპექტული კოჰორტული კვლევა. კვლევაში მონაწილეობდა მოზრდილი (ასაკი \geq 18წელი) პირები, რომლებსაც აივ დიაგნოზი დაესვათ 2012-2018 წლებში. პაციენტზე დაკვირვება ხორციელდებოდა 2021 წლის 1 ოქტომბრამდე. ჰიპერგლიკემიისა და შაქრიანი დიაბეტის განმარტებებისთვის გამოვიყენეთ ამერიკის დიაბეტის ასოციაციის (ADA) გაიდლაინზი.

შედეგები: მთლიან კოჰორტაში 4.47% ჰქონდა პრედიაბეტი, ხოლო 2.65% ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტი. ჩვენი კვლევის მიხედვით ჰიპერგლიკემიის პრევალენტობა იზრდება ასაკის მატებასთან ერთად. ჯამში 171 (5.87%) მონაწილეს ჰქონდა ტუბერკულოზი. ტუბერკულოზის მქონე 48.5% (83) ჰქონდა ჰიპერგლიკემიაც. ტუბერკულოზის RR=0.94 (95% CI: 0.85-1.56). 32 მონაწილეს CKD ჰქონდა, მათგან 50% (p=0.08) ჰიპერგლიკემიაც. CVD 92 პაციენტს დაუფიქსირდა, მათგან 44.6% (p=0.07) კი ჰიპერგლიკემია ჰქონდა. 16 მონაწილეს ინსულტი განუვითარდა, მათგან 11 (68.8%) პარალელურად ჰიპერგლიკემიაც ჰქონდა. ინსულტის RR =1.8 (95% CI : 1.45-4.76) . 550 (18.9%) მონაწილეს მომატებული ჰქონდა საერთო ქოლესტერინისა და LDL კონცენტრაცია, მათგან 195 (35%) ჰიპერგლიკემიაც ჰქონდა.

დასკვნა: ტიპი 2 დიაბეტის პრევენცია, ადრეული გამოვლენა და მეტაბოლური დარღვევების დროული მართვა შეამცირებს ავადობისა და სიკვდილიანობის რისკს აივ ინფექციის დროს. ჰიპერგლიკემიის სკრინინგი და მენეჯმენტი ინტერგრირებული უნდა იყოს აივ-ის რუტინული კლინიკური კვლევის პაკეტში.

საკვანძო სიტყვები: ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტი, ჰიპერგლიკემია, აივ, პრევალენტობა, საქართველო