

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## ზვიად გაბედავა

საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა და მისი  
განვითარების პერსპექტივები

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა „საგზაო ინფრასტრუქტურა და მიწისქვეშა  
ხელოვნური ნაგებობები“ შიფრი 0406

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

თებერვალი, 2018 წელი

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ზვიად გაბედავას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა და მისი განვითარების პერსპექტივები“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

21 თებერვალი 2018 წ.

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| ხელმძღვანელი: | პროფესორი ნუგზარ რურუა         |
| ხელმძღვანელი: | პროფესორი კონსტანტინე მჭედლიძე |
| რეცენზენტი:   | პროფესორი მანანა მოისწრაფიძე   |
| რეცენზენტი:   | ტ.მ.დ. თამაზ შილაკაძე          |

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## ზვიად გაბედავა

„საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა და მისი განვითარების  
პერსპექტივები“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტი

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

21 თებერვალი 2018 წ.

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების სადისერტაციო ნაშომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

„ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე. ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას“ .

ავტორის ხელმოწერა \_\_\_\_\_

*ვუძღვნი მამას, ინჟინერ ჯიმშერ გაბედავას*

## რეზიუმე

ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებისთვის უპირველეს ყოვლისა მიზანშეწონილია ტრანსპორტის ძირითადი სახეობების: სარკინიგზო, საავტომობილო, საზღვაო, საჰაერო და მილსადენების განვითარება. პერსპექტიულ გეგმაშია, რომ საქართველოს ერთიანმა სატრანსპორტო კომპლექსმა გაატაროს 300 მილიონამდე ტონა ტვირთი წელიწადში. ტურიზმისა და რეკრეაციული საქმიანობის განვითარების ტემპები და შესაძლებლობები უახლოეს 10 წელიწადში რეალურს გახდის საქართველოში 7-10 მლნ ტურისტის მიღებას წელიწადში, რომელთა მომსახურებაც ძირითადად ავტოტრანსპორტზე და რკინიგზაზე მოდის. შესაბამისად, გაიზრდება მოთხოვნა თანამედროვე უსაფრთხო და კეთილმოწყობილ საგზაო ინფრასტრუქტურაზე: საერთაშორისო საავტომობილო და სარკინიგზო მაგისტრალებზე და შიდასახელმწიფოებრივი გზების ქსელზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ ადგილობრივი, ტურისტული და ტრანზიტული მგზავრთა ნაკადების მომსახურებას ვაგზლებით, სადგურებით, კემპინგებით, საზოგადოებრივი კვების ობიექტებითა და საწვავით გასამართი სადგურების ფართო ქსელით და ა.შ.

საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურამ უნდა შეძლოს ტრანზიტული ტვირთების ამ უდიდესი ნაკადის გატარება თავის ტერიტორიაზე და იმავდროულად ქვეყნის შიდა მოთხოვნილების დაკმაყოფილება მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილებაზე. ყოველივე ზემოთქმული გვაძლევს ინტენსიური კვლევა ვაწარმოოთ სატრანსპორტო დანიშნულების ინფრასტრუქტურული ობიექტების დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის რაციონალური და სრულყოფილი მეთოდების შესამუშავებლად. მათ უნდა უზრუნველყონ ტრანსპორტზე ნებისმიერი ინფრასტრუქტურული ობიექტისადმი წაყენებული აუცილებელი უსაფრთხოების, ეკონომიურობისა და ეკოლოგიურობის მოთხოვნათა დაკმაყოფილება.

უნდა მოინახოს ეკონომიკური შესაძლებლობები, მოხდეს ეკონომიკური და პოლიტიკური პროცესების განვითარების პერსპექტივების რეალური შეფასება და შესაბამისად დაიწყოს ზრუნვა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ერთობლივ, კომპლექსურ განვითარებაზე, პარალელურად უნდა გადაწყდეს საბაჟო სისტემის, საზღვრების დაცვის, თავდაცვის, უშიშროებისა და სხვა მრავალი პრობლემური საკითხი, რომელთა წარმატებულად გადაჭრის ერთ-ერთი პირობაა მაღალხარისხოვანი და საკმაო სიდიდის სახმელეთო კომუნიკაციათა ქსელის შექმნა თავისი შესაბამისი სერვისული ელემენტებით.

მასიური ტრანსპორტის ყველა სახეობის ინფრასტრუქტურის განვითარებაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება სახმელეთო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურული პრობლემათა გადაჭრას.

ნაშრომში განხილულია საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ტექნიკური და ეკონომიკური ხასიათის არსებულ პრობლემათა რაოდენობრივი და თვისობრივი შედარება, ინფრასტრუქტურის განვითარების პერსპექტიულ მიმართულებათა დასახვა და პრობლემათა გადაჭრის რეკომენდაციების შემუშავება.

შემუშავებულია საქართველოს ავტოსაგზაო და სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის ელემენტების ტექნიკური ნორმატივების განვითარების პერსპექტივები გადაადგილების ეკონომიურობის, უსაფრთხოებისა და კომფორტის თანამედროვე და პერსპექტიულ მოთხოვნათა გათვალისწინებით; შემუშავებულია მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციები საქართველოში ავტოსაგზაო და ვიწროლიანი რკინიგზების განვითარების შესახებ უახლეს მომავალსა და პერსპექტივაში; შემუშავებულია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტთა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ფინანსური უზრუნველყოფის ძირითადი და ალტერნატიული წყაროების ჩამონათვალი მათი შესაძლებლობათა რაოდენობრივი შეფასებით; შემუშავებულია აგრეთვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფინანსური უზრუნველყოფის კონკრეტული მიმართულებები და ტრანსპორტზე ეკონომიკური პროცესების მართვის მექანიზმი შესაბამისი მათემატიკური მოდელის სახით.

დადგენილია საავტომობილო გზების ტიპური მონაკვეთების სახეობები საქართველოს ბუნებრივი ლანდშაფტებისათვის შესაბამისი რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლებით.

შემუშავებულია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტების კლასიფიკაცია მგზავრობისა და ტვირთების გადაადგილების ხიფათიანობის მიხედვით წინასაპროექტო სტადიაზე. დასახულია საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების კონკრეტული ამოცანები სოციალური და ტექნიკურ-ეკონომიკური ფაქტორების პრიორიტეტულობის გათვალისწინებით.

დადგენილია ვიწროლიანი რკინიგზების ქსელის ეკონომიკური უპირატესობა საავტომობილო გზებთან შედარებით საქართველოს მთიანი და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის. დადგენილია საავტომობილო გზების რაციონალური ტრასირების პრიორიტეტული მეთოდები საქართველოს ბუნებრივი პირობებისათვის და ავტომობილთა ნაკადების სიდიდის გათვალისწინებით. დადგენილია წინასაპროექტო, ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების ნაწილში მოძრავი შემადგენლობისა, სატრანსპორტო დანახარჯებისა და ეკოლოგიური პარამეტრების გაანგარიშების აუცილებლობა საქართველოს მთაგორიანი რელიეფისათვის მისადაგებული თანამედროვე მეთოდებით. შემუშავებულია ვიწროლიანი რკინიგზების ქსელის განვითარების შედეგად მოსალოდნელი სოციალური და ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათის კონკრეტული უპირატესობათა ჩამონათვალი. შემუშავებულია ვიწროლიანი რკინიგზების ტექნიკური კლასიფიკაცია საქართველოს ბუნებრივი პირობების, სოციალური და ტექნიკურ-

ეკონომიკური ფაქტორების გათვალისწინებით. დადგენილია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფინანსური უზრუნველყოფის ძირითადი მიმართულებები, შერჩეულია სატრანსპორტო პროცესის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ტექნიკური და ეკონომიკური ფაქტორების დეტალური ჩამონათვალი რაოდენობრივ-თვისობრივი მახასიათებლებით და ანალიზური გამოსახულებებით. შემუშავებულია სატრანსპორტო პროცესის მართვის განტოლებათა ამოხსნის რაციონალური ხერხები.

მათემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა ხარჯებისა და შემოსავლებისგან მსაზღვრელი ფაქტორების ვარირებით ოპტიმალურად წარვმართოთ სატრანსპორტო პროცესი. მაგ: ტვირთებისა და მგზავრების გადაადგილების პროცესის რაციონალური ორგანიზება, ეფექტური სატრანსპორტო საშუალებით პარკის დაკომპლექტება.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის რაოდენობრივი და თვისობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესებისათვის შემუშავებულია შემდეგი რეკომენდაციები: ინფრასტრუქტურის განვითარების ხარჯებისათვის პროცენტური საგარეო სესხების გამოყენების ნაცვლად ძირითადად შიდა ეკონომიკური რესურსების გამოყენება, კომუნიკაციის მომხმარებელთა ფისკალური დატვირთვის გაზრდა და მიღებული სახსრების მიზნობრივი ხარჯვა საგზაო ფონდის საშუალებით; ფასიანი ქაღალდების ემისია; ფასიანი გზები, და ცალკეული ხელოვნური ნაგებობები გადაზიდვებისთვის ღირებულების შემცირება უფრო მაღალმწარმოებლური და ეკონომიური ავტოპარკის გამოყენებით მფლობელთათვის იმავდროულად ფისკალური დატვირთვის შესაბამისი დონის შერჩევით.

სატრანსპორტო პროცესების მართვის მათემატიკური მოდელის შესაძლებლობათა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხარჯებსა და შემოსავლებზე მოქმედი კონტროლირებადი, მაგრამ არარეგულირებადი ფაქტორების დროში ცვალებადობის კანონზომიერებები საკმაო სიზუსტით შეიძლება აისახოს მესამე ან მეოთხე ხარისხის მრავალწევრა პოლინომებით.

მესამე ხარისხის განტოლებების ამოხსნისათვის შერჩეულია იტალიელი მათემატიკოსის ჯ.კარდანოს ხერხი. მეოთხე ხარისხის განტოლებების ამოხსნისათვის ლ. ფერარის ხერხი. მეხუთე და მეტი ხარისხის განტოლებების ამოხსნა აბელ-რუფინის თეორიის მიხედვით არითმეტიკული ოპერაციებით და ფესვების ამოღებით შეუძლებელია. ასეთ შემთხვევებში მიზანშეწონილია ი.ნიუტონის მიერ შემუშავებული რიცხვითი მეთოდების გამოყენება.

## Abstract

For the economic development of the country, first of all, it is recommended to develop main types of transportation: railway, roads, maritime, aerial and pipeline means. In the perspective plan it is expected Georgian unified transport complex to carry over 300 million tons of burden per year. The temps and capacities of development of tourism and recreation activities in nearest 10 years will make it real to receive 10 million tourists a year the main means of service are roads and railway. Consequently the demand for modern safe and well-equipped road infrastructure will be increased: international road and railway highways and secondary roads networks providing local, tourist and transit passenger services through railways, stations, camping facilities, public food facilities and a wide range of fuel stations and so on.

Georgian transport infrastructure should carry such huge amount of transit cargo on its territory and at the same time to satisfy internal demand of passengers and cargoes. All the above mentioned forces us to carry out intensive research, to project transport infrastructure objects to develop rational and perfect construction and exploitation methods. They should provide all necessary safety, economical and ecological demands on transport.

Should be found economical possibilities, the development perspectives of economical and political processes should be assessed. With this should be started taking care of unified, complex development of transport infrastructure. Along with the above mentioned should be resolved many problematic issues regarding to the custom system, borders, defense, security and many others. One of the means of successful solution of the mentioned problem is to creating a high quality and long-range ground communication network with its relevant service elements.

In development of any type of mass transportation infrastructure major place takes the solution of land transport infrastructural problems.

In the thesis is made qualitative and quantitative comparison of problems in development of Georgian transportation infrastructure having technical and economical nature, is set perspective directions of infrastructure development and are given recommendations regarding to the salvation of problems.

The prospects for development of technical standards of Georgian road and railway infrastructure are taken into consideration with modern and perspective requirements of economy, safety and comfortable movement; The scientifically well-grounded recommendations have been developed regarding to road, narrow-gauge railroad and railways in Georgia for the recent future and prospects; A list of basic and alternative sources of financial support for construction and exploitation of transport infrastructure elements has been developed by quantitative evaluation of their capabilities; also have been developed specific directions of financial security for development of transport infrastructure and the mechanisms of management of economic processes in the form of appropriate mathematical model.



The types of typical sections of roads are defined with relevant qualitative and quantitative characteristics of natural landscapes of Georgia.

The classification of transport infrastructure elements has been developed on the basis of the risk of passenger and cargo movement in the pre-project stage. Specific objectives of development of Georgian road infrastructure are set by taken into consideration the priority of social, technical and economic factors.

The economic advantage of the narrow-gauge railroad network is defined for mountainous and high mountainous regions of Georgia in comparison to motor roads. The priority methods of rational tracing of roads are determined by taking into consideration the natural conditions of Georgia and the volume of the vehicle flows. The need to calculate the rolling stock, transport costs and ecological parameters in the pre-project, technical-economic comparison is determined by the modern methods used for mountainous terrain of Georgia. The list of specific advantages of the social and technical-economic nature expected from the development of the network of the narrow-gauge railway network has been developed. The technical class of narrow-gauge railways has been developed taking into account the natural conditions, social, technical and economic factors of Georgia. The main directions of financial support for the development of transport infrastructure have been determined, detailed information on the technical and economic factors determining the functioning of the transport process is selected by quantitative and qualitative characteristics and analytical images. The rational method of solving the transport process management equations has been developed.

The mathematical model enables the transport process to be optimized by the variable factors from the costs and the revenues; for example rational organization of cargo and passenger movement process, forming a park with efficient means of transportation.

For improvement of quantitative and qualitative transport infrastructure indicators are developed for the following recommendations: instead of use of foreign percentage loans for costs of infrastructure development usage of internal economic resources, increase of fiscal load funds of customers of communication and the Road Fund purposeful spending; Emission of securities; paid roads and reduce of costs of transportation of individual artificial structures by using highquality and economical auto park for the owners at the same time by selecting the appropriate level of fiscal loading.

The analysis of mathematical model of transport process management shows that the regularity of the controlled but non-regulating factors on the spending and revenues can be reflected by quite accurate the third or fourth degree polynomials of the variability in time.

For solution of the third degree equations is selected the method of Italian mathematician J. Kardano. For solving the fourth degree equations is selected the mean of L. Ferrari. The solution of fifth and more degree equations is not possible by the arithmetic operations and removing roots of the Abel-Rufin theory. In such cases it is advisable to use numerical methods developed by I. Nuton.

## შინაარსი

|   |    |
|---|----|
| შესავალი .....  | 17 |
| 1. ლიტერატურის მიმოხილვა .....  | 21 |
| 1.1 სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა და მისი ელემენტები.....   | 21 |
| 1.2 სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტების კლასიფიკაცია<br>დანიშნულების მიხედვით .....  | 23 |
| 1.3 საავტომობილო გზის ქსელი.....  | 26 |
| 1.3.1 საქართველოს საავტომობილო გზების ძირითადი ნორმატიულ<br>ტექნიკური პარამეტრები .....   | 26 |
| 1.3.2 საქართველოს საგზაო ქსელის რაოდენობრივი მახასიათებლები.  | 30 |
| 1.3.2.1 ქსელის საერთო მახასიათებლები.....   | 30 |
| 1.3.2.2 ხელოვნური ნაგებობები .....  | 32 |
| 1.3.2.3 უღელტეხილები .....  | 35 |
| 1.3.2.4 სასაზღვრო გამშვები პუნქტები .....   | 36 |
| 1.4 სარკინიგზო ქსელი .....  | 38 |
| 1.4.1. რკინიგზის როლი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში .....   | 38 |
| 1.4.2 ვიწროლიანდიანი რკინიგზების როლი მაღალმთიანი რეგიონების<br>სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში .....   | 43 |
| 1.4.3 ვიწროლიანდიანი რკინიგზების განვითარების ეტაპები.....  | 44 |
| 1.4.4 ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ტექნიკური პარამეტრები.....   | 51 |
| 2. კვლევის შედეგები და მათი განსჯა.....   | 55 |
| 2.1. ერთიანი სატრანსპორტო სისტემის ინფრასტრუქტურა .....   | 55 |
| 2.1.1. სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების<br>პერსპექტივები .....   | 55 |
| 2.1.2. სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტების ნორმატივების<br>სრულყოფა უსაფრთხოებისა და კომფორტის თანამედროვე<br>მოთხოვნათა გათვალისწინებით ..... | 57 |
| 2.2. საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის თვისობრივი<br>შეფასება.....   | 63 |
| 2.2.1. ტიპური მონაკვეთები საქართველოს ბუნებრივი<br>ლანდშაფტებისათვის .....  | 63 |
| 2.2.2 საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების<br>ამოცანები .....  | 67 |
| 2.3 ვიწროლიანდიანი რკინიგზა საქართველოს პირობებში .....   | 81 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.3.1 ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მოწყობის მიზანშეწონილობა საქართველოს მთიან პირობებში.....   | 81         |
| 2.3.2. საქართველოს ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისთვის ძირითადი ტექნიკური პარამეტრების შერჩევა ნორმატიული ბაზის შესამუშავებლად .....        | 88         |
| 2.3.2.1. ტექნიკური ნორმატივების შემუშავების აუცილებლობა .....  | 88         |
| 2.3.2.2. ვიწროლიანდიანი რკინიგზების დაყოფა ჯგუფებად .....  | 89         |
| 2.3.2.3. ძირითადი საპროექტო პარამეტრების შერჩევა.....  | 90         |
| 2.3.2.4. ლიანდაგის ზედა ნაშენის კონსტრუქციული ელემენტები .....   | 99         |
| 2.3.2.5. ნამველარი რელსების გამოყენების დასაბუთება მაქსიმალური ცვეთის მიღწევის პირობებში.....  | 102        |
| 2.3.3 ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მშენებლობის ეკონომიკური უპირატესობა მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზების მშენებლობასთან შედარებით ..... | 110        |
| 2.4 სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფინანსური უზრუნველყოფის მექანიზმი.....   | 118        |
| 2.4.1.სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფინანსური უზრუნველყოფა, როგორც სატრანსპორტო სისტემის ეკონომიკის ნაწილი.....                         | 118        |
| 2.4.2. სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ფაქტორების დიფერენცირება.....  | 121        |
| 2.4.3. სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ტექნიკური და ეკონომიკური ფაქტორები .....                                     | 125        |
| 2.4.4. ეკონომიკური ფაქტორების დიფერენცირება და ანალიტიკური გამოსახულებანი .....  | 129        |
| 2.4.5 სატრანსპორტო პროცესის მართვის მათემატიკური მოდელი.....   | 143        |
| 2.4.6 სატრანსპორტო პროცესების მართვის განტოლებათა ამოხსნა ....   | 149        |
| <b>3. დასკვნა.....</b>   | <b>157</b> |
| <b>გამოყენებული ლიტერატურა .....</b>   | <b>161</b> |

## ცხრილების ნუსხა

|         |   | გვ. |
|---------|---|-----|
| ცხრ. 1  | საერთო სარგებლობის საავტომობილო გზების ძირითადი პარამეტრები   | 24  |
| ცხრ. 2  | გვირაბები საქართველოს საავტომობილო გზებზე   | 30  |
| ცხრ. 3  | გალერეები საქართველოს საავტომობილო გზებზე   | 31  |
| ცხრ. 4  | უღელტეხილები საქართველოს საავტომობილო გზებზე  | 33  |
| ცხრ. 5  | სასაზღვრო გამშვები პუნქტები საქართველოს საავტომობილო გზებზე   | 34  |
| ცხრ. 6  | მსოფლიოს სახელმწიფოთა ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ლიანდის სიგანეები  | 49  |
| ცხრ. 7  | საქართველოს საავტომობილო გზებზე რეკომენდებული ახალი გვირაბები   | 68  |
| ცხრ. 8  | ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ჯგუფები საქართველოს პირობებისათვის   | 86  |
| ცხრ. 9  | სახელმძღვანელო ქანობების მიხედვით გრძივი პროფილის ელემენტების მინიმალური სიგრძეები ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის  | 88  |
| ცხრ. 10 | ქანობების დასაშვები უდიდესი ალგებრული სხვაობა და გამყოფი მოედნების უმცირესი სიგრძე ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის  | 89  |
| ცხრ. 11 | $k$ კოეფიციენტის მნიშვნელობები ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულებით   | 93  |
| ცხრ. 12 | $n$ სიდიდის მნიშვნელობა, მმ ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულებით  | 94  |
| ცხრ. 13 | $m$ კოეფიციენტის მნიშვნელობები ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულებით   | 95  |
| ცხრ. 14 | ლიანდაგის ზედა ნაშენის სიმძლავრე ლიანდაგების დანიშნულებისა და ჯგუფების მიხედვით 750მმ და 912მმ ლიანდის სიგანეებისათვის  | 96  |
| ცხრ. 15 | ლიანდაგის ზედა ნაშენის სიმძლავრე ლიანდაგების დანიშნულებისა და ჯგუფების მიხედვით 1000მმ და 1067მმ ლიანდის სიგანეებისათვის  | 96  |
| ცხრ. 16 | ინერციისა და წინალობის მომენტის მნიშვნელობები P50 ტიპის რელსისათვის   | 99  |
| ცხრ. 17 | სარელსო საფუძვლისა და რელსის სიხისტის ფარდობითი კოეფიციენტის მნიშვნელობები $k$ , მ <sup>-1</sup> , ხის შპალებზე და P50 ტიპის რელსზე დამოკიდებულებით   | 101 |
| ცხრ. 18 | ძაბვების მნიშვნელობები P50 ტიპის რელსის ფუძეში ( $\sigma_{რ.ფ.}$ მეგპა) ხის შპალების შემთხვევაში (მრუდში, როცა $R < 600$ მ, $U = 27$ მეგპა, სწორში და მრუდში, როცა $R \geq 600$ მ, $U = 25$ მეგპა), მრუდის რადიუსზე დამოკიდებულებით | 102 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| ცხრ. 19 | მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის სიგანე სწორ უბნებში ლიანდაგის ჯგუფებზე და გრუნტის სახეობაზე დამოკიდებულებით                | 104 |
| ცხრ. 20 | ბუნებრივი და ტექნოგენური ფაქტორების მნიშვნელობა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებაზე ზეგავლენის ხარისხის მიხედვით | 120 |
| ცხრ. 21 | სატრანსპორტო პროცესის განმსაზღვრელი ტექნიკური ფაქტორები და მათი დიფერენცირება რეგულირებისა და კონტროლის მიხედვით          | 123 |
| ცხრ. 22 | სატრანსპორტო პროცესის განმსაზღვრელი ეკონომიკური ფაქტორები   | 124 |
| ცხრ. 23 | გადაადგილებაზე მოქმედი ფაქტორების ბალანსი და ტრანსპორტის სახეობის შერჩევა   | 144 |

## ნახაზების ნუსხა

|        |   | გვ. |
|--------|---|-----|
| ნახ.1  | სატრანსპორტო საშუალებათა და მოძრაობის მონაწილეთა მომსახურების ნაგებობათა სტრუქტურა საავტომობილო გზებზე  | 19  |
| ნახ.2  | საქართველოს რკინიგზის სტრუქტურა   | 20  |
| ნახ.3  | თბილისის შემოვლითი რკინიგზის ტრასის სქემა   | 37  |
| ნახ.4  | საქართველოს რკინიგზაზე მატარებლების მოძრაობის საშუალო შეწონილი სიჩქარეები მოდერნიზაციის სამუშაოების ჩატარების შემდეგ (2013 -16 წლები)   | 38  |
| ნახ.5  | „კბილანიანი“ რკინიგზის ხაზი ალპებში.  | 41  |
| ნახ.6  | 3454 მ სიმაღლეზე განლაგებული სადგური „იუნგფრაუიოხი“   | 42  |
| ნახ.7  | „გორნეგრატბანი“-ს ბოლო სადგური „სასტუმრო კულმი“   | 42  |
| ნახ.8  | „ჰორიზონტალურ კბილანიანი“ რკინიგზის ხაზი „პილატუსბანი“  | 43  |
| ნახ.9  | სპირალური ვიადუკი „ბრუზიო“  | 44  |
| ნახ.10 | ექვსთაღიანი ვიადუკი „ლანდვასსერი“   | 45  |
| ნახ.11 | ხიდი მდინარე ცემისწყალზე  | 46  |
| ნახ.12 | ბორჯომ-ბაკურიანის ვიწროლიანი რკინიგზის ხედი   | 47  |
| ნახ.13 | სადგური ბაკურიანი (სურათი გადაღებულია 1912 წელს)  | 47  |
| ნახ.14 | მსოფლიო რკინიგზების გრადაცია ლიანდის სიგანის მიხედვით   | 48  |
| ნახ.15 | ვიწროლიანი რკინიგზების გრადაცია ლიანდის სიგანის მიხედვით  | 49  |
| ნახ.16 | სატრანსპორტო საშუალებათა და შესაბამისი კომუნიკაციათა ურთიერთშემოქმედების სქემა  | 52  |
| ნახ.17 | სამთო პირობებში საავტომობილო მაგისტრალის ცალკე ტრასირებისთვის შემოთავაზებული განივი პროფილები   | 66  |
| ნახ.18 | ჯუთა-მატილი-ომალო-ფშაველის საავტომობილო გზის სავარაუდო მიმართულება  | 69  |
| ნახ.19 | ვაზიანი-გომბორი-თელავის საუღელტეხილო მონაკვეთის ალტერნატივა ივრისა და თურდოს ხეობების უმოკლესი გზით დაკავშირება (გვირაბის ვარიანტი)   | 71  |
| ნახ.20 | ბაქო-წითელი ხიდი-გრიგოლეთის მონაკვეთის დუბლიორი ავტომაგისტრალი, საინგილოს, ივრის ხეობის, ქვემო ქართლის, ჯავახეთისა და მესხეთ-გურიის გავლით.                                       | 71  |
| ნახ.21 | საქართველოში ვიწროლიანი რკინიგზების ქსელის სავარაუდო მიმართულებები  | 83  |
| ნახ.22 | ლიანდის სიგანე მრუდის რადიუსზე დამოკიდებულებით: ა - 750მმ სიგანის ლიანდისათვის; ბ - 912მმ სიგანის ლიანდისათვის; გ - 1000მმ სიგანის ლიანდისათვის; დ - 1067მმ სიგანის ლიანდისათვის. | 90  |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| ნახ.23 | მრუდებში გარე რელსის შემალლების მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟზე ძალთა მოდების სქემა  | 92  |
| ნახ.24 | $k$ კოეფიციენტის ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულების გრაფიკი   | 93  |
| ნახ.25 | $P50$ ტიპის რელსის სქემა დაყვანილი ცვეთის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის  | 99  |
| ნახ.26 | ძაბვების მნიშვნელობები $P50$ ტიპის რელსის ფუძეში ( $\sigma_{რ.ფ.}$ მეგპა) ხის შპალების შემთხვევაში ( მრუდში, როცა $R < 600$ მ, $U = 27$ მეგპა, სწორში და მრუდში, როცა $R \geq 600$ მ, $U = 25$ მეგპა), მრუდის რადიუსზე დამოკიდებულებით. | 103 |
| ნახ.27 | ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის და მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მიწის ვაკისის (ჭრილის) მოწყობის სქემა  | 108 |
| ნახ.28 | ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის და მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მიწის ვაკისის (ნახევარჭრილის) მოწყობის სქემა   | 109 |
| ნახ.29 | ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის და მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მიწის ვაკისის მოწყობის სქემა.  | 110 |
| ნახ.30 | სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაფინანსებისა და მისი ეფექტური მუშაობის პირდაპირი და უკუკავშირების სქემა   | 116 |
| ნახ.31 | სატრანსპორტო პროცესის, როგორც რთულად ორგანიზებული სისტემის ფუნქციონირების სქემა - A, B, C ამოსავალი ფაქტორები და $A^1$ $B^1$ მიღებული პარამეტრები.  | 118 |
| ნახ.32 | სხვადასხვა ტიპის ფაქტორების სისტემის ფუნქციონირებასთან ურთიერთკავშირის გრაფიკული გამოსახვა  | 119 |
| ნახ.33 | ხარჯებისა და შემოსავლების მრუდებით აღწერილი სისტემის მდგომარეობა  | 141 |

## მადლობის გვერდი

პირველ რიგში, მინდა მადლობა გადავუხადო ჩემს აკადემიურ ხელმძღვანელებს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორებს, ნუგზარ რურუას და კონსტანტინე მჭედლიშვილს იმ პროფესიონალური რჩევებისთვის, შენიშვნებისთვის, კრიტიკული მოსაზრებებისთვის და ყურადღებისთვის, რომელიც მათ გამოიჩინეს დისერტაციაზე მუშაობის დროს.

განსაკუთრებული მადლობა მინდა გადავუხადო ანა კიკვაძეს იმ მხარდაჭერისთვის, საინტერესო რჩევებისა და ტექნიკური დახმარებისთვის, რომელიც მან გამოიჩინა მთელი ამ დროის განმავლობაში.



## შესავალი

*ნაშრომის აქტუალობა.* ცნობილია, რომ ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებისთვის უპირველეს ყოვლისა მიზანშეწონილია ტრანსპორტის ძირითადი სახეობების: სარკინიგზო, საავტომობილო, საზღვაო, საჰაერო და მილსადენების განვითარება. პერსპექტიულ გეგმაშია, რომ საქართველოს ერთიანმა სატრანსპორტო კომპლექსმა გაატაროს 300 მილიონამდე ტონა ტვირთი წელიწადში. ტურიზმისა და რეკრეაციული საქმიანობის განვითარების ტემპები და შესაძლებლობები უახლოეს 10 წელიწადში რეალურს გახდის საქართველოში 7-10 მლნ ტურისტის მიღებას წელიწადში, რომელთა მომსახურებაც ძირითადად ავტოტრანსპორტსა და რკინიგზაზე მოდის. შესაბამისად, გაიზრდება მოთხოვნა თანამედროვე უსაფრთხო და კეთილმოწყობილ საგზაო ინფრასტრუქტურაზე: რომელიც უზრუნველყოფს ადგილობრივი, ტურისტული და ტრანზიტული მგზავრთა ნაკადების მომსახურებას ვაგზლებით, სადგურებით, კემპინგებით, საზოგადოებრივი კვების ობიექტებითა და საწვავით გასამართი სადგურების ქსელით და ა.შ.

საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურამ უნდა შეძლოს ტრანზიტული ტვირთების ამ უდიდესი ნაკადის გატარება და იმავდროულად ქვეყნის შიდა მოთხოვნილების დაკმაყოფილება მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილებაზე. ყოველივე ზემოთქმული გვაიძულებს ინტენსიური კვლევა ვაწარმოოთ სატრანსპორტო დანიშნულების ინფრასტრუქტურული ობიექტების დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის რაციონალური და სრულყოფილი მეთოდების შესამუშავებლად. მათ უნდა უზრუნველყონ ტრანსპორტზე ნებისმიერი ინფრასტრუქტურული ობიექტისადმი წაყენებული აუცილებელი უსაფრთხოების, ეკონომიურობისა და ეკოლოგიურობის მოთხოვნათა დაკმაყოფილება.

უნდა მოინახოს ეკონომიკური შესაძლებლობები, მოხდეს ეკონომიკური და პოლიტიკური პროცესების განვითარების პერსპექტივების რეალური შეფასება და დაიწყოს ზრუნვა სატრანსპორტო

ინფრასტრუქტურის კომპლექსურ განვითარებაზე, პარალელურად უნდა გადაწყდეს საბაჟო სისტემის, საზღვრების დაცვის, თავდაცვის, უშიშროებისა და სხვა პრობლემური საკითხები, რომელთა წარმატებულად გადაჭრის ერთ-ერთი პირობაა მაღალხარისხოვანი და საკმაო სიდიდის სახმელეთო კომუნიკაციათა ქსელის შექმნა თავისი შესაბამისი სერვისული ელემენტებით.

ტრანსპორტის ყველა სახეობის ინფრასტრუქტურის განვითარებაში გადაწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება სახმელეთო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურულ პრობლემათა გადაჭრას. ჩვენი გამოკვლევა ეხება საავტომობილო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურის განვითარებას.

*კვლევის მიზანს წარმოადგენს* საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ტექნიკური და ეკონომიკური ხასიათის არსებულ პრობლემათა რაოდენობრივი და თვისობრივი შედარება, ინფრასტრუქტურის განვითარების პერსპექტიულ მიმართულებათა დასახვა და პრობლემათა გადაჭრის რეკომენდაციების შემუშავება.

*დასახული მიზნის მისაღწევად ნაშრომში გადაწყვეტილია შემდეგი ძირითადი ამოცანები:*

- შემუშავებულია საქართველოს ავტოსაგზაო და სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის ელემენტების ტექნიკური ნორმატივების განვითარების პერსპექტივები გადაადგილების ეკონომიურობის, უსაფრთხოებისა და კომფორტის თანამედროვე და პერსპექტიულ მოთხოვნათა გათვალისწინებით;
- შემუშავებულია რეკომენდაციები საქართველოში ავტოსაგზაო და ვიწროლიანდიანი რკინიგზების განვითარების შესახებ უახლეს მომავალსა და პერსპექტივაში;
- შემუშავებულია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტთა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ფინანსური უზრუნველყოფის ძირითადი და ალტერნატიული წყაროების ჩამონათვალი მათი შესაძლებლობათა რაოდენობრივი შედარებით;

- შემუშავებულია აგრეთვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფინანსური უზრუნველყოფის კონკრეტული მიმართულებები და ტრანსპორტზე ეკონომიკური პროცესების მართვის მექანიზმი შესაბამისი მათემატიკური მოდელის სახით.

**მეცნიერული სიახლე.** დადგენილია საავტომობილო გზების ტიპური მონაკვეთების სახეობები საქართველოს ბუნებრივი ლანდშაფტებისათვის შესაბამისი რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლებით.

შემუშავებულია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტების კლასიფიკაცია მგზავრობისა და ტვირთების გადაადგილების ხიფათიანობის მიხედვით წინასაპროექტო სტადიაზე. დასახულია საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების კონკრეტული ამოცანები სოციალური და ტექნიკურ-ეკონომიკური ფაქტორების პრიორიტეტულობის გათვალისწინებით.

დადგენილია ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ქსელის ეკონომიკური უპირატესობა საავტომობილო გზებთან შედარებით საქართველოს მთიანი და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის.

დადგენილია საავტომობილო გზების რაციონალური ტრასირების პრიორიტეტული მეთოდები საქართველოს ბუნებრივი პირობებისათვის და ავტომობილთა ნაკადების სიდიდის გათვალისწინებით. დადგენილია წინასაპროექტო, ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების ნაწილში მოძრავი შემადგენლობისა, სატრანსპორტო დანახარჯებისა და ეკოლოგიური პარამეტრების გაანგარიშების აუცილებლობა საქართველოს მთაგორიანი რელიეფისათვის მისადაგებული თანამედროვე მეთოდებით.

შემუშავებულია ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ქსელის განვითარების შედეგად მოსალოდნელი სოციალური და ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათის კონკრეტული უპირატესობათა ჩამონათვალი.

შემუშავებულია ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ტექნიკური კლასიფიკაცია საქართველოს ბუნებრივი პირობების, სოციალური და ტექნიკურ-ეკონომიკური ფაქტორების გათვალისწინებით.

დადგენილია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფინანსური უზრუნველყოფის ძირითადი მიმართულებები, შერჩეულია სატრანსპორტო პროცესის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ტექნიკური და ეკონომიკური ფაქტორების დეტალური ჩამონათვალი რაოდენობრივ-თვისობრივი მახასიათებლებით და ანალიზური გამოსახულებებით. შემუშავებულია სატრანსპორტო პროცესის მართვის განტოლებათა ამოხსნის რაციონალური ხერხები.

**კვლევის ობიექტს წარმოადგენს:** საქართველოში სახმელეთო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურა, კერძოდ საავტომობილო და სარკინიგზო კომუნიკაციების ქსელი, მათი ფუნქციონირებაზე მომქმედი ტექნიკური, ეკონომიკური, ბუნებრივ და სოციალურ-პოლიტიკური ფაქტორები.

**ნაშრომის აპრობაცია.** სადისერტაციო ნაშრომის შუალედური შედეგები მოხსენებულია სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სემინარებზე და კოლოქვიუმებზე, დისერტაციის წინასწარი დაცვა საგზაო დეპარტამენტის გაფართოებულ სხდომაზე (08 დეკემბერი 2017 წ.). სტუ-ს სტუდენტთა 83-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი, 2015 წლის 18 ივნისი; სტუ-ს სტუდენტთა 84-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი, 2016 წლის 17 ივნისი. სტუ-ს სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი, 2017 წლის 20 ივნისი

**პუბლიკაციები.** სადისერტაციო ნაშრომის თემატიკასთან დაკავშირებით რეფერირებულ ჟურნალებში გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო სტატია.

**ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა.** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, ლიტერატურის მიმოხილვის, შედეგებისა და მათი განსჯისა და დასკვნისაგან, რომელიც წარმოადგენილია 166 ნაბეჭდი გვერდის სახით. შეიცავს 23 ცხრილს, 33 ნახაზს, გამოყენებული ლიტერატურის 65 დასახელებას.

# 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

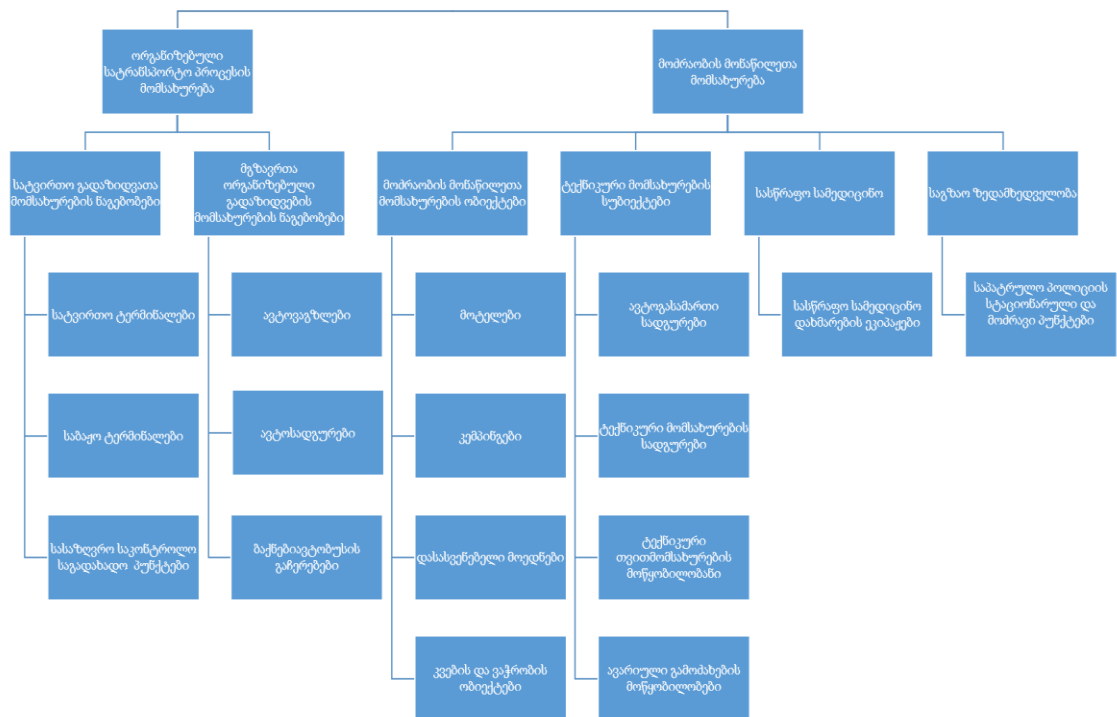
## 1.1 სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა და მისი ელემენტები

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა არის შენობა-ნაგებობათა კომპლექსი, რომელთა დანიშნულებაა მგზავრებისა და ტვირთის გადაადგილება სატრანსპორტო საშუალებებით უსაფრთხოების, ეკონომიურობის, ეკოლოგიური და კომფორტის მოთხოვნების სრული დაცვით. საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ავტოსაგზაო ნაწილი, მისი კლასიფიკაცია მოცემულია შრომებში [1,2,3,4]. ჩვენ განვიხილავთ სახმელეთო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურას მთლიანობაში, ხმელეთზე განლაგებული ძირითადი საავტომობილო და სარკინიგზო კომუნიკაციებით, რომლებიც განლაგებულია დედამიწის ზედაპირზე ან მის უშუალო სიახლოვეში, მცირე სიღრმეში, გარდა დიდი ჩაღრმავების, სატრანსპორტო გვირაბებისა. სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა შედგება უშუალოდ სატრანსპორტო დანიშნულების საგზაო ნაგებობებისა და სერვისული ობიექტებისაგან.

საგზაო ნაგებობის მთავარი ელემენტებია: მიწის ვაკისი - ჭრილები, ყრილები, ნახევარჭრილ-ნახევარყრილები; საგზაო სამოსი - საავტომობილო გზაზე ეს არის მრავალფენიანი კონსტრუქცია, რომელიც შედგება ფენილის, მზიდი და საფუძვლიანი ფენებისაგან; რკინიგზაზე - მიწის ვაკისზე მოწყობილი ბალასტის ფენა, ზედ განლაგებული რელსქვეშა საფუძვლით და რელსებით. ხელოვნური ნაგებობები - ხიდები, გვირაბები, მილები, საყრდენი კედლები და ა.შ; საავტომობილო გზაზეა მოწყობა-გაფორმების ელემენტები; საგზაო ნიშნები და მონიშვნა, უსაფრთხოების ბარიერები, საორიენტაციო ბოძქვინტები, განათების საშუალებები და სხვა[5,6,7].

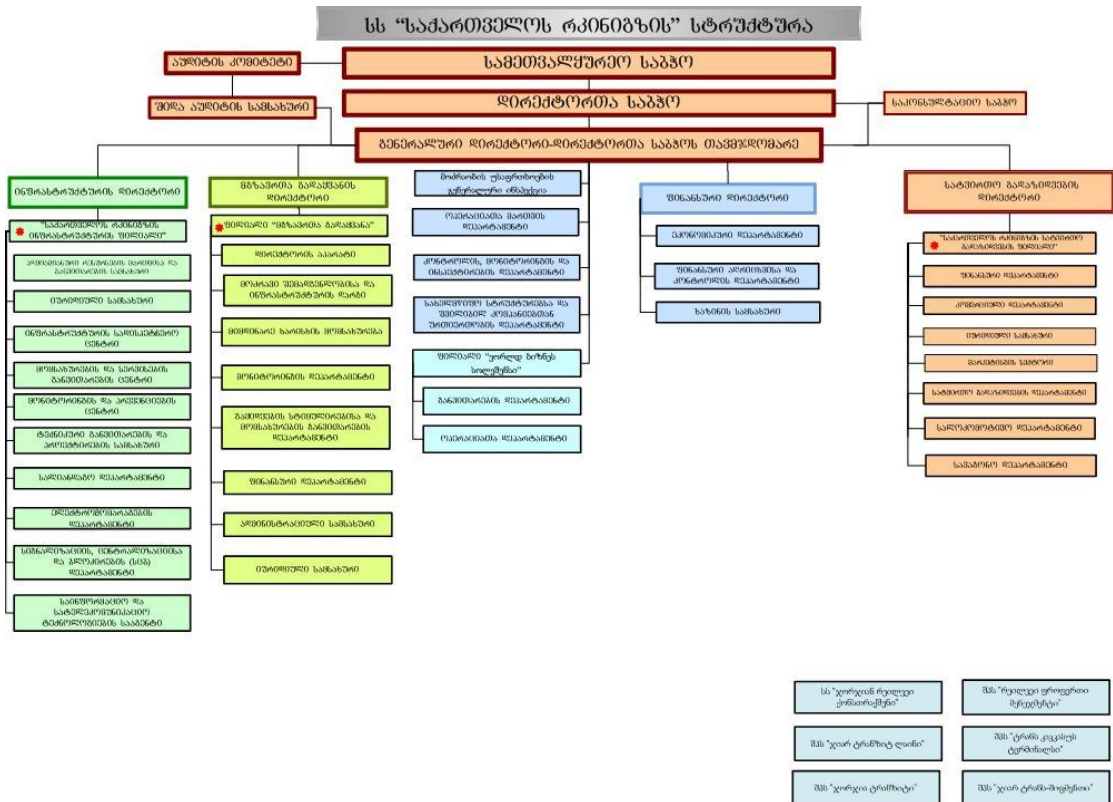
საავტომობილო გზებზე სერვისული ობიექტების სტრუქტურა ნაჩვენებია ნახ.1-ზე მოყვანილ სქემაზე. იგი შედგება შემდეგი მთავარი ნაწილებისაგან: სატრანსპორტო პროცესისა და მოძრაობის მონაწილეთა მომსახურების, საგზაო ზედამხედველობისა და სასწრაფო სამედიცინო,

სახანძრო და ტექნიკური დახმარების ობიექტებისგან. საავტომობილო გზებს აქვთ მომსახურების ობიექტების ძალზე ფართო სპექტრი ესენია: დასასვენებელი და სამზერი მოედნები, საწვავით გასამართი სადგურები, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაჩერებები, გზისპირა სავაჭრო და საზოგადოებრივი კვების ობიექტები, ავტოსადგურები, ავტოვაგზლები, მოტელები, კემპინგები და ა.შ. ყველა ესენი, საერთო სარგებლობის საგზაო ქსელის შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენს. ჩვეულებრივ ქსელს ფლობს სახელმწიფო, ხოლო სერვისული ობიექტების ნაწილის განსაღებელი ტერიტორია ხანგრძლივი იჯარით გადაეცემა მათ მფლობელებს, რომელთა კუთვნილი ობიექტებია საწვავით გასამართი სადგურები, გზისპირა სასტუმროები, სავაჭრო და კვების ობიექტები, ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების პუნქტები. ყველა სერვისული ობიექტის მფლობელს უნდა გააჩნდეს სახელმწიფოს მიერ გაცემული შესაბამისი სერთიფიკატი.



**ნახ.1. სატრანსპორტო საშუალებათა და მოძრაობის მონაწილეთა მომსახურების ნაგებობათა სტრუქტურა საავტომობილო გზებზე**

საქართველოს რკინიგზის მართვის სტრუქტურა ნაჩვენებია ნახ.2-ზე მოყვანილ სქემაზე.



ნახ.2. საქართველოს რკინიგზის სტრუქტურა

1.2 სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტების კლასიფიკაცია დანიშნულების მიხედვით

თანამედროვე სახმელეთო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურა შეიცავს საავტომობილო გზების და რკინიგზების გასხვისების ზოლში, ხოლო დასახლებულ პუნქტებში წითელი ხაზის ფარგლებში განლაგებულ საინჟინრო ნაგებობებს, რომლებიც უშუალოდ უზრუნველყოფენ მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილებას, აგრეთვე განლაგებულნი არიან მის გარეთ, მაგრამ უზრუნველყოფენ სატრანსპორტო საშუალებათა ფუნქციონირების მოძრაობის უსაფრთხოების, ეკონომიურობის, ეკოლოგიურობისა და კომფორტის მოთხოვნათა გათვალისწინებით [8,9,10].

გასხვისების ზოლის ფარგლებში განლაგებულია:

ა) - საგზაო ვაკისი და ხელოვნური ნაგებობები მოწყობისა და გაფორმების ელემენტებით;

ბ) - მოძრაობის მონაწილეთა მომსახურების ობიექტები: საავტომობილო და სარკინიგზო სადგურები, საწვავით გასამართი პუნქტები; დასასვენებელი მოედნები; სარემონტო და ტექნომსახურების სახელოსნოები; სასტუმროები, სავაჭრო, კვების და ა.შ. ობიექტები.

გ) - ზედამხედველობის, გადასახადების ასაკრეფი და მაკონტროლებელი ობიექტები: საპატრულო პოლიციის სტაციონარული პუნქტები; ფასიანი გზებისა და ცალკეული ობიექტების გავლაზე გადასახადის ასაკრეფი პუნქტები, სასაზღვრო და საბაჟო კონტროლის პუნქტები, საბაჟო და სასაზღვრო სატვირთო ტერმინალები. მილსადენებიდან და სარკინიგზო ცისტერნებიდან გემებზე გადასატვირთი ტერმინალები.

დ) - საავტომობილო და რკინიგზების ექსპლუატაციის, რემონტისა და მოვლა-შენახვის სამსახურის შენობა-ნაგებობები და საწარმოო ობიექტები.

გასხვისების ზოლის გარეთ განლაგებულია მგზავრთა და ტვირთნაკადების მომსახურების ობიექტები: საავტომობილო და რკინიგზის ვაგზლები, სატვირთო საწყობები და ტერმინალები; სატრანსპორტო საშუალებათა დგომის, შენახვის, დიაგნოსტიკის, პროფილაქტიკისა და რემონტის ობიექტები, გაზისებრი და თხევადი საწვავის რეზერვუარები.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ყველაზე მოხსენებული ელემენტი და ავტოსატრანსპორტო საშუალებები უნდა უზრუნველყოფდნენ მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილებას ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტების მოთხოვნათა შესაბამისად, სერტიფიცირებისა და ლიცენზირების წესების გათვალისწინებით. ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტები ითხოვენ, რომ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ყველა ელემენტის დაპროექტება, მშენებლობა, ექსპლუატაცია წარმოებდეს უსაფრთხოების, ეკონომიურობის, ეკოლოგიურობისა და კომფორტის მოთხოვნათა სრული დაკმაყოფილების პირობით.



სერტიფიცირება გულისხმობს, რომ მოძრაობის მონაწილეთა მომსახურების ყველა ობიექტს გააჩნდეს სერტიფიკატი ანუ დოკუმენტი, რომელიც აჩვენებს ობიექტის შესაბამისობას კანონებისა და ტექნიკური ნორმატივების მოთხოვნებისადმი. ლიცენზირება გულისხმობს უფლებათა მკაცრად განსაზღვრული რაოდენობის გაცემას გარკვეული სახის მომსახურების შესრულებაზე, მაგ: შხამიანი, ადვილად აალებადი, ფეთქებადსაშიში ნივთიერებების შენახვა, რეალიზაცია, გადაადგილება. საშუალო, დიდ ქალაქებსა და მეგაპოლისებში მგზავრთა გადაყვანა გარკვეული ტევადობის ავტობუსებით და ა.შ.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ყველა ელემენტი და მთელი მოძრავი შემადგენლობა უნდა პასუხობდეს ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტების მოთხოვნებს. ზოგიერთისათვის ფუნქციონირების უფლების მისანიჭებლად აუცილებელია მხოლოდ სერტიფიკატი. ზოგიერთისთვის - სერტიფიკატი და ლიცენზიაც. ლიცენზიის მისაღებად აუცილებელია სერტიფიკატის აღება, რის შემდეგ საკონკურსო საფუძველზე გაიცემა ლიცენზია, მკაცრად განსაზღვრული რაოდენობის ე.წ. კვოტის შესაბამისად.

სერტიფიცირებული ობიექტების მხოლოდ გარკვეული ნაწილი იღებს ლიცენზიას. ამ ობიექტების კვოტირება ანუ რაოდენობის შეზღუდვა გამოწვეულია იმით, რომ მათი ფუნქციონირება შეიცავს მომეტებულ საფრთხეს, შესაბამისად, მათი რაოდენობა უნდა იყოს იმდენი, რამდენიც საჭიროა ნორმატივების მოთხოვნების მიხედვით ფუნქციათა შესასრულებლად.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, მიზანშეწონილია შემუშავებულ იქნას სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტთა ახალი კლასიფიკაცია, რომელიც გაითვალისწინებს ტვირთებისა და მგზავრების უსაფრთხო, ეკონომიურ და კომფორტულ გადაადგილებაზე წაყენებულ თანამედროვე მოთხოვნებს.

## 1.3 საავტომობილო გზის ქსელი

### 1.3.1 საქართველოს საავტომობილო გზების ძირითადი ნორმატიულ ტექნიკური პარამეტრები

საქართველოში მრავალი წლის განმავლობაში ძალაში იყო ყოფილი სსრკ-ს აღიარებული ნორმატივები. მსოფლიოს მოწინავე, ეკონომიკურად განვითარებულ ქვეყნებში მიღებულია ძირითადი ტექნიკური პარამეტრების უფრო რთული ფორმით და ფართო შინაარსით გადმოცემა. საქართველოში შემოღებულია ანალოგიური ნორმატიული მასალები, რომლის პირველი რედაქცია [2] საერთაშორისოდ აღიარებული ფორმით და შესაბამისი კომენტარებით ქვემოთაა მოყვანილი.

საქართველოში საერთო სარგებლობის საავტომობილო გზები თავისი ტექნიკური პარამეტრებიდან გამომდინარე იყოფა სამი ტექნიკური კატეგორიის გზებად:

- I - ტექნიკური კატეგორია 4 და მეტზოლიანი სავალი ნაწილით;
- II - ტექნიკური კატეგორია ორზოლიანი სავალი ნაწილით;
- III - ტექნიკური კატეგორია ერთზოლიანი სავალი ნაწილით. მათ შორის:
  - I - ტექნიკური კატეგორია ორი ტიპისაა - I-A და I-B;
  - II - ტექნიკური კატეგორია ოთხი ტიპისაა - II-A, II-B, II-C და II-D;
  - III - ტექნიკური კატეგორია ორი ტიპისაა - III-A და III-B.

საერთო სარგებლობის საავტომობილო გზების ძირითადი პარამეტრები მოტანილია ცხრილში 1-ში.

საერთაშორისო მნიშვნელობის გზებისათვის განკუთვნილია I-A და I-B ტექნიკური კატეგორიის საავტომობილო გზები.

შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის გზებისათვის განკუთვნილია II-D, III-A და III-B ტექნიკური კატეგორიის გზები [11].

ავტომაგისტრალის დასაპროექტებლად განკუთვნილია I-A ტიპის ტექნიკური კატეგორია.

## საერთო სარგებლობის საავტომობილო გზების ძირითადი პარამეტრები

| პარამეტრების დასახელება                                |                      | საავტომობილო გზების მნიშვნელობა |      |                      |      |      |             |       |       |
|--|----------------------|---------------------------------|------|----------------------|------|------|-------------|-------|-------|
|  |                      | საერთაშორისო                    |      | შიდასახელმწიფოებრივი |      |      | ადგილობრივი |       |       |
| 1  |                      | 3                               | 4    | 5                    | 6    | 7    | 8           | 9     | 10    |
| ტექნიკური კატეგორია                                    |                      | I A                             | II A | I B                  | II B | II C | II D        | III A | III B |
| მინიჭებული ინდექსი (ემბლემა)                           |                      | Int 03                          |      | Nat 06               |      |      | Loc 100     |       |       |
| საანგარიშო სიჩქარე - კმ/სთ                             | ძირითადი             | 120                             | 100  | 100                  | 80   | 70   | 60          | 40    | 40    |
|  | შეზღუდულ პირობებში   | 100                             | 80   | 80                   | 70   | 60   | 50          | 30    | 15    |
|  | გამონაკ. შემთხვევაში | 80                              | 60   | 60                   | 50   | 40   | 30          | 20    | 10    |
| მოდრაობის ერთი ზოლის გამტარუნარიანობა მსბ. ავტ/დღეღამ  | პიკის პერიოდში       | 22000                           | 8000 | 19100                | 7000 | 6000 | 5000        | 3000  | 1000  |
|  | საშუალო წლიური       | 15000                           | 6000 | 14250                | 4000 | 3000 | 3000        | 1000  | 300   |
| მოდრაობის ზოლების რაოდენობა                            |                      | ≥4                              | 2    | 4                    | 2    | 2    | 2           | 1     | 1     |
| მოდრაობის ერთი ზოლის სიგანე, მ                         |                      | 3.75                            | 3.75 | 3.50                 | 3.50 | 3.25 | 3.00        | 4.5   | 3.5   |
| ხიდების უსაფრთხოების ზოლის სიგანე, მ                   |                      | 2.0                             | 2.0  | 1.5                  | 1.5  | 1.5  | 1.5         | 1.5   | -     |
| მოდრ. ერთი ზოლის პრაქ. მაქს. გამტარუნ. მსბ. ავტ/საათში |                      | 2000                            | 800  | 1900                 | 700  | 500  | 500         | 300   | 150   |
| გვერდულის სიგანე, მ                                    |                      | 3.75                            | 3.75 | 3.50                 | 3.0  | 2.0  | 2.0         | 2.0   | 1.50  |
| გვერდულის გამაგრების ზოლის მინ. სიგანე,მ               |                      | 3.0                             | 0.75 | 0.75                 | 0.50 | 0.50 | 0.50        | 0.50  | 1.0   |
| გამყოფი ზოლის მინიმალ სიგანე, მ                        | ძირითადი             | 6.0                             | -    | 5.0                  | -    | -    | -           | -     | -     |
|  | შეზღ. პირობებში      | 4.0                             | -    | 3.50                 | -    | -    | -           | -     | -     |
|  | გამონაკ. შემთხვევაში | 2.0                             | -    | 1.5                  | -    | -    | -           | -     | -     |
| გამყოფი ზოლის გამაგრების ზოლის მინ. სიგანე, მ          |                      | 1.0                             | -    | 0.75                 | -    | -    | -           | -     | -     |

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

| 1   |           | 3                    | 4     | 5     | 6     | 7    | 8    | 9    | 10  |     |
|---|-----------|----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|
| გრძივი პროფ. მაქსიმ ქანობი - %                    | სასურველი | 30                   | 30    | 40    | 40    | 50   | 50   | 50   | 60  |     |
|   | დასაშვები | ძირითადი             | 40    | 50    | 50    | 60   | 70   | 70   | 90  | 90  |
|   |           | შეზღვიპირობებში      | 50    | 60    | 60    | 80   | 90   | 90   | 110 | 120 |
|   |           | გამონაკ. შემთხვევაში | 60    | 70    | 70    | 90   | 100  | 110  | 120 | 150 |
| მოხვევის მინიმ. რადიუსი გეგმაში, მ                | სასურველი | 3000                 | 3000  | 3000  | 2000  | 1000 | 1000 | 500  | 125 |     |
|   | დასაშვები | ძირითადი             | 800   | 600   | 600   | 400  | 150  | 150  | 60  | 50  |
|   |           | შეზღვიპირობებში      | 600   | 400   | 400   | 250  | 125  | 125  | 30  | 20  |
|   |           | გამონაკ. შემთხვევაში | 250   | 125   | 250   | 60   | 60   | 50   | 25  | 8   |
| ამოზნეკილი მრუდის მინ. რადიუსი გრძივი პროფილში, მ | სასურველი | 70000                | 30000 | 50000 | 15000 | 7500 | 5000 | 1000 | 500 |     |
|   | დასაშვები | ძირითადი             | 30000 | 10000 | 30000 | 5000 | 5000 | 2500 | 600 | 300 |
|   |           | შეზღვიპირობებში      | 15000 | 5000  | 5000  | 2000 | 2000 | 1000 | 500 | 250 |
|   |           | გამონაკ. შემთხვევაში | 10000 | 3000  | 3000  | 2000 | 1000 | 800  | 500 | 100 |
|   | სასურველი | 800                  | 5000  | 5000  | 2000  | 2000 | 1000 | 500  | 250 |     |
|   | დასაშვები | ძირითადი             | 500   | 4000  | 400   | 1500 | 1000 | 600  | 300 | 150 |
|   |           | შეზღვიპირობებში      | 2500  | 2000  | 2000  | 1000 | 500  | 300  | 100 | 50  |
|   |           | გამონაკ. შემთხვევაში | 2000  | 1500  | 1500  | 800  | 400  | 200  | 100 | 25  |

ცხრილი 1 (გაგრძელება)

| 1                             |                      |                 | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8        | 9   | 10 |
|-------------------------------|----------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|----|
| მინიმალური მხედველობის არე, მ | გაჩერებისათვის       | სასურველი       | 450 | 450 | 450 | 400 | 300 | 200      | 100 | 50 |
|                               |                      | დასაშვები       | 250 | 200 | 200 | 100 | 100 | 100      | 55  | 30 |
|                               | შემზავების სტრუქტურა | გამონაკ. შემთხ. | -   | 100 | 100 | 80  | 70  | 50       | 30  | 10 |
|                               |                      | სასურველი       | -   | 600 | -   | 500 | 400 | 300      | 100 | 50 |
|                               |                      | დასაშვები       | -   | 450 | -   | 300 | 250 | 150      | 80  | 40 |
|                               |                      | გამონაკ. შემთხ. | -   | 250 | -   | 200 | 150 | 100      | 60  | 30 |
| მოდრაობის კომფორტულობის დონე  | სასურველი            | CF1-CF2         |     |     | CF2 |     |     | CF2, CF3 | -   |    |
|                               | დასაშვები            | CF3             |     |     |     |     |     |          | -   |    |

როგორც გამონაკლისი, საერთაშორისო მნიშვნელობა შეიძლება მიეკუთვნოს I-B და II-B ტიპის ტექნიკური კატეგორიის საავტომობილო გზას, სადაც ფაქტობრივად ხორციელდება საერთაშორისო მნიშვნელობის საავტომობილო გადაზიდვები. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელ პირობას წარმოადგენს: გზების მოძრაობის რეგულირების ტექნიკური საშუალებებით სათანადო აღჭურვა, ავტოტრანსპორტო საშუალებებისა და მგზავრთა მომსახურების ობიექტებით სათანადო უზრუნველყოფა, მოძრაობის უსაფრთხოების დაცვის ეფექტური ღონისძიებების განხორციელება.

საერთო სარგებლობის ახალი საავტომობილო გზებისათვის ტექნიკური კატეგორიის მინიჭება ხორციელდება მათი მშენებლობის პროექტების დამუშავების დროს, მოძრაობის ინტენსივობის მიხედვით. საპროექტო დოკუმენტაციის დამუშავებისას საანგარიშო მაქსიმალური ინტენსივობა იანგარიშება 10 წლის პერსპექტივით მშენებლობის დამთავრების შემდეგ.

მოდრაობის ფაქტობრივი ინტენსივობის გადაანგარიშება მსუბუქ ავტომობილზე ხორციელდება დაყვანის კოეფიციენტის გამოყენებით, რომელიც: 7 მეტრამდე სიგრძის ავტომობილისთვის - 1,0-ის, 7-15 მეტრის სიგრძის ავტომობილებისთვის - 2,0-ის, ხოლო 15 მეტრზე მეტი სიგრძის ავტომობილისთვის - 3,0-ის ტოლია.

გზებისთვის დამტკიცებული ჩამონათვალის თანახმად, მინიჭებული მნიშვნელობის აღმნიშვნელი ინდექსი, რომელიც არსებული წესის მიხედვით უნდა დაიდგას თითოეული გზის დასაწყისში. ციფრები 03, 06 და 100 პირობითად უჩვენებენ გზების ნომრებს.

### **1.3.2 საქართველოს საგზაო ქსელის რაოდენობრივი მახასიათებლები**

#### **1.3.2.1 ქსელის საერთო მახასიათებლები**

საქართველოს საგზაო ქსელი ყოფილ სსრკ-ს რესპუბლიკებს შორის საუკეთესო იყო რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლებით. მისი ყველა რაიონული ცენტრი მაგისტრალებს მაგარსაფარიანი გზებით უერთდებოდა და ქსელის განფენილობა შეადგენდა 280კმ-ს ტერიტორიის 1000 კვ.კმ-ზე. უკეთესი მაჩვენებელი მხოლოდ ესტონეთს ჰქონდა - 330კმ, ხოლო ჩვენს მომდევნო ქვეყანას, უკრაინას - 180კმ. ამჟამად, საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტამენტის მონაცემებით [12], ქვეყნის საგზაო ქსელის განფენილობა 1000 კვ.კმ-ზე შეადგენს 291,43კმ-ს (დროებით ოკუპირებული ტერიტორიების ჩათვლით) და ახლოსაა ევროპის ზოგიერთი ქვეყნის მაჩვენებლებთან (მაგ. უნგრეთი - 320კმ, პორტუგალია - 370კმ).

საქართველოს საგზაო ქსელი ამჟამად შედგება საერთაშორისო, შიდასახელმწიფოებრივი და ადგილობრივი დანიშნულების გზებისაგან. თავისი ტექნიკური პარამეტრებით ეს გზები დაყოფილია 8 კატეგორიად. პარამეტრებს შორის განმსაზღვრელია მოძრაობის პერსპექტიული საშუალო

დღიური ინტენსივობა დაყვანილი საანგარიშო მსუბუქ ავტომობილებზე. ტექნიკური პარამეტრები მოიცავენ აგრეთვე გზების სავალი ზოლების სიგანესა და რაოდენობას, გვერდულებისა და გამყოფი ზოლების სიგანეს, ტრასის ელემენტების ზღვრულ მახასიათებლებს და ა.შ. (იხ. ცხრილი 1).

საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტამენტის მონაცემებით, [12] საქართველოს საერთო სარგებლობის საგზაო ქსელის სიგრძე 2016 წლისათვის შეადგენდა დაახლოებით 20400კმ-ს. აქედან 1581კმ. საერთაშორისო დანიშნულებისაა, 3362კმ - შიდასახელმწიფოებრივი და 15480კმ - ადგილობრივი. საერთაშორისო დანიშნულების გზების 96% ცემენტბეტონის ან ასფალტბეტონისაა, ანუ მათ გაუმჯობესებული კაპიტალური ტიპის საგზაო ფენილი გააჩნიათ. შიდასახელმწიფოებრივ გზებზე ასეთი სამოსი აქვს დაახლოებით 70% -ს, ადგილობრივ გზებზე კი 30%-ს.

შიდასახელმწიფოებრივი გზების 25%-ს გააჩნია ბიტუმით დამუშავებული საგზაო ფენილი, 5% ღორღის ან ხრემისა. ადგილობრივი გზების 30% დაფარულია ბიტუმიზებული ფენილით, 35% თეთრი გზაა (ხრემი ან ღორღი), 5% - ყამიროვანი, მათ დატკეპნილი გრუნტის საფარი აქვთ. ქვემოთ მოტანილია საქართველოს საერთაშორისო მნიშვნელობის საავტომობილო გზების ჩამონათვალი. ფრჩხილებში ნაჩვენებია გზების სიგრძე გზების დეპარტამენტის ბალანსზეა, დანარჩენი კი მუნიციპალიტეტების ბალანსზე.

- ს1. თბილისი-სენაკი-ლესელიძე 552კმ (510);
- ს2. სენაკი-ფოთი-სარფი 121კმ (104);
- ს3. მცხეთა-ყაზბეგი-ლარსი 139კმ (139);
- ს4. თბილისი - წითელი ხიდი 57კმ (46) თბილისი 11კმ;
- ს5. თბილისი-ბაკურციხე-ლაგოდეხი-აზერბაიჯანის საზღვარი 160კმ (140) 20 თბილისი;
- ს6. თბილისი-მარნეული-გუგუთი (სომხეთის საზღვარი) 106კმ (94) თბილისი 12 კმ;

- ს7. მარნეული-სადახლო (სომხეთის საზღვარი) 34კმ (34);
- ს8. ხაშური-ვალე (თურქეთის საზღვარი) 103კმ (103);
- ს9. თბილისის შემოვლითი გზა 49 კმ (49);
- ს10. გორი -ცხინვალი-გუფთა-ჯავა-როკი 94კმ (80);
- ს11. ახალციხე-ნინოწმინდა (სომხეთის საზღვარი) 110კმ (110);
- ს12. სამტრედია-ლანჩხუთი-ურეკი 56კმ (56);

საერთო ჯამში მათი სიგრძე შეადგენს 1581კმ-ს, აქედან 107 ქალაქების, მუნიციპალიტეტების ბალანსზეა.

შიდასახელმწიფოებრივი გზები მოიცავს 73 დასახელებას. მათი საერთო სიგრძეა 3392,3კმ (3329,1), აქედან 63,2კმ მუნიციპალიტეტების ბალანსზეა [13,14,15].

### 1.3.2.2 ხელოვნური ნაგებობები

საქართველოს სავატომობილო გზებზე სულ 3600-მდე ხიდია, მათ შორის 600-მდე საერთაშორისოზე, 800-მდე შიდასახელმწიფოებრივზე, 2200 - ადგილობრივზე. აქედან 2800-მდე რკინაბეტონისაა, 625 ლითონის, 115 ქვის, 60 ხის. წყალგადამშვები მილების სრული უმრავლესობა 20000-ზე მეტი რკინაბეტონისაა, 1830-ლითონისა, 625-ქვის, 80-ხის. ეს უკანასკნელი მხოლოდ ადგილობრივ გზებზე გვხვდება გამონაკლისის სახით.

ხიდების უმრავლესობა ჭრილი, კოჭური სისტემისაა, მალის სიგრძით 15-30მ. შედარებით იშვიათია უჭრი, კოჭური სისტემები. გარკვეული ნაწილი თაღოვანია, შედარებით მცირეა კიდული და ვანტური სისტემისა. ხიდების გაბარიტი 7-11 მეტრს შეადგენს. თანამედროვე ხიდების ძირითადი ნაწილი შეესაბამება მოთხოვნას, გაბარიტი მოიცავდეს სავალი ზოლებისა და გვერდულების სიგანეს. საერთაშორისო და შიდასახელმწიფო დანიშნულების გზებზე არსებული ხიდების უმრავლესობა ამტანუნარიანობით შეესაბამება მუხლუხოვანი HF-60-ის და საბორბლე დატვირთვის HK-80-ის მოთხოვნებს, დანარჩენები HK-30-ს. უნდა აღინიშნოს, რომ ხიდების არანაკლებ 40% საჭიროებს კაპიტალურ რემონტს ან მთლიან განახლებას.



საქართველოს საგზაო ქსელში მთაგორიანი რელიეფის გამო საკმაოდ აა გვირახები. ყველაზე მეტი გვირახია თბილისი-სენაკი-ლესელიძის მაგისტრალზე - 5 გვირახი. 3 გვირახია მცხეთა-ყაზბეგი-ლარსის გზაზე. საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელზე არსებული სატრანსპორტო გვირახების რაოდენობაა 20 (ცხრილი 2). ისინი აგებულია XX საუკუნის 40-80-იან წლებში.

*ცხრილი 2.*

*გვირახები საქართველოს საავტომობილო გზებზე*

| #  | გზის დასახელება                 | კილომეტრაჟი | სიგრძე გრძ.მ | გაბარიტი, მ | შენიშვნა                                   |
|----|---------------------------------|-------------|--------------|-------------|--|
| 1  | თბილისი-სენაკი-ლესელიძე         | 141,58      | 1750,00      | 9,7         | რიკოთი                                     |
| 2  |                                 | 151,48      | 150,85       | 9,7         |  |
| 3  |                                 | 152,66      | 114,80       | 7,5         |  |
| 4  |                                 | 539,30      | 1256,00      | 7,5         |  |
| 5  |                                 | 540,10      | 863,20       | 8,7         |  |
| 6  | მცხეთა - სტეფანწმინდა - ლარსი   | 128,34      | 444,00       | 8,3         |  |
| 7  |                                 | 136,41      | 344,5        | 7,9         |  |
| 8  |                                 | 137,65      | 250,3        | 9,4         |  |
| 9  | გორი-ცხინვალი-ჯავა-როკი         | 100,0       | 3685,00      | 4,7         |  |
| 10 | ბზიფი-რიწა-ავადჰარა             | 20,35       | 263,0        | 4,6         |  |
| 11 |                                 | 20,96       | 119,3        | 9,7         |  |
| 12 | მაჭარა-სამხრეთი თავშესაფარი     | 38,86       | 420,0        | 9,7         |  |
| 13 |                                 | 38,86       | 113,0        | 7           |  |
| 14 | ალპანა-ცაგერი                   | 3,27        | 115,0        | 5,5         |  |
| 15 | ზუგდიდი - ჯვარი-მესტია-ლახადილი | 74,3        | 50           | 5,5         | დაიფარება წყლით ხუდონჰესის აშენების შემდეგ |
| 16 |                                 | 75,0        | 45           | 8,5         |  |
| 17 |                                 | 78,0        | 167          | 8,5         |  |
| 18 |                                 | 89,0        | 260          | 260         |  |
| 19 | სენაკი-ფოთი-სარფი               | 89,3        | 657,3        | 8,5         |  |
| 20 | ნატახტარი-ხაშური                | 87,77       | 800/850      | 8,5         |  |

მთაგორიან რელიეფში გაყვანილ გზებზე ხშირად გვხვდება გალერეები, რომელთა დანიშნულებაა დაიცვას მოძრავი შემადგენლობა და მგზავრები ფერდობებიდან ჩამონაშალი ქვისა და თოვლის ზვავისაგან. საქართველოში არსებული თანამედროვე გალერეების უმავლესობა რკინაბეტონისაა, ძირითადად ანაკრები კონსტრუქციებია, გასული საუკუნის 60-იან წლებამდე აშენებული კი ქვისა და მონოლითური ბეტონის. უნდა აღინიშნოს, რომ გალერეები დიდ როლს თამაშობენ უსაფრთხო და შეუფერხებელი მიმოსვლის უზრუნველყოფაში განსაკუთრებით გვიანი შემოდგომის და ადრეული გაზაფხულის პერიოდში. ქვემოთ მოყვანილ ცხრილ 3-ში მოცემულია მათი ადგილმდებარეობა და ძირითადი პარამეტრები.

**ცხრილი 3.**

**გალერეები საქართველოს საავტომობილო გზებზე**

| N  | გზის დასახელება                        | კილომეტრაჟი | სიგრძე გრმ. მეტრი | გაბარიტი, მ |
|----|--|-------------|-------------------|-------------|
| 1  | მცხეთა - სტეფანწმინდა - ლარსი          | 93,46       | 679,0             | 7,3         |
| 2  |  | 101,61      | 280,0             | 9,4         |
| 3  |  | 102,13      | 466,0             | 7,3         |
| 4  |  | 102,78      | 257,0             | 7,1         |
| 5  |  | 103,14      | 462,0             | 8           |
| 6  |  | 103,96      | 174,0             | 7,1         |
| 7  | გორი-ცხინვალი-ჯავა-როკი                | 98,84       | 280,0             | 9,4         |
| 8  |  | 99,26       | 300,0             | 9,4         |
| 9  | ბზიფი-რიწა-ავადჰარა                    | 15,95       | 120,5             | 8,5         |
| 10 |  | 21,19       | 14,1              | 5,1         |
| 11 |  | 25,27       | 187,0             | 8,6         |
| 12 | ქუთაისი-ალპანა - მამი-სონის უღელტეხილი | 131,39      | 66,5              | 7,1         |

გარდა ზემოთ დასახელებული ნაგებობებისა საქართველოს გზებზე მრავლადაა სხვა ტიპის რთული საინჟინრო ხელოვნური ნაგებობები დამახასიათებელი მთაგორიანი რელიეფისათვის. ასეთებია აივნები, რომლებიც ციცაბო კლდოვან ფერდობზე საგზაო ვაკისის საკმაო სიგანეს უზრუნველყოფენ დამატებითი კლდოვანი სამუშაოების ჩატარების გარეშე. მათ შორისაა ქუთაისი-ალპანას მონაკვეთზე რიონის ხეობაში მოწყობილი აივნები, აგებული რკინაბეტონის მონოლითურ საყრდენებზე დაწყობილი

რკინაბეტონის კოჭებით. ანალოგიური კონსტრუქციის აივნებია ყაზბეგი-ლარსის მონაკვეთზე.

გვხვდება აგრეთვე ღვარცოფსაშიში ე.წ. „სელედუკები“, რომლებიც ქვატალახის მასისაგან იცავენ საგზაო ვაკის მისი გზის ზემოდან გადატარებით. ასეთი სელედუკებია არაგვის ხეობაში, ფასანაური-მლეთის მონაკვეთზე და მტკვრის ხეობაში ბორჯომის მახლობლად. ისინი უზრუნველყოფენ თავსხმა წვიმების შედეგად ადიდებული მშრალი ხევების უხიფათოდ გადალახვას.

### 1.3.2.3 უღელტეხილები

საქართველოს საგზაო ქსელისათვის დამახასიათებელია უღელტეხილები, რომელთა არსებობა გამოწვეულია ქვეყნის ტერიტორიის დამანაწევრებელი ქედების გადალახვის აუცილებლობით. უნდა აღვნიშნოთ, რომ კავკასიონზე მუდმივი თოვლის გავრცელების ნიშნული შეადგენს 3200-3320 მეტრს ზღვის დონიდან.

ამიტომაც საქართველოში უღელტეხილების ნიშნული არსად აჭარბებს 3000 მ სიმაღლეს, დედამიწის სხვადასხვა ნაწილში მდებარე მთიან ადგილებში მუდმივი თოვლის გავრცელების ნიშნული სხვადასხვაა. მაგ. ალპებში იგი შეადგენს 2000-3000 მ-ს, კორდილიერებსა და ჰიმალაიზე კი 5000-6000 მ-ს. ალპებში მუდმივი თოვლის დაბალი საზღვრის გამო დიდია მნიშვნელოვანი სიგრძის გვირაბების რაოდენობა, რომელთა პორტალის ნიშნული ნაკლებია 1500 მეტრზე. პამირზე კი მოქმედებს მსოფლიოში უმაღლესი აკვაიტალის უღელტეხილი 4655მ სიმაღლეზე, რომელიც აერთებს ფერგანის ველისა და მთიანი ბადშახანის ქალაქებს ოშოსა და ხორგს[16].

საქართველოს გზებზე მოქმედი უღელტეხილებიდან ყველაზე მაღალია ე.წ. „აბანო“ სიმაღლით 2926 მ, დაბალი კი „რიკოთი“ -999 მ (რიკოთის გვირაბის ალტერნატივა). ურთულეს რელიეფისა და გეოლოგიურ, კლიმატურ პირობებში გაყვანილ გზებზე მდებარეობენ: როკი2995მ,

მამისონი - 2820მ, ხიდა-2833მ, ქლუხორი - 2781მ. აქედან როკი და ქლუხორი რამდენიმე ათეული წელია აღარ მოქმედებენ, მამისონმა და ხიდამ 2008 წლის შემდეგ დროებით შეწყვიტეს ფუნქციონირება.

**ცხრილი 4.**

**ულელტებილები საქართველოს საავტომობილო გზებზე**

| #  | დასახელება   | სიმაღლე ზღვის დონიდან, მ | მოქმედების პერიოდი, თვე | გზის მონაკვეთი          | შენიშვნა                  |
|----|--------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1  | ჯვარი        | 2379                     | V – XI                  | ნატახტარი-ლარსი         |                           |
| 2  | აბანო        | 2926                     | V – X                   | ფშაველი-ომალო           |                           |
| 3  | დათვის ჯვარი | 2776                     | VI – X                  | ბარისახო-შატილი         |                           |
| 4  | როკი         | 2995                     | V – X                   | ჯავა-როკი (ჩრდ.ოსეთი)   | აღარ მოქმედებს            |
| 5  | მამისონი     | 2820                     | VI – X                  | ონი-ალაგირი (ჩრდ.ოსეთი) |                           |
| 6  | ქლუხორი      | 2781                     | VII – X                 | სოხუმი-თებერდა          | აღარ მოქმედებს            |
| 7  | ზაგარი       | 2642                     | VI – X                  | ლენტები-მესტია          |                           |
| 8  | ხიდა         | 2833                     | VII – X                 | ხაიში-საკენი            | მოდრაობა დროებით შეჩერებ. |
| 9  | რიკოთი       | 999                      | 1 – XII                 | ხაშური - ზესტაფონი      |                           |
| 10 | ზეკარი       | 2182                     | VI – X                  | ბაღდათი - აბასთუმანი    |                           |
| 11 | ცხრაწყარო    | 2494                     | V – XI                  | ბაკურიანი - ახალქალაქი  |                           |
| 12 | ბეშუმი       | 2035                     | V- X                    | ადიგენი- შუახევი        |                           |
| 13 | გომბორი      | 1620                     | I – XII                 | თბილისი - თელავი        |                           |
| 14 | ნაქერალა     | 1218                     | I - XII                 | ქუთაისი- ამბროლაური     |                           |

**1.3.2.4 სასაზღვრო გამშვები პუნქტები**

საქართველოში, დამოუკიდებლობის აღდგენამდე, 1991 წლამდე მოქმედებდა მხოლოდ 2 სასაზღვრო-გამშვები პუნქტი: სარფი, რომელიც

მოსახლეობის გადაადგილებისთვის პრაქტიკულად ჩაკეტილი იყო და აწყური. ამ უკანასკნელის არსებობა გამოწვეული იყო იმით, რომ ახალციხის რაიონში მისი ტერიტორიის გარეთ მცხოვრებთათვის აუცილებელი იყო საშვებით შესვლა, რომელსაც იძლეოდა სსრკ-ს სახელმწიფო უშიშროების კომიტეტის ადგილობრივი განყოფილება.

სსრკ-ს დაშლის შემდეგ მდგომარეობა შეიცვალა. სომხეთთან, რუსეთთან და აზერბაიჯანთან არსებულმა ადმინისტრაციულმა საზღვრებმა მიიღეს სახელმწიფოთაშორისი საზღვრის სტატუსი. შესაბამისად, მოეწყო სახმელეთო კომუნიკაციებით მათი კვეთის ადგილები, როგორც სასაზღვრო გამშვები პუნქტები, სადაც ხდება მგზავრებისა და ტვირთების შემოწმება.

**ცხრილი 5.**

**სასაზღვრო გამშვები პუნქტები საქართველოს საავტომობილო გზებზე**

| N | პუნქტის დასახელება | რომელ ქვეყანასთან | გზის ან მონაკვეთის დასახელება | შენიშვნა               |
|---|--------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1 | ლარსი              | რუსეთი            | თბილისი-ვლადიკავკაზი          |                        |
| 2 | წითელი ხიდი        | აზერბაიჯანი       | თბილისი - ბაქო                |                        |
| 3 | გუგუთი             | სომხეთი           | თბილისი - ერევანი             |                        |
| 4 | ვალე               | თურქეთი           | ახალციხე - არტანი             |                        |
| 5 | სარფი              | თურქეთი           | ბათუმი - ტრაპიზონი            |                        |
| 6 | კარწახი            | თურქეთი           | ახალქალაქი - ყარსი            | შენიშვნა               |
| 7 | როკი               | რუსეთი            | ჯავა - ალაგირი                | დროებით არ კონტროლდება |
| 8 | ფსოუ               | რუსეთი            | სოხუმი - სოჭი                 | დროებით არ კონტროლდება |

ამჟამად საქართველოს სახელმწიფო საზღვრის პერიმეტრზე არსებობს 8 სასაზღვრო გამშვები პუნქტი, რომელთაგან ფსოუ და როკი დროებით საქართველოს იურისდიქციის მიღმაა და არ კონტროლირდება

საქართველოს ხელისუფლების მიერ. ლარსის პუნქტი - დროებით იყო ცალმხრივად, რუსეთის ინიციატივით 2008 წლიდან (2013 წლიდან იგი გაიხსნა), დანარჩენ პუნქტებზე თურქეთის, აზერბაიჯანისა და სომხეთის მიმართულებით ხდება უვიზო გადაადგილება. საჭიროა მხოლოდ პიროვნების დამადასტურებელი საბუთისა და საბაჟო დოკუმენტების წარდგენა თუ ტვირთს სასაქონლო სახე და რაოდენობა აქვს. ყველა სასაზღვრო გამშვები პუნქტი სათანადოდაა კეთილმოწყობილი და შექმნილია პირობები, რის შედეგადაც ობიექტური ფაქტორები არ აფერხებენ სატრანსპორტო ნაკადებს (ცხრილი 5).

## 1.4 სარკინიგზო ქსელი

### 1.4.1. რკინიგზის როლი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში

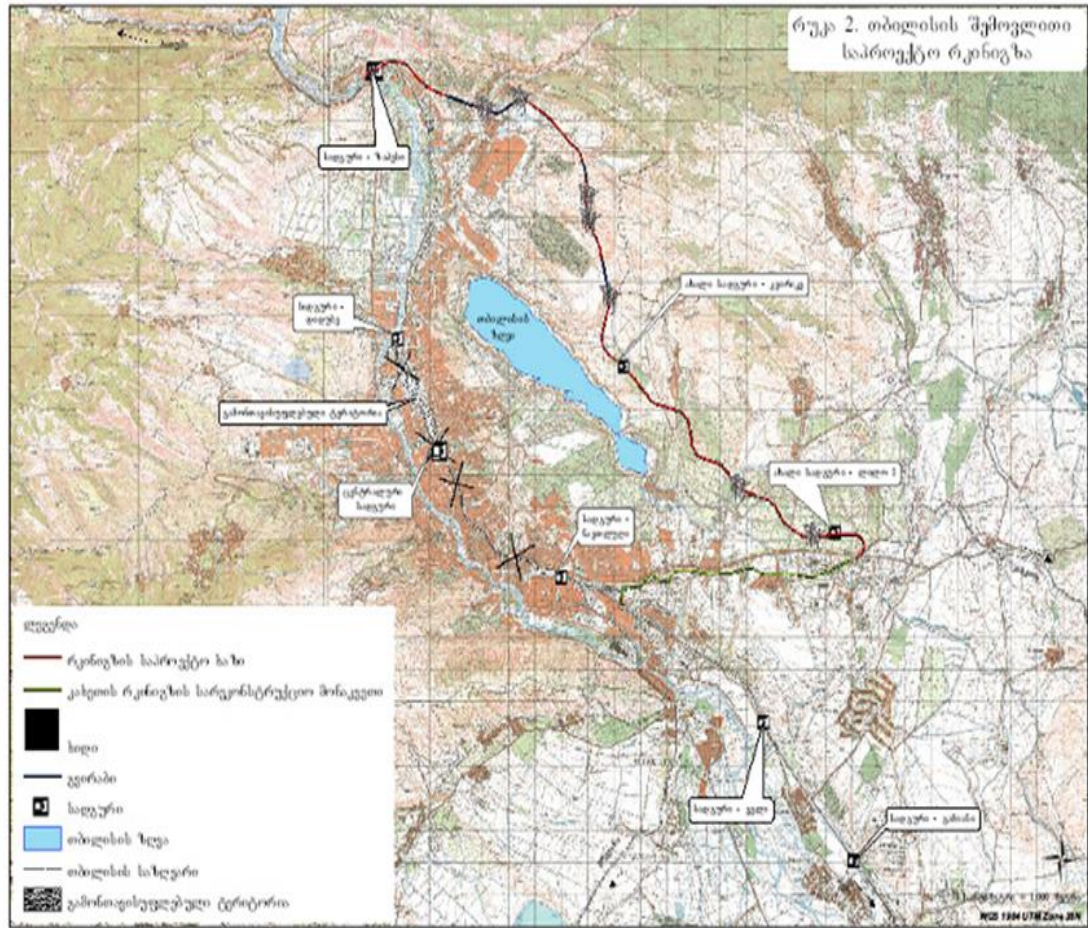
საქართველოს განვითარების ამოცანები მოითხოვს ქვეყნის პოტენციალის შესაძლებლობის მაქსიმუმის გამოყენებას. ტრანსპორტი კი ეროვნული ეკონომიკის ერთ-ერთი ძირითადი ნაწილია. იგი უშუალოდ მონაწილეობს პროდუქტის შექმნის ყველა სტადიაზე, აჩქარებს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ტემპს, მოსახლეობის შრომით დასაქმებას. სატრანსპორტო სისტემაში განსაკუთრებული როლი რკინიგზის ტრანსპორტს უკავია.

საბაზრო ურთიერთობების დამკვიდრებით საქართველოს რკინიგზის წინაშე დადგა მნიშვნელოვანი და პრაქტიკული ხასიათის ამოცანები, რომელთაგან განსაკუთრებულია მთავარი სარკინიგზო მაგისტრალის გადაზიდვითი სიმძლავრის გაზრდა, იმისათვის, რომ შეუფერხებლად

უზრუნველვეყოთ მზარდი სატრანზიტო და ადგილობრივი ტვირთნაკადების სრულად და ეფექტურად ათვისება. აღნიშნული ტვირთნაკადების ზრდა უკავშირდება საზღვარგარეთის ქვეყნების სატრანსპორტო ტვირთის რაოდენობის პროგრესულად მატებას და ქვეყნის შიგნით წარმოება-დაწესებულებათა ამოქმედებას და სოფლის მეურნეობის პროდუქციის ინტენსიფიკაციას. გადაზიდვითი პროცესის შესრულების დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს გადაზიდვის ხარისხიანობას, ოპერატიულობას მუშაობაში, რიტმულობის ამაღლებას, ტვირთის დანიშნულების ადგილამდე მიტანის დროის შემცირებას, ტვირთმფლობელთათვის მომსახურების ახლებური ფორმების შეთავაზებას, საექსპლუატაციო ხარჯების ეკონომიას, გადაზიდვის თვითღირებულების შემცირებას.

ვინაიდან საქართველო მნიშვნელოვანი ხიდია ევროპასა და აზიას შორის, რკინიგზას უწევს მნიშვნელოვანი კომპლექსური პრობლემების გადაჭრა, რომელთა შორისაც არის: სატრანზიტო ტვირთნაკადების მოზიდვა და თვითგადაზიდვის მკვეთრად გაფართოება; გადაზიდვითი პროცესის ორგანიზება და ტექნიკურ-ტექნოლოგიური უზრუნველყოფა; ტვირთის დაცულობა ტრანსპორტირებისას და მიტანის ვადების განუხრელად დაცვა; მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა; მაღალი სამარშრუტო სიჩქარის მიღწევა. ზემოჩამოთვლილი პრობლემების გადასაჭრელად საქართველოს რკინიგზა აუცილებლად საჭიროებს ძირეულ რეკონსტრუქციას და ტექნიკურ აღჭურვილობათა გაძლიერებას, რაც გულისხმობს დიდი ტვირთამწეობის მქონე ვაგონების და მძლავრი გამწევი საშუალებების (ლოკომოტივების) გამოყენებას, ლიანდაგისა და სალიანდაგო მეურნეობის გაძლიერებას და გაჯანსაღებას, ავტობლოკირებისა და დისპეტჩერული ცენტრალიზაციის მოწყობილობათა სრულყოფას, მართვის ავტომატიზირებული სისტემების ფართოდ დანერგვას, რაც ხელს შეუწყობს რკინიგზაზე შრომის ნაყოფიერების ამაღლებას, სათბობ-ენერგეტიკული და

სხვა რესურსების ეკონომიურ გამოყენებას, გადაზიდვის თვითღირებულების მნიშვნელოვან შემცირებას და სხვ.



ნახ.3. თბილისის შემოვლითი რკინიგზის ტრასის სქემა

ვინაიდან, საქართველო წარმოადგენს ევროპასა და აზიას შორის დამაკავშირებელი კორიდორის უმნიშვნელოვანეს დამაკავშირებელ რგოლს, სადაც მოსალოდნელია ტვირთნაკადების მნიშვნელოვანი ზრდა, აუცილებელი მოთხოვნა ხდება სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის განვითარება მათ შორის თბილისის შემოვლითი რკინიგზის მშენებლობა (ნახ.3), რისი სწორად განხორციელებაც საშუალებას იძლევა განთავისუფლდეს დედაქალაქი სატრანზიტო სარკინიგზო მოძრაობისაგან, დაჩქარდეს ტვირთბრუნვა და ა.შ. ამ ერთიან კონტექსტში უმნიშვნელოვანესი როლი ენიჭება “ბაქო-თბილისი-ახალქალაქი-ყარსი” სარკინიგზო



მაგისტრალის “ახალქალაქი-ყარსი”-ს მონაკვეთის მშენებლობის დასრულებას, რომელიც კორიდორში ითვლება ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს რგოლად.

საქართველოს რკინიგზაზე ბოლო წლებში აქტუალური გახდა მატარებლების მოძრაობის სიჩქარეების გაზრდა. თბილისი-ბათუმის მიმართულებაზე მიმდინარეობს რკინიგზის მოდერნიზაცია -”სწრაფი რკინიგზა”-ს პროექტით. სიჩქარის გაზრდის მიზნით მიმდინარეობს სადგურების რეკონსტრუქცია და სიჩქარეები 60კმ/სთ-დან გაიზარდა 100 კმ/სთ-მდე.

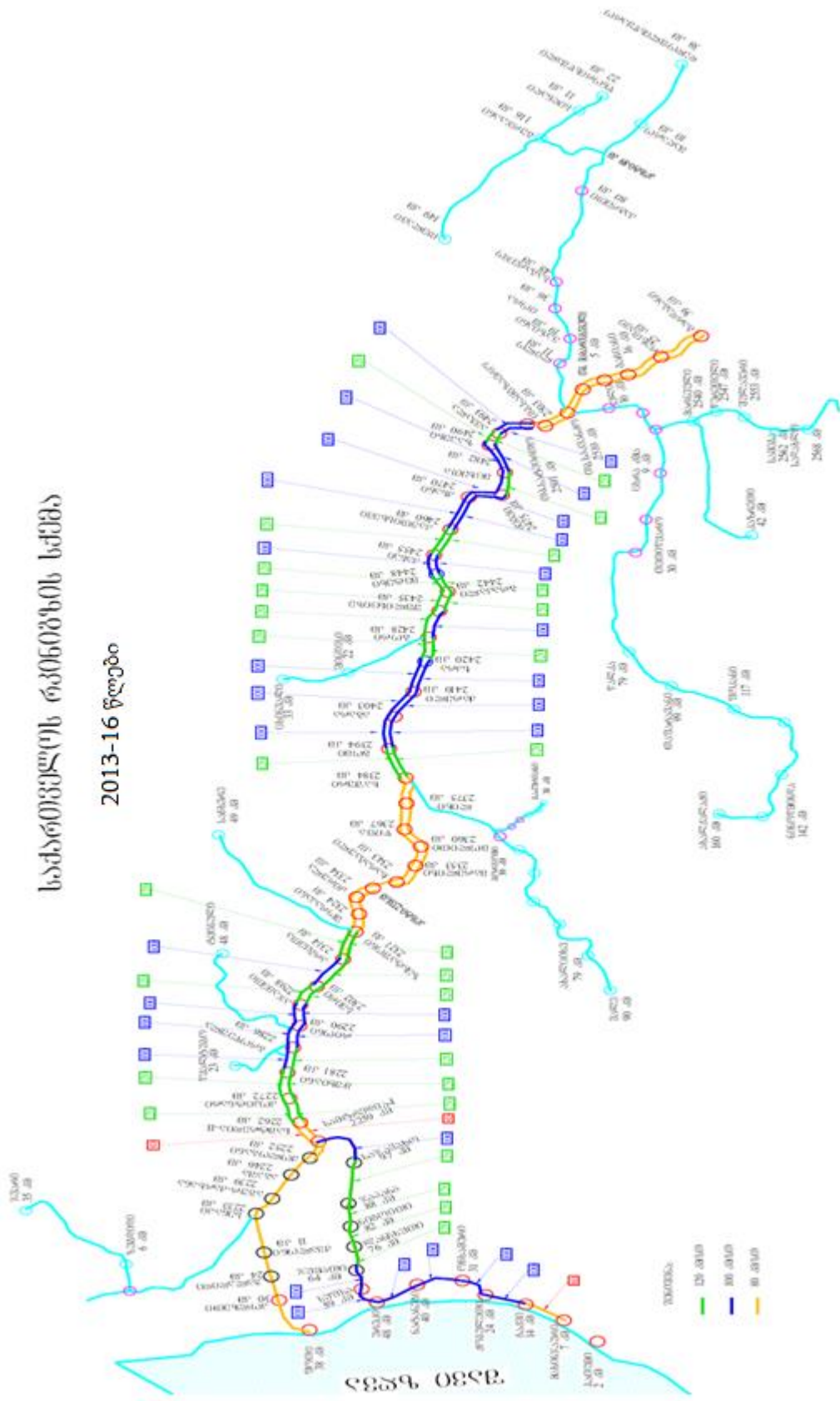
აღნიშნული პროექტის ფარგლებში კაპიტალურად უკვე შეკეთდა 180კმ ლიანდაგი. 30 მცირერადიუსიან მრუდში რადიუსი გაიზარდა 750 მეტრამდე. 24 სადგურში გადაკეთდა საისრო ყელი. ამჟამად მიმდინარეობს სამუშაოები 135 მცირერადიუსიანი მრუდის გასასწორებლად და 46კმ ლიანდაგის შესაკეთებლად, 630მ გვირაბის, 96მ ხიდის ასაშენებლად.

ნახ.4-ზე მოცემულია საქართველოს რკინიგზაზე გადასარბენების მიხედვით მატარებლების მოძრაობის საშუალო შეწონილი სიჩქარეები უკვე განხორციელებული სამუშაოების ჩატარების შემდეგ (2013-16 წლები) [17].

საქართველოში ნაკლები ყურადღება ექცევა ვიწროლიანი რკინიგზების განვითარებს, მით უმეტეს რომ საქართველოში დიდი პოპულარობით სარგებლობს ბორჯომი-ბაკურიანის ვიწროლიანი რკინიგზა.

საქართველოს რკინიგზის სქემა

2013-16 წლები



ნახ. 4. საქართველოს რკინიგზაზე მატარებლების მოძრაობის საშუალო შეწონილი სიჩქარეები მოდერნიზაციის  
საჩიშაობის ჩაატარების შიშიო (2013 - 16 წოიი)

#### 1.4.2 ვიწროლიანდიანი რკინიგზების როლი მაღალმთიანი რეგიონების სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში

ეკონომიკის განვითარების განსაკუთრებით დიდი პოტენციალი გააჩნიათ საქართველოს მაღალმთიან რეგიონებს, რომელიც საბჭოთა კავშირის პერიოდში პრაქტიკულად გამოუყენებელი რჩებოდა. მეცხრამეტე საუკუნის ბოლოს და მეოცე საუკუნის დასაწყისში ევროპისა და სამხრეთ ამერიკის რიგ ქვეყნებში, იაპონიასა და სამხრეთ აფრიკაში რთული რელიეფის მქონე და მაღალმთიანი რაიონების განვითარებას განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევდნენ. საქართველოს სსრ ხელისუფლება კი მეოცე საუკუნის 30-იან წლების ბოლოდან ინტენსიურად აცარიელებდა მთიან ტერიტორიას და ბარში გადმოყავდა მოსახლეობა [18].

ამჟამად მეტად აქტუალურია და რეალურია პერსპექტივა, რომ საქართველოს მთიან რეგიონებში შეიქმნას მრავალი სამუშაო ადგილი და განვითარდეს ისეთი მნიშვნელოვანი დარგები, როგორცაა: მასობრივი ტურიზმის, სპორტის სამთო სახეობების, სამედიცინო და კულტურული დანიშნულების ობიექტების მომსახურება, აგრეთვე სამთო მოპოვებითი მრეწველობა, მაღალპროდუქტიული მეცხოველეობა და ა.შ.

ეკონომიკის განვითარების პრობლემათა გადასაჭრელად პერსპექტივის რეალიზაციისთვის აუცილებელია ინფრასტრუქტურის სამი ძირითადი სახეობის: ტრანსპორტის, ენერგეტიკისა და კავშირგაბმულობის ერთობლივი განვითარება. ამ მიზნით ტრადიციული მეთოდებისა და საშუალებების გამოყენება: ჯერ დაბალი კატეგორიის საავტომობილო გზების მშენებლობა და მათი შემდგომი ეტაპობრივი განვითარება წლების განმავლობაში, საშუალო და დიდი ელექტროსიმძლავრის ელექტროსადგურების აგება მაღალი კაშხლებით და დიდ მანძილზე ელექტროგადამცემი ხაზებით, აგრეთვე კავშირგაბმულობის ხაზების აგება შესაბამისი სადგურებითა და მოწყობილობებით მოითხოვს დიდი რაოდენობით მატერიალური და შრომითი რესურსების მობილიზებას მრავალი წლის განმავლობაში, რისი

განხორციელებაც მაღალმთიანი რეგიონებისთვის დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული.

ევროპის მოწინავე ქვეყნების, როგორებიცაა: შვეიცარია, იტალია, საფრანგეთი, ევროპის გარეთ კი იაპონიის, ჩილეს, პერუს და ა.შ. ქვეყნების მრავალწლიანი გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მაღალმთიან და რთული რელიეფის პირობებში ინფრასტრუქტურის განვითარების ერთ-ერთი მეტად ეფექტური და რადიკალური საშუალებაა ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ქსელის შექმნა [19].

### **1.4.3 ვიწროლიანდიანი რკინიგზების განვითარების ეტაპები**

ევროპაში მაღალმთიან რაიონებში ეკონომიკის განვითარებისა და ტურისტების მოსაზიდად ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის მიწურულს დაიწყო ვიწროლიანდიანი რკინიგზის გაყვანა. ალპებში აშენდა სამთო რკინიგზები, რთული ხელოვნური ნაგებობების, მიწისქვეშა სადგურების, სპირალური გვირაბების და ვიადუკების მოწყობით [20].

1896 წელს შვეიცარელმა მეწარმემ ადოლფ გუიერ-ცელერმა დაიწყო 9 კილომეტრიანი რკინიგზის ხაზის მშენებლობა ალპებში კლანე-შაიდეგის უღელტეხილზე არსებული ეიგერის რკინიგზის სადგურიდან. რკინიგზის ხაზი „იუნგფრაუბანი“ შენდებოდა 14 წლის განმავლობაში (1998 – 1912 წ.). 9 კილომეტრიან რკინიგზის ხაზს უნდა გადაეღახა 1393 მეტრი სიმაღლე, კლანე-შაიდეგის უღელტეხილიდან (2061მ ზღვის დონიდან) იუნგფრაუიოხამდე (3454მ ზღვის დონიდან). ასეთი სიმაღლის დასაძლევად მოწყობილ იქნა ეგრეთწოდებული (ნახ.5) „კბილანიაანი რკინიგზა“ [20].



**ნახ.5. „კბილანიანი“ რკინიგზის ხაზი ალპებში.**

ამან საშუალება მისცა მშენებლებს ადვილად გადაეღახათ ზემოთ აღნიშნული სიმაღლე. ლიანდის სიგანედ შერჩეულ იქნა 1000მმ. რკინიგზის ხაზი თავიდანვე იქნა ელექტროფიცირებული. მის მოსაწყობად პირველიორი კილომეტრი გაყვანილ იქნა მიწის ზედაპირზე. რკინიგზის სამი სადგური განლაგებულ იქნა მიწისქვეშ, სადაც 2865მ სიმაღლეზე მოწყობილი იყო დასათვალიერებელი მოედნები. ბოლო სადგური „იუნგფრაუიოხი“ მსოფლიოში ყველაზე უფრო მაღლა 3454მ სიმაღლეზე განლაგებული სადგურია (ნახ.6), მენეხისა და იუგენფრაუს მთებს შორის არსებულ უღელტეხილზე.

ორვაგონიან შემადგენლობას ყოველწლიურად გადაყავს ნახევარ მილიონზე მეტი ტურისტი. 9 კილომეტრიანი რკინიგზის ხაზის გავლას ჭირდება ერთი საათი. რკინიგზის წლიური შემოსავალი 25 მილიონი ევროა.

შვეიცარიის ვალეს კანტონაშია ევროპაში ყველაზე მაღალმთიანი ღია წესით გაყვანილი „კბილანიანი“ რკინიგზის ხაზი „გორნეგრატანი“. იგი კურორტ ცერმატს აკავშირებს მთა გორნეგრატთან. მისი სიგრძეც დაახლოებით 9 კილომეტრზე ცოტათი მეტია. ის იწყება სადგურ

ცერმატიდან (1604მ ზღვის დონიდან) გორნეგრატის მთაგრეხილამდე (3454მ ზღვის დონიდან), სადაც განთავსებულია სასტუმრო კულმი (ნახ.7).



*ნახ.6. 3454 მ სიმაღლეზე განლაგებული სადგური „იუნგფრაუიხი“*



*ნახ.7. „გორნეგრატბანი“-ს ბოლო სადგური „სასტუმრო კულმი“*

აღნიშნულ უბანზე მაქსიმალური ქანობი შეადგენს 20%-ს. მოწყობილია ოთხი გვირაბი და ზვავსაწინააღმდეგო გალერეა. რკინიგზის ხაზზე (ნაწილობრივ ორლიანდაგიანი) განლაგებულია 6 სადგური. ორვაგონიან შემადგენლობას საათში გადაყავს 2500 მგზავრი.

სარკინიგზო ხაზების „იუნგფრაუბანი“ და „გორნეგრატბანი“ მაქსიმალური ქანობის შესაბამისად შეადგენს 25% და 20%-ს. მსოფლიოში კი ყველაზე ციცაბო „ჰორიზონტალურ კბილანიანი“ რკინიგზის ხაზად ითვლება „პილატუსბანი“ (შვეიცარიის კანტონა-ობვალდენი), რომლის საშუალო ქანობი შეადგენს 35%-ს, ხოლო მაქსიმალური კი 48%. რკინიგზის ხაზი ერთმანეთთან აერთებს დაბა ალპნახშტადტს მთის მასივის მწვერვალ პილატუსთან (ნახ.8). როგორც ვხედავთ ასეთი ხაზები ძირითადად ტურისტული დანიშნულებისაა და მათი გამოყენების მაგალითი საქართველოსათვის მეტად საინტერესოა.



*ნახ.8. „ჰორიზონტალურ კბილანიანი“ რკინიგზის ხაზი „პილატუსბანი“*

შვეიცარიაში მოქმედებს აგრეთვე არაერთი ვიწროლიანი ჩვეულებრივი რკინიგზის ხაზი. ქანობები აქ გაცილებით ნაკლებია „კბილანიან“ რკინიგზებთან შედარებით. ეს რკინიგზები ტურისტულს გარდა ითავსებს აგრეთვე ძირითად სატრანსპორტო ფუნქციებსაც.

1898-1904 წლებში გაიხსნა ალბულის რკინიგზის ხაზი (სიგრძით 67კმ), ხოლო 1910 წელს მისი გაგრძელება ბერნინის რკინიგზის ხაზი (სიგრძით 61კმ), რომელიც „დიდ შვეიცარიას“ აერთებს იტალიის ქალაქ ტირანოსთან, სამთო კურორტ სანკტ-მორნტცის გავლით. ამ პროექტმა ხელი შეუწყო კანტონა გრაუბიუნდენის განვითარებას და მის ტურისტულ ცენტრად ქცევას.

რკინიგზის ხაზი იწყება სოფელ ტუზისში (697მ ზღვის დონიდან) და ადის ბერნინის უღელტეხილზე (2253მ ზღვის დონიდან), რის შემდეგაც ხაზი ისევ ეშვება იტალიის საზღვრისაკენ და მთავრდება ქალაქ ტირანოსთან (429მ ზღვის დონიდან). ქანობი არ აღემატება 7%-ს, რაც არ ითხოვს „კბილანიანი“ რკინიგზის მოწყობას. ლიანდის სიგანედ შერჩეულია 1000 მმ. აღნიშნულ უბანზე აგებულია 55 გვირაბი (მათ შორის სპირალულიც) და დახურული გალერეები, 196 ვიადუკი და ხიდი. მათ შორის გამოირჩევა ბრუზიოს სპირალური ვიადუკი (ნახ.9) და აგრეთვე უნიკალური ვიადუკი ლანდ-ვასერი, ექვსთაღიანი გეგმაში მრუდე ხიდი (ნახ.10).



*ნახ.9. სპირალური ვიადუკი „ბრუზიო“*





*ნახ.10. ექვსთაღიანი ვიადუკი „ლანდვასსერი“*

1000მმ-იანი ლიანდის სიგანე მსოფლიოში სიგრძის მიხედვით (95000 კმ) მეოთხეა. იგი გავრცელებულია მთელ მსოფლიოში, ჩრდილოეთ ამერიკის, ავსტრალიისა და ოკეანეთის გარდა. ბრაზილიაში მეტრიანი ლიანდის რკინიგზის სიგრძეა 23 785კმ, ინდოეთში-14 406კმ, არგენტინაში 7 922კმ, ტაილანდში-4071კმ, მიანმაში-3995კმ, ჩილიში-3 754კმ, ბოლივიაში -3519კმ, ტანზანიაში-2721კმ, ვიეტნამში-2169კმ, კენიაში-2778 კმ, ესპანეთში - 1 928კმ, შვეიცარიაში-1339კმ, საბერძნეთში-961კმ [19,21].

საქართველოში ერთადერთი ვიწროლიანდიანი (ლიანდის სიგანეა 912 მმ, რადიუსების მიხედვით იცვლება 932მმ-მდე) სარკინიგზო მონაკვეთია ბორჯომსა და ბაკურიანს შორის, რომელიც გაიხსნა 1902 წელს. რკინიგზის ხაზზე დიდი ხნის მანძილზე მოძრაობდა მცირე სიმძლავრის ორთქლმავალი.

ვიწროლიანდიანი სარკინიგზო ხაზის მშენებლობა 1897 წელს დაიწყო და შენდებოდა ოთხი წლის განმავლობაში. 1902 წლის იანვარში ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზი ბორჯომი-ბაკურიანი შვეიდა ექსპლუატაციაში. იგი

დღემდე ემსახურება სათხილამურო სპორტის მოყვარულებსა და ტურისტებს. მაღალმთიან რაიონებში კურსირებისათვის სპეციალურად ინგლისიდან იქნა ჩამოყვანილი „პორტერის“ ტიპის ორთქლმავალი. მატარებელს ებმოდა ღია ტიპის მოაჯირიანი ვაგონები. 1967 წელს დამთავრდა სარკინიგზო ხაზის ელექტროფიკაცია (1500 ვოლტი, მუდმივი დენი) და ორთქლმავალი ელმავალმა ჩაანაცვლა. ხიდი, რომელიც წაღვერს ცემთან ბორჯომ-ბაკურიანის რკინიგზით აკავშირებს, ფრანგი ხიდმშენის ალექსანდრ გუსტავ ეიფელის მიერ არის კონსტრუირებული. იგი (ნახ.11) საქართველოში 1902 წელს ჩამოიტანეს და მდინარე ცემისწყალზე ააგეს [22].



*ნახ.11. ხიდი მდინარე ცემისწყალზე*

ბორჯომ-ბაკურიანის რკინიგზის ერთლიანდაგიანი ხაზის (ნახ.12,13) სიგრძეა 37,3კმ. რელსებად გამოყენებულია P50 და P43 ტიპის ნაძველარი რელსები ხის შპალებზე. გეგმაში მრუდის მინიმალური რადიუსია 50მ. მაქსიმალური ქანობი გადასარბენზე შეადგენს 36,6‰-ს. სადგურებში გამოყენებულია 1/6, 1/8 და 1/9 ტიპის ისრული გადამყვანები [23].



*ნახ.12. ბორჯომ-ბაკურიანის ვიწროლიანი რკინიგზის ხედი*

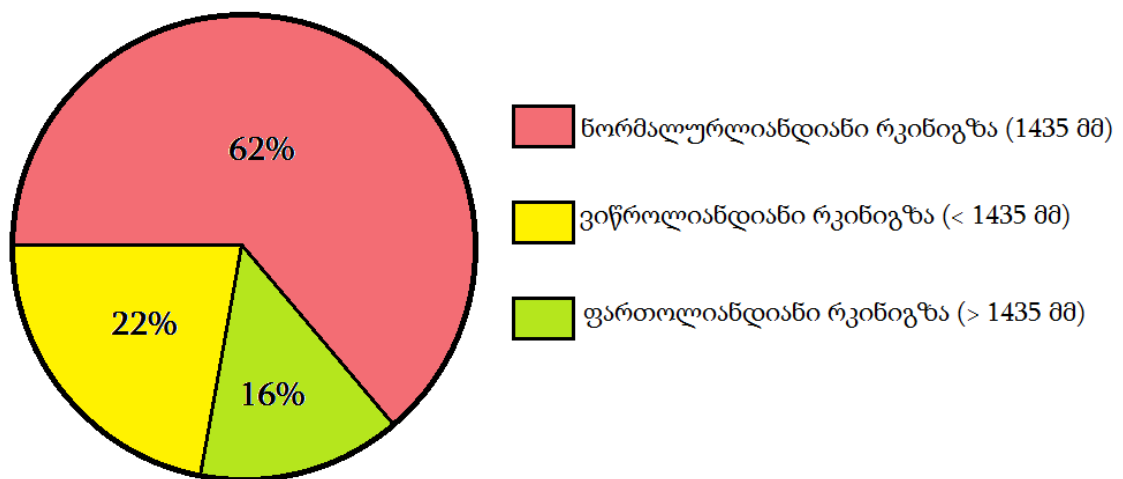


*ნახ.13. სადგური ბაკურიანი (სურათი გადაღებულია 1912 წელს)*

#### 1.4.4 ვიწროლიანი რკინიგზების ტექნიკური პარამეტრები

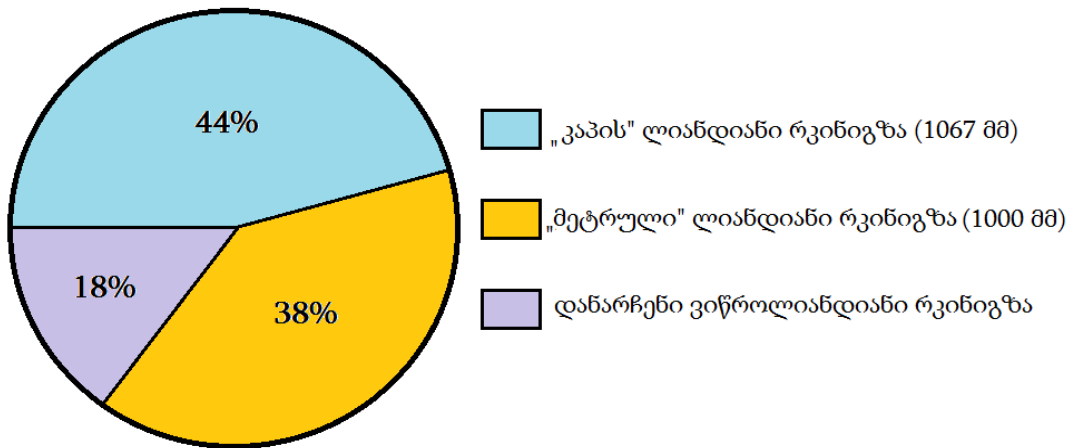
მიღებულია, რომ რკინიგზები ლიანდის სიგანით - 1435მმ ითვლება ნორმალური სიგანის რკინიგზად და მას უკავია მსოფლიო რკინიგზის

ქსელის სიგრძის დაახლოებით 62%. თუ ლიანდის სიგანე აღემატება 1435 მმ-ს, მას უწოდებენ ფართოლიანდიან რკინიგზას (მსოფლიო რკინიგზის ქსელის სიგრძის დაახლოებით 16%), ხოლო თუ ლიანდის სიგანე ნაკლებია 1435მმ-ზე, მაშინ მას უწოდებენ ვიწროლიანდიან რკინიგზას (დაახლოებით 22%) (ნახ.14). ამავე დროს თუ ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ლიანდის სიგანე ნაკლებია 600მმ-ზე მას ეწოდება მიკროლიანდიანი რკინიგზა. ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ლიანდის სიგანე იცვლება 381 – 1372 მმ-ს ფარგლებში (ცხრილი 6). ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ლიანდის სიგანიდან ყველაზე უფრო გავრცელებულია 1067მმ სიგანე - ე.წ. „კაპის ლიანდი“ (დაახლოებით 112000 კმ - 44%) და 1000მმ სიგანე ე.წ. „მეტრული ლიანდი“ (95000კმ - 38%), ხოლო დანარჩენი რკინიგზის ლიანდის სიგანე შეადგენს დაახლოებით 18%-ს (ნახ.15) [19, 21].



**ნახ.14. მსოფლიო რკინიგზების გრადაცია ლიანდის სიგანის მიხედვით**

იაპონიის რკინიგზების ქსელი ჩქაროსნული მაგისტრალების გარდა, მთლიანად 1067მმ სიგანისაა და შეადგენს საერთო ქსელის 78%-ს, მათზე სრულდება მგზავრთბრუნვის 64% და ტვირთბრუნვის 98%. ასეთი ქსელის შექმნა გაცილებით მცირე დროს, ნაკლებ მატერიალურ და ფინანსურ რესურსებს მოითხოვს. ამას გვიჩვენებს ევროპის, სამხრეთ ამერიკის ქვეყნების და იაპონიის გამოცდილება.



ნახ.15.ვიწროლიანდის რკინიგზების გრადაცია ლიანდის სიგანის მიხედვით

ცხრილი 6

მსოფლიოს სახელმწიფოთა ვიწროლიანდის რკინიგზების ლიანდის სიგანეები

| N  | სახელმწიფოები  | ლიანდის სიგანე, მმ |
|----|--|--------------------|
| 1  | 2  | 3                  |
| 1  | დიდი ბრიტანეთი - სტაფორდშირი   | 260                |
| 2  | აშშ, ინგლისი (ტურისტული, ფერმერული, საგამოფენო, სამრეწველო, შიდასაქარხნო)  | 381                |
| 3  | ინგლისი  | 457                |
| 4  | უელსი  | 578                |
| 5  | უელსი  | 597                |
| 6  | საფრანგეთი, საბერძნეთი, გერმანია, ლიტვა, ლატვია, პოლონეთი, შვეცია, ინგლისი | 600                |
| 7  | უელსი, ბრეკონი   | 603                |
| 8  | ავსტრალია, ინდოეთი, სამხრეთ აფრიკა, ინგლისი, აშშ                           | 610                |
| 9  | უელსი  | 686                |
| 10 | არგენტინა, დანია, ინდონეზია, ესპანეთი, ნიდერლანდები, საფრანგეთი            | 700                |
| 11 | საბერძნეთი, პოლონეთი, რუსეთი, შვეიცარია                                    | 750                |
| 12 | ბრაზილია,ავსტრია, ბულგარეთი  | 760                |
| 13 | ავსტრალია, ჩილე, ინდოეთი, სიერა-ლეონე, აშშ                                 | 762                |
| 14 | პოლონეთი   | 785                |
| 15 | უელსი,ინგლისი, შვეიცარია   | 800                |
| 16 | შვეცია   | 891                |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 17 | პოლონეთი   | 900  |
| 18 | საქართველო (ბორჯომი-ბაკურიანი)   | 912  |
| 19 | კოლუმბია, პერუ, კანადა, სალვადორი, გვატემალა, აშშ, ესპანეთი, საქართველო (ახალი ათონი)  | 914  |
| 20 | იტალია, ერთრეა   | 950  |
| 21 | არგენტინა, ბანგლადეში, ბენინი, ბრაზილია, ბოლივია, ბურკინა ფასო, მიანმა, ვიეტნამი, ინდოეთი, კამბოჯა, კამერუნი, კენია, ლაოსი, მალაიზია, მალი, პაკისტანი, პოლონეთი, პორტუგალია, სენეგალი, ტანზანია, ტაილანდი, ტუნისი, უგანდა, ესპანეთი, შვეიცარია, რუსეთი, ინგლისი  | 1000 |
| 22 | იორდანია, სირია, ალჟირი, ისრაელი, ლიბანი, ეგვიპტე  | 1050 |
| 23 | ალჟირი   | 1055 |
| 24 | ანგოლა, ავსტრალია, ბოტსვანა, განა, ეკვადორი, ინდონეზია, იაპონია, სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკა, კანადა, კონგო, კოსტა-რიკა, მალავი, მოზამბიკი, ნამიბია, ახალი ზელანდია, ნიკარაგუა, ნიგერია, რუსეთი, სუდანი, ტაივანი, ტანზანია, ჰონდურასი, შვეცია, ესტონეთი, ბელგია, დიდი ბრიტანეთი, ინდოეთი, ესპანეთი, ლიბერია, ჰოლანდია, ნორვეგია, ფილიპინები, ზამბია, ზიმბაბვე | 1067 |
| 25 | შვეცია   | 1093 |
| 26 | ბრაზილია   | 1100 |
| 27 | შოტლანდია  | 1220 |
| 28 | იაპონია  | 1372 |

მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის მაგალითი გვიჩვენებს, რომ ვიწროლიანი რკინიგზების ქსელის შექმნა საქართველოს მაღალმთიანი რეგიონების აღორძინების ყველაზე ეფექტური ხერხი იქნება, ვინაიდან ზემოთ აღნიშნული გადაწყვეტილება საშუალებას მოგვცემს დროისა და მატერიალური რესურსების მინიმალური დანახარჯებით ერთდროულად გადაწყდეს ტრანსპორტის, ენერგეტიკისა და კავშირგაბმულობის პრობლემები.

## 2. კვლევის შედეგები და მათი განსჯა

### 2.1. ერთიანი სატრანსპორტო სისტემის ინფრასტრუქტურა

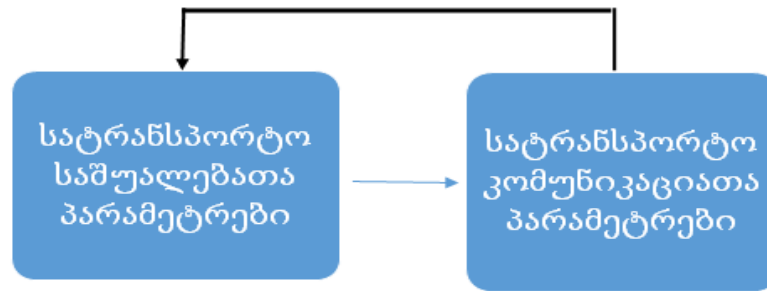
#### 2.1.1. სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების პერსპექტივები

კაცობრიობის პროგრესი ალტერნატივის გარეშეა. მისი ერთ-ერთი უმთავრესი კომპონენტია გადატანილი ტვირთებისა და გადაყვანილი მგზავრთა რაოდენობის განუხრელი ზრდა, ანუ სატრანსპორტო პროცესის პერმანენტული განვითარება. შესაბამისად ტრანსპორტი, ენერგეტიკა და კავშირგაბმულობასთან ერთად რჩება მსოფლიო გლობალური, რეგიონული და რაიონული მაშტაბის ეკონომიკის საფუძვლად. ეკონომიკის ეს სამი დარგი ერთმანეთთანაა დაკავშირებულია და ფაქტიურად ერთიანი სისტემაა, ვინაიდან კაცობრიობის პროგრესს განსაზღვრავს მგზავრების, ტვირთების და ინფორმაციის გადაადგილებაზე ზრდადი მოთხოვნის დაკმაყოფილება, ზრდადი უსაფრთხოებით, ეკონომიკურობით, ეკოლოგიურობით.

აქედან გამომდინარე, პროგნოზირებად მომავალში შენარჩუნებული იქნება მასიური ტრანსპორტის ძირითადი სახეობები: საავტომობილო, სარკინიგზო, საჰაერო, წყლის და მილსადენი. ცივილიზაციის განვითარებისთვის აუცილებელია ტრანსპორტის რაციონალიზაცია და ეფექტურობის ზრდა, რომელიც ემყარება სატრანსპორტო საშუალებების და კომუნიკაციის ურთიერთზემოქმედებას (ნახ.16), პირდაპირი და უკუკავშირების უზრუნველსაყოფად იგივე მოთხოვნების: უსაფრთხოების, ეკონომიურობის და ეკოლოგიურობის საფუძველზე [24].

მიუხედავად თითქმის საუკუნენახევრის ისტორიისა, ტერმინი ავტომობილი არ მოძველებულა. ის ლათინური წარმოშობის ტერმინი მხოლოდ თვითმოდრავ სატრანსპორტო საშუალებას ნიშნავს და არ უნდა გავაიგივოთ აუცილებლად თბური ძრავით აღჭურვილ, პნევმატურ საბურავებიან ბორბლებით მოძრავ ურიკასთან. მომავლის მოთხოვნები აუცილებლად შეცვლის ძრავის ტიპს, დაკიდებისა და საყრდენ ზედაპირთან შეხების მექანიზმებს, მაგრამ ავტომობილი, საავტომობილო გზა და შესაბამისად საავტომობილო ტრანსპორტი დარჩება მგზავრებისა და

ტვირთების გადაადგილების უმნიშვნელოვანეს საშუალებად, ვინაიდან შენარჩუნებული იქნება მისი ორი ძირითადი უპირატესობა: გადაადგილება მწარმოებლიდან მომხმარებლამდე სხვა სახის ტრანსპორტის გამოყენების გარეშე და ინდივიდუალურ სატრანსპორტო საშუალებათა ფლობა მოსახლეობის ფართო ფენებისთვის.



**ნახ.16.სატრანსპორტო საშუალებათა და შესაბამისი კომუნიკაციათა ურთიერთზემოქმედების სქემა**

ამკარაა, ნახშირწყალბადებზე მომუშავე მილიარდამდე რაოდენობის თბური ძრავა შეიცვლება უფრო ეკონომიური სახეობებით [25]. სავარაუდოდ, ჯერ ჰიბრიდული, მერე კი ელექტრული, გირო და ა.შ. ამძრავებით, როგორც ცნობილია [25,26,27] ბორბალი, მუდმივ კონტაქტშია საყრდენ ზედაპირთან, შესაბამისად მისი გორვის წინააღმდეგობის შემცირებისათვის საჭიროა მტკიცე, სწორი, ცვეთამედეგი, მქისე-ხორკლიანი ფენილის მქონე საგზაო სამოსი, რაც ძალზედ ძვირია. ამიტომ მომავალში ბორბალი შეიცვლება სხვა კონსტრუქციით მაგ: ფეხის ანალოგიით, ჰაერის ბალიშით და ა.შ. მაგრამ, ინდივიდუალური და საზოგადოებრივი ფლობის ავტომობილთა ინტენსიური ნაკადები კვლავ დარჩება და მათ გადასაადგილებლად კვლავ იქნება საჭირო დედამიწის ზედაპირზე მოწყობილი საგზაო ვაკისი დიდი სიგანის მრავალზოლიანი სავალი ნაწილითა და მნიშვნელოვანი მუშა ნიშნულებით. იგივე დარჩება სატრანსპორტო საშუალებათა მდგრადობის უზრუნველყოფის მოთხოვნები. ცენტრიდანული ძალების, გრძივი, განივი და ვერტიკალური აჩქარებების აუცილებელი გათვალისწინებით [28,29]. მართვადობის თვალსაზრისით, ახალი თაობის ინდივიდუალური სატრანსპორტო საშუალების ელექტრონულ და სხვა პროგრესულ მოწყობილობათა



გამოყენებით გზა უფრო საიმედო გახდება. შემცირდება საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევათა რაოდენობა ვინაიდან გაიზრდება სისტემა მძღოლი-ავტომობილი-გზა-გარემოს ოპერატორის ადამიანის საიმედო პირველ რიგში ელექტრონული მხედველობის მოწყობილობათა დანერგვით.

საქართველოს ტერიტორიას ახასიათებს რთული ბუნებრივი პირობები, რთული რელიეფი, გრუნტის არამდგრადი ფერდობები მეწყერების სახით, სეისმური აქტივობა. ასეთ პირობებში რაციონალური ტრასირება არის უმთავრესი და უმნიშვნელოვანესი უსაფრთხოების, ეკონომიურობისა და ეკოლოგიურობის მოთხოვნათა დასაკმაყოფილებლად.

ტრასირებისას გასათვალისწინებელია მთის მდინარეების და ხევების აუზების, მინერალური წყლების საბადოების, რეკრეაციული და ისტორიული მნიშვნელობის ობიექტების გვერდით ავლა.

### **2.1.2. სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტების ნორმატივების სრულყოფა უსაფრთხოებისა და კომფორტის თანამედროვე მოთხოვნათა გათვალისწინებით**

ამჟამად საქართველოში მოქმედებენ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ტექნიკური პარამეტრების განმსაზღვრელი თანამედროვე ქართული, ყოფილი სსრკ-ს, რუსეთის, ბრიტანეთის, გერმანიის და ა.შ. მოწინავე ქვეყნების ნორმები, რომლებიც არ ეწინააღმდეგებიან ქართულს. მიუხედავად ამ უკანასკნელი პირობისა, ქვეყანაში ძირითადად უნდა მოქმედებდეს ეროვნული ნორმატივები, დამუშავებული ადგილობრივი პირობების, აგრეთვე საერთაშორისო პრაქტიკაში მიღებული თანამედროვე და პერსპექტიული პერიოდის მოთხოვნების გათვალისწინებით.

საქართველოს საავტომობილო გზების ეროვნული სტანდარტის მიხედვით ავტომობილებით გადაადგილება თავისი მოხერხებულობისა და ხელსაყრელობის მახასიათებლების მიხედვით იყოფა მოძრაობის კომფორტულობის 4 დონედ: [15,27].

**CF1** - შეესაბამება ისეთ საგზაო და სატრანსპორტო პირობებს, როდესაც მოძრაობა თავისუფალია, გზის ავტომობილებით დატვირთვის დონე არ იწვევს სიჩქარის დაწესებული რეჟიმის შემცირებას, გასწრების მანევრის განხორციელება თავისუფლად ხდება;

**CF2** - პიკის საათებში მოძრაობის პერიოდში ავტომობილთა ნაკადში შეიმჩნევა მცირე ჯგუფები, გზის მოძრაობით დატვირთვის დონე იწვევს სიჩქარის დაწესებული რეჟიმის 20%-მდე შემცირებას, გასწრება რამდენადმე გაძნელებულია;

**CF3** - მოძრაობა შეზღუდულია, გზის სატრანსპორტო დატვირთვა პიკის პერიოდში იწვევს ავტომობილების დიდ ჯგუფებად მოძრაობას, ნაკადის საექსპლუატაციო სიჩქარე თავისუფალ პირობებთან შედარებით მცირდება 40%-მდე, გასწრება გაძნელებულია;

**CF4** - მოძრაობა ძალზედ შეზღუდულია, ავტომობილებით გზის შემდგომი დატვირთვა იწვევს უწყვეტ კოლონებად მოძრაობას, ნაკადის საექსპლუატაციო სიჩქარე თავისუფალ პირობებთან შედარებით მცირდება 50%-ზე მეტით, გასწრება თითქმის შეუძლებელია, მცირე შეფერხებაც წარმოქმნის საცობებს.

მიზანშეწონილია პროექტირებადი გზის ტრასისა და განივი პროფილის პარამეტრების ისეთი შერჩევა, რომ ყველაზე უფრო რთული მონაკვეთის გამტარუნარიანობა უზრუნველყოფდეს მოძრაობის კომფორტულობის CF1 და CF2 დონეს. CF3 დონის მიღწევა მშენებლობის დამთავრების შემდეგ, მეათე წლის პერსპექტიული ინტენსიობით დაუშვებელია. ასეთ დონეს იგი უნდა აღწევდეს, მხოლოდ მეოცე წლისათვის, რის შემდეგ მიზანშეწონილია გზის რეკონსტრუქცია. CF4 დონე დაუშვებელია თანამედროვე საავტომობილო გზებისათვის. ეს მიუთითებს გზის კაპიტალური რეკონსტრუქციის გადაუდებელ აუცილებლობას, მიუხედავად მშენებლობის შემდეგ გასული წლებისა. ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილია გზის საპროექტო პარამეტრების შერჩევა საერთაშორისო მნიშვნელობის ავტომაგისტრალებისათვის მოხდეს არანაკლებ 20 წლის პერსპექტიული

ინტენსიობით, ხოლო შიდასახელმწიფოებრივი და ადგილობრივი მნიშვნელობის გზებისთვის არანაკლებ 15 წლის პერსპექტიული ინტენსიობით. აშკარაა პერსპექტიული პერიოდის უფრო შორს გადატანა მოითხოვს საპერსპექტივო მონაცემთა დადგენის ზუსტ მეთოდებს, დამყარებულს გამოყენებითი მათემატიკის პრინციპებზე.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია აგრეთვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტთა კლასიფიკაცია, რომელიც ეყრდნობა [1,2] პროფ. კ. მჭედლიშვილის მიერ შემოთავაზებულ ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის კლასიფიკაციას, მაგრამ მასზე ფართოა და მოიცავს სარკინიგზო ტრანსპორტის ობიექტებსაც.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტები მათი ხიფათიანობის მიხედვით მიზანშეწონილია დავყოთ სამ ჯგუფად:

**ძალიან სახიფათო ობიექტები** - სადაც ხდება შენახვა, გადაადგილება და რეალიზაცია, შხამიანი, ადვილად აალებადი, ფეთქებადი ნივთიერებებისა, რომლებიც უშუალოდ ხიფათს უქმნიან მოძრაობის მონაწილეებს, აგრეთვე გასხვისების ზოლში და მის გარეთ მყოფ ადამიანებსა და შენობა-ნაგებობებს. ასეთებს მიეკუთვნება უპირველეს ყოვლისა საწვავით გასამართი პუნქტები, სატვირთო ტერმინალები, გაზობრივი და თხევადი ნახშირწყალბადების შესანახი რეზერვუარები;

**სახიფათო ობიექტები** - გასხვისების ზოლში განლაგებული ობიექტები, რომლებიც ხიფათს უქმნიან მოძრაობის მონაწილეებს, მათ მომსახურე პერსონალს და გარემოს. ამათ მიეკუთვნება ობიექტები, სადაც წარმოებს სარემონტო და პროფილაქტიკური სამუშაოები შხამიანი, ხანძარსაშიში, ფეთქებადსაშიში ნივთიერებებით. ასეთებია ავტომობილების რემონტისა და პროფილაქტიკის სახელოსნოები, სამრეცხაოები, მომსახურების პუნქტები.

**ხიფათის პოტენციურად გამომწვევი ობიექტები** - გასხვისების ზოლში განლაგებული ობიექტები, რომლებიც მოითხოვენ ავტომობილების დამატებით მანევრირებას. სადაც ხდება სარკინიგზო ცისტერნების დგომა, მანევრირება, შემადგენლობის ფორმირება, ასეთებია ზედამხედველობისა

და კონტროლის პუნქტები. გზისპირა ვაჭრობის, კვების და ა.შ. მომსახურების ობიექტები. რკინიგზების სატვირთო დადამახარისხებელი სადგურები, სამანევრო გორაკები და ა.შ.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ყველა ობიექტი, რომელიც მიეკუთვნება ძალიან სახიფათოს ან სახიფათოს, აუცილებლად უნდა დაექვემდებაროს სერტიფიკაციასა და ლიცენზირებას. ანუ მათ უნდა ჰქონდეთ დოკუმენტები, რომ შეესაბამებინან ნორმატიულ-ტექნიკურ მოთხოვნებს და ადგილობრივი ან ცენტრალური აღმასრულებელი ხელისუფლების მიერ გაცემულ კვოტას.

ობიექტები, რომლებიც განლაგებულნი არიან გასხვისების ზოლში და ხიფათს მხოლოდ პოტენციურად შეიცავენ, ექვემდებარებიან მხოლოდ სერტიფიცირებას. მიზანშეწონილია მათი გაყოფა ორ ჯგუფად:

**პირველი** - საპატრულო პოლიციის სტაციონარული პოსტები, გადასახადების ამკრები, სასაზღვრო, საბაჟო და ა.შ. საკონტროლო პუნქტები. მათი განლაგება, აღჭურვა, მოწყობილობა მკაცრად უნდა პასუხობდეს ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაციის მოთხოვნებს, რაოდენობა კი შეესაბამებოდეს ნორმატივების მიერ რეკომენდებულს;

**მეორე** - ვაჭრობის, კვების, დასვენების ობიექტები. მათი განლაგება და სხვა პარამეტრები უნდა აკმაყოფილებდნენ ნორმატივების მოთხოვნებს, მაგრამ მათი რაოდენობა არაა შეზღუდული და რეგულირდება საბაზრო ეკონომიკის მექანიზმებით. აუცილებელია მხოლოდ შეთანხმება შესაბამის რკინიგზის/საავტომობილო გზების დეპარტამენტთან, საპატრულო პოლიციის, სანიტარული და ეკოლოგიური ინსპექციის და ა.შ. სამსახურებთან.

ამავე დროს მიზანშეწონილია მომსახურების სახეობათა და საქონლის ასორტიმენტის შეზღუდვა მხოლოდ მოძრაობის მონაწილეთა ელემენტარულ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად. მაგ: საავტომობილო გზებზე უნდა აიკრძალოს მაგარი ალკოჰოლური სასმელების, ფსიქოტროპული ან ტრანკვილიზატორული ეფექტის მქონე

წამლების გაყიდვა. მიზანშეწონილია გასაყიდად რეკომენდებული იქნას მხოლოდ კვების პროდუქტები, ზოგიერთი წამალი, სუვენირები, აგრეთვე ავტომობილთა ის მარაგნაწილები, საექსპლუატაციო მასალები და აქსესუარები, რომელთა გარეშე გადაადგილება შეიძლება იყოს სახიფათო ჯანმრთელობისთვის, გარემოსთვის და ეკონომიურად არახელსაყრელი. გასხვისების ზოლში განლაგებული მოძრაობის მონაწილეთა სავაჭრო, კვების და ა.შ. მომსახურების ობიექტები უნდა იყოს არაკაპიტალური, დროებითი ხასიათის ნაგებობების სახით. ობიექტები უნდა ფუნქციონირებდნენ მხოლოდ საავტომობილო გზების და სარკინიგზო დეპარტამენტთან დადებული ხელშეკრულების ვადებში. გასხვისების ზოლში განლაგებული ამგვარი ობიექტების საარენდო გადასახადი უნდა იყოს გაცილებით მეტი, ვიდრე გასხვისების ზოლის გარეთ მყოფი ანალოგიური ობიექტებისა. ვინაიდან ამ ობიექტების გასხვისების ზოლში მდებარეობა ზრდის მხოლოდ მათი მფლობელების მოგებას და არანაირად არ აუმჯობესებს მოძრაობის უსაფრთხოებას.

პროგნოზირებად მომავალში საქართველოს ავტოსაგზაო ქსელის დაპროექტების პროცესში პირველ პლანზე იქნება დიდი ინტენსიობის სატრანსპორტო ნაკადების უსაფრთხო გადაადგილება და ავტომობილებზე მოქმედი მოძრაობის წინააღმდეგობისა და სხვა მექანიკური ძალების მინიმუმამდე დაყვანით, საგზაო ვაკისის რაციონალური სახეების შექმნით ყოველგვარ ბუნებრივ პირობებში, იმავდროულად ეკოლოგიური მოთხოვნების სრული დაცვით.

ეს პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალური იქნება რთული რელიეფის, გეოლოგიის, ჰიდროლოგიის, კლიმატის პირობებში. ანუ საქართველოსათვის, სადაც რელიეფი რთულია, გეოგრაფიული პირობები რთული და მრავალფეროვანი, სეისმიკა და ვერტიკალური ზონალობა კიდევ უფრო ართულებენ ბუნებრივი პირობებისაგან გამომდინარე რისკებს. ამის გარდა, რთული გეოპოლიტიკური ვითარება კიდევ უფრო აძლიერებს რისკებს დივერსიულ აქტებისა და საომარი მოქმედებებისაგან.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, აუცილებელია ფართოდ გამოყენებული იქნას პროექტირების რაციონალური მეთოდები: პირველ რიგში, ავტომობილთა შემხვედრი ნაკადების ცალკე ტრასირება. როგორც ცნობილია ეს ერთდროულად უზრუნველყოფს მიწის ვაკისისა და ხელოვნური ნაგებობების მოცულობათა შემცირებას, ზრდის მოძრაობის უსაფრთხოებას შემხვედრი ნაკადების განცალკევების გამო, ამცირებს სატრანსპორტო დანახარჯებს აღმართებისა და დაღმართებზე გრძივი ქანობების რაციონალური სიდიდეების გამოყენებით, ამცირებს ამოზნექილი ვერტიკალური მრუდეების რადიუსებსა და მხედველობის მინიმალურად საჭირო მანძილებს.

აუცილებელია ეკონომიკურობის უზრუნველმყოფი ძირითადი პირობების განუხრელი დაცვა: დიდი ინტენსივობის სატრანსპორტო ნაკადების გადაადგილებისას შემოთავაზებული საპროექტო ვარიანტებიდან, არჩევანის გადამწყვეტი ფაქტორია მოძრავი შემადგენლობისათვის მცირე სატრანსპორტო ხარჯების უზრუნველყოფა რაციონალური ტრასირებით, გზის განივი პროფილის პარამეტრებით და მოწყობა-გაფორმების ელემენტებით. მცირე ინტენსიობის სატრანსპორტო ნაკადების პირობებში, უპირატესობა ეკუთვნის გზის საპროექტო ვარიანტს, რომელიც უზრუნველყოფს მშენებლობისა და ექსპლუატაციის მინიმალურ დანახარჯებს. საშუალო ინტენსიობის ნაკადებისათვის ოპტიმალური ვარიანტი შეირჩევა ვარიანტების საფუძვლიანი ტექნიკურ - ეკონომიკური შედარების შედეგად.

ყველა შემთხვევა უნდა ეყრდნობოდეს რაციონალურ ტრასირებას, ვინაიდან დაპროექტებისას დაშვებული ტრასირების შეცდომების გამოსწორება, გზის ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამ მოსაზრების უტყუარობის შესანიშნავი მაგალითია საერთაშორისო ავტომაგისტრალი E60-ის ნატახტარი - ხაშურის ნაწილზე, იგოეთი - სვენეთის მონაკვეთზე, ერთიმეორესთან სისტემური კავშირის სრული იგნორირებით განლაგებული ვერტიკალური და ჰორიზონტალური

მრუდეები, რის შედეგადაც ამ მონაკვეთზე ყოველი მომდევნო მონაკვეთი უკანა მონაკვეთის აბსოლუტურად არალოგიკური გაგრძელებაა. ეს კი საგზაო უბედური შემთხვევათა უზარმაზარი პოტენციური რისკის მატარებელია საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობისას. ამ რისკის შესამცირებლად აუცილებელია სიჩქარის მკვეთრი შეზღუდვა. ეს კი მიუღებელია ავტომაგისტრალის სტატუსის მქონე გზისათვის.

ანალოგიური მაგალითია მარაბდა - ახალქალაქის სარკინიგზო ხაზი, რომელიც დაპროექტდა როგორც შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის კომუნიკაცია. ბაქო-ყარსის მიმართულების გახსნაზე საერთაშორისო შეთანხმებამ საჭირო გახადა გრძივი ქანობების შემცირება, რაც ტრასის გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტების ცვლილების გარეშე შეუძლებელია. ამ ცვლილებათა შეტანა მრავალ ეკონომიკურ, სოციალურ, ეკოლოგიურ პრობლემებთანაა დაკავშირებული, რომელთა გადალახვის მცდელობა რამდენიმე წელიწადია მიმდინარეობს მეტად მცირე წარმატებით. იგივე შეიძლება ითქვას თბილისის შემოვლით სარკინიგზო მაგისტრალზე, რომლის დაპროექტებისას დაშვებული იქნა უხეში შეცდომა გრძივ პროფილის სახელმძღვანელო ქანობის შერჩევაში. ამ შეცდომას გამოსწორებდა გზის გეგმის შეცვლა, რაც გამოიწვევს უკვე აშენებული ხელოვნური ნაგებობების უფუნქციოდ დატოვებას, რაც მეტად დიდ ეკონომიკურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული, იმავდროულად ასეთ სიტუაციებში მოსალოდნელია სოციალური და ეკოლოგიური მოთხოვნების სხვა მნიშვნელოვანი გართულებებიც.

## **2.2. საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის თვისობრივი შეფასება**

### **2.2.1. ტიპური მონაკვეთები საქართველოს ბუნებრივი ლანდშაფტებისათვის**

მსოფლიო ეკონომიკური ფორუმის მონაცემებით [10], 2016-2017 წლების გლობალური კონკურენტუნარიანობის ინდექსში გზების ხარისხი საქართველოში 138 ქვეყანას შორის 78-ე ადგილზეა 3,8 ქულით, უმაღლესი

შეფასებაა 7.0. მსოფლიოში საუკეთესოაა აღიარებული არაბეთის გაერთიანებული ემირატების საგზაო ქსელი 6,5 ქულით. საქართველო წინ უსწრებს სომხეთს (81-ე ადგილი), ბულგარეთს (94-ე ადგილი), ლატვიას (95-ე ადგილი), სერბეთს (115-ე ადგილი) და სხვა მრავალ ქვეყანას.

საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელი განფენილია შავი ზღვისპირა სუბტროპიკული ზოლიდან კავკასიონის მთავარი ქედის ჭიუხებამდე, მარადიული თოვლის საზღვრებთან სიახლოვეში. ფართო გაშლილ ველებზე განლაგებული მონაკვეთები კმ-ზე 1-2 მოსახვევით გეგმაში  $R \geq 400 - 500$ მ,  $a \leq 15 - 20^\circ$  გრძივი ქანობები  $\leq \pm 2\%$  მხედველობის მანძილის უზრუნველყოფით გასწრების პირობიდან.

ასეთებია ალაზნის ველზე მდინარის მარცხენა ნაპირზე განლაგებული მონაკვეთები, არაგვის ხეობაში ნატახტარიდან ბულაჩაურამდე, მტკვრის ველზე მდინარის ორივე მხარეს თბილისიდან ქვიშხეთამდე. კოლხეთის დაბლობზე ყვირილას, რიონის, ტეხურისა და ენგურის გასწვრივ მდებარე გზის მონაკვეთები, აგრეთვე თერჯოლა-ქუთაისი, ქუთაისი-სამტრედია-სენაკი, სენაკი-ფოთი და ა.შ.

მდინარის ხეობებში არსებული მონაკვეთების გეგმა და გრძივი პროფილი ხეობის მოხაზულობას იმეორებენ. მათ გეგმაზე მოსახვევების რაოდენობა შეადგენს 4-6 კმ-ზე ( $R < 400$ მ,  $a > 20^\circ$ ), გრძივი ქანობი  $\leq \pm 2\%$ . მათ შორის ჟინვალი-ფასანაური-მლეთა არაგვის ხეობაში, ქვიშხეთი-ბორჯომი-ახალციხე მტკვრის ხეობაში, ჯვარი-ხაიში ენგურის ხეობაში და ა.შ. ამ მონაკვეთებზე მხედველობის მანძილი უმეტეს შემთხვევაში არასაკმარისია გასწრების მანევრის უზიფათოდ შესასრულებლად.

მდინარეთა ვიწრო ხეობებში, საიდანაც იწყება უღელტეხილისაკენ სვლა ფერდობებზე ტრასის განვითარებით, გამოიყენება ტრასირების სპეციფიკური ტიპი - საუღელტეხილო. ასეთ მონაკვეთებს ახასიათებთ გრძელი ციცაბო დაღმართები  $i = 5 - 7\%$ , მრავალრიცხოვანი მცირერადიუსიანი მოსახვევები ( $R < 200$ მ,  $a \geq 40^\circ$ ) და სერპატინები 8-12 ცალის რაოდენობით კმ-ზე. ხშირია მონაკვეთები მხედველობის მანძილით



10-15მ, მომდევნო მონაკვეთის ტრასა არ წარმოადგენს წინა მონაკვეთის ლოგიკურ გაგრძელებას. ასეთი მონაკვეთებია მლეთა-გუდაური, ჯვრის უღელტეხილი - კობი, სოფ. გომბორი-თეთრი წყლები, ჯავა-როკი, ზარზმა-გოდერძის უღელტეხილი, გომბორის უღელტეხილზე მისასვლელი მონაკვეთები აღმოსავლეთ და დასავლეთ მხრიდან, სოფლებს გომბორსა და თეთრი წყლებს შორის და ა.შ.

ძლიერ დასერილ, ბორცვიან ან და მთაგორიან რელიეფში ხშირია მონაკვეთები, რომლებიც ხასიათდებიან მრავალრიცხოვანი აღმართ-დაღმართებით, დიდი გრძივი ქანობებით  $i = \pm 5 - 7\%$ , მცირერადიუსიანი ვერტიკალური მრუდებით, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მრუდების უსი-სტემო განლაგებით, როდესაც შემდგომი მონაკვეთი წინასთან არაა ლოგიკურად დაკავშირებული. ვერტიკალურ მრუდეთა რადიუსები მერყეობს 500-2500 მეტრის ფარგლებში, ჰორიზონტალურები კი ხასიათდება  $R < 300 - 400$ მ,  $a > 50 - 70^\circ$ .

ასეთებია გუდაური-ჯვრის უღელტეხილი, შაორი-ამბროლაური, ნუკრიანი-ბოდბე-სიღნაღი, გომი-საჩხერე, ქუთაისი-ტყიბული, საჯავახო - ოზურგეთი და ა.შ.

სხვადასხვა რელიეფის პირობებში არსებულ გზებზე ჩატარებული დაკვირვებები, ავტომობილთა მოძრაობის რეჟიმებზე [27,28] გვიჩვენებენ, რომ გაშლილ ველებზე განლაგებული მონაკვეთებზე გამოწვეული საგზაო პირობებით საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევათა (სსშ) რიცხვი მინიმალურია. სსშ-ის ძირითადი მიზეზებია: გადაჭარბებული სიჩქარე, შემხვედრი მოძრაობის ავტომობილთა ფარებით დაბრმავება, გასწრების მანევრების უყურადღებოდ შესრულება და ა.შ. საწვავის ხარჯი მინიმალურია მცირე საგზაო წინააღმდეგობათა გამო.

მდინარეთა ხეობებში არსებულ მონაკვეთებზე საგზაო პირობები მძლოლების უდისციპლინობასთან ერთად სსშ-ს გამომწვევი ძირითადი ფაქტორებია. საწვავის ხარჯი პირველ ტიპთან შედარებით 15-20%-ით მატულობს [29,30].

მაღალმთიან, საუღელტეხილო მონაკვეთებზე სსშ რაოდენობა მცირეა, მაგრამ გამოირჩევა დიდი სიმძიმით, აქაც თანაბრად მოქმედებენ საგზაო პირობები და მძღოლის უდისციპლინობა. მაღალია საწვავის ხარჯი, ვინაიდან მძღოლებს უხდებათ გრძელი ციკაბო აღმართების გადალახვა, დაღმართის მხარეს კი ძრავით დამუხრუჭების რეჟიმით გადაადგილება.

ძლიერ დასერილ და მთაგორიან რელიეფში არსებულ მონაკვეთებზე მოძრაობის მცირე ინტენსიობის პირობებში საწვავის ხარჯი მცირეა, ვინაიდან ასეთ შემთხვევებში შესაძლებელია შედარებით მცირე სიგრძის აღმართების ინერციული გადალახვა, დაღმართებში კი ფრიქციული მუხრუჭების ინტენსიური გამოყენება. დიდია სსშ-ს რიცხვი გამოწვეული საგზაო პირობებითა და მძღოლების უდისციპლინობით. ძირითადი სახეობებია: შეჯახება, დაჯახება, გადაბრუნება, მაღალია სსშ-ს სიმძიმეც. თუ მოძრაობის ინტენსიობა დიდია და აღმართების დინამიური გადალახვა შეუძლებელი ხდება. ჯგუფში მოძრაობისას და შემხვედრი ნაკადების გამო საწვავის ხარჯი მნიშვნელოვნად იზრდება, მცირდება გადაადგილების სიჩქარე [26,31].

საქართველოში საგზაო მშენებლობაში ბოლო წლებში დამკვიდრებული პრაქტიკის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დასავლეთ საქართველოში ავტომაგისტრალის რიგ მონაკვეთებზე, მაგალითად ქუთაისი-სამტრედიის მონაკვეთზე, მხოლოდ ნახევარი განივი პროფილი აიგო, მიღებული ორ ზოლზე მაღალი ინტენსიობის შემხვედრი ნაკადების გაშვება მკვეთრად უარყოფითად შეიძლება შეფასდეს. ეს არის საგზაო ნაგებობების ეტაპობრივი აგების პრინციპის არასწორი ინტერპრეტაცია. რამაც გამოიწვია არაერთი სსშ მძიმე შედეგებით. ასეთი რამ კატეგორიულად მიუღებელია.

დაუშვებელია აგრეთვე ძველი და დაბალი კატეგორიის ნორმატივებით აშენებული გზის რეკონსტრუქცია თანამედროვე ტიპის მაღალხარისხოვანი საფარით ტრასის პარამეტრების გაუმჯობესების გარეშე, რაც ხშირად უცხოური დონორი ორგანიზაციების ზეწოლით ხდება.

## 2.2.2 საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების ამოცანები

საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის მოდერნიზება და მისი მსოფლიო სატრანსპორტო კომუნიკაციების ქსელში ჩართვა, ეროვნული ეკონომიკისათვის მეტად მნიშვნელოვანი საქმეა. 2005 წლიდან საგზაო ქსელის რეაბილიტაციასა და მოდერნიზაციაზე ყოველწლიურად იხარჯება ასეულობით მილიონი ლარი, რის შედეგად გაუმჯობესდა შიდასახელმწიფოებრივი და ადგილობრივი გზების ქსელის გარკვეული ნაწილი, აგრეთვე ქალაქებისა და სხვა დასახლებული პუნქტების გზებისა და ქუჩების ქსელი [12,32].

საქართველოს მთავრობის მიერ 2016 წელს მიღებული გადაწყვეტილებით უახლოეს 4-5 წელიწადში საქართველოში 1000კმ-მდე საავტომობილო გზების მშენებლობა-რეკონსტრუქცია იგეგმება. ქვეყნის სივრცითი მოწყობის ეს პროექტი მთავრობის მიერ შემუშავებულ 4 პუნქტიანი რეფორმების გეგმის ყველაზე უფრო მამტაბური კომპონენტია. სივრცითი მოწყობის პროექტი სივრცის რაციონალურ, მდგრად და დაბალანსებულ დაგეგმვას, ასევე ტრანსპორტის, მშენებლობის, ენერგეტიკის, ტურიზმის, წარმოების და სხვა სექტორების ინტეგრირებულ და ტერიტორიულ განვითარებას, ქალაქებსა და სოფლებს შორის კავშირების გაუმჯობესებას ითვალისწინებს. მთელი საქართველოს მამტაბით დაპროექტდება და დაიგეგმება რეგიონების დამაკავშირებელი სატრანსპორტო ქსელი. მთლიანობაში, 2020 წლის ჩათვლით დაგეგმილია 1000კმ-მდე საავტომობილო გზის მშენებლობა და რეკონსტრუქცია. სამუშაოთა სავარაუდო ღირებულება მიახლოებით შეფასებულია 3,5 მილიარდ დოლარად. იგეგმება 550კმ ავტომაგისტრალის მშენებლობა, ასევე 800კმ-მდე გზის რეაბილიტაცია, 300-მდე სახიდე გადასასვლელის და 50 საავტომობილო გვირაბის მშენებლობა. სივრცითი მოწყობა ასევე ითვალისწინებს რკინიგზის სადგურების, საზღვაო პორტებისა და აეროპორტების აშენებას და რეაბილიტაციას.

ჩვენის აზრით ზემოთ აღნიშნული პროგრამის შესრულება 4-5 წელიწადში მოითხოვს ინტელექტუალური, ფულადი, მატერიალური და შრომითი რესურსების ისეთ დონეზე მობილიზებას, რომელსაც საქართველო თუნდაც საგარეო ფინანსური რესურსების მოზიდვის გაზრდის პირობებშიც ვერ შეძლებს. მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ საგზაო ქსელის მაღალ დონეზე განვითარებასა და შემდგომ ექსპლუატაციას სჭირდება ათეულობით წელი და ბიუჯეტიდან არანაკლები 3-4%-ის გამოყოფა ყოველწლიურად. დაჩქარებული განვითარებისთვის საჭიროა არანაკლებ 7-8% სახელმწიფოს ბიუჯეტიდან და ამდენივე წელი [33,34,35].

ჩვენ მიერ ქვემოთ მოყვანილია მოსაზრებები საქართველოს საავტომობილო გზების ქსელის განვითარებისა და პრიორიტეტული ობიექტების შესახებ, რომლებიც გულისხმობს სამუშაოთა 10 წელიწადში განხორციელებას, ყოველწლიური დაფინანსებით არანაკლებ 500 მლნ ამერიკული დოლარის ექვივალენტის ოდენობით.

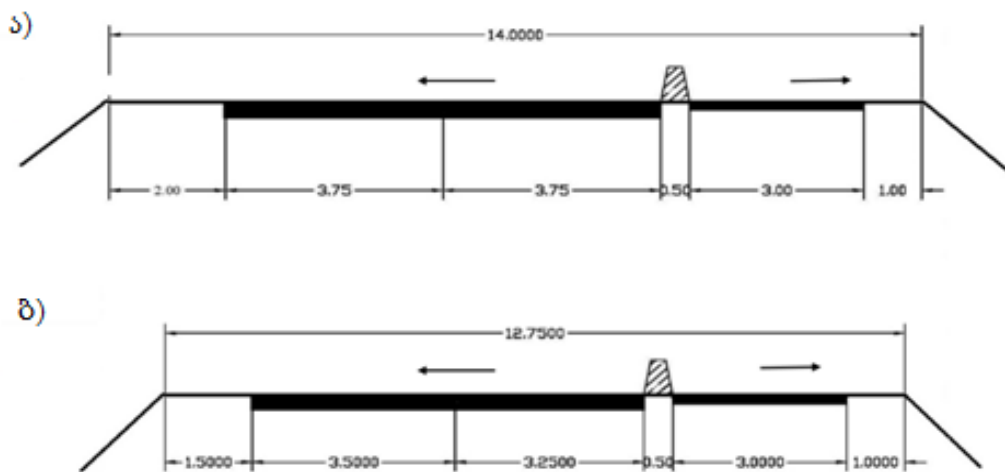
საქართველოს საგზაო ქსელის განვითარების უახლოესი და უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა ქვეყნის გამჭოლი, საერთაშორისო E – 60 ოთხზოლიანი ავტომაგისტრალის წითელი ხიდი-თბილისი-ხაშური-სამტრედია-გრიგოლეთის მონაკვეთების დამთავრება. აუცილებელია სარფი-ბათუმი-ფოთი-ანაკლიას მონაკვეთის რეკონსტრუქცია ასევე 4 ზოლიან მაგისტრალად გადასაქცევად, რომელიც მომავალი შავიზღვისპირეთის წრიული საერთაშორისო ავტომაგისტრალის ნაწილი გახდება. აფხაზეთში ჩვენი იურისდიქციის აღდგენის შემდეგ ანალოგიური მაგისტრალი უნდა გაგრძელდეს ანაკლია-ოჩამჩირე-სოხუმი-გაგრა-ფსოუს მონაკვეთზე.

მიზანშეწონილია უახლოეს ხანში ვაზიანი-ბაკურციხის და ნატახტარი-ჟინვალის მონაკვეთების ოთხზოლიან მაგისტრალად რეკონსტრუქცია. შემდგომ კი ბაკურციხიდან ლაგოდეხამდე მისი გაგრძელება აზერბაიჯანთან დასაკავშირებლად. ასევე აუცილებელია სომხეთთან დამაკავშირებელი ავტომაგისტრალის მიყვანა სადახლომდე,

საიდანაც უკვე სომხეთის გადაწყვეტილების მიხედვით შესაძლებელი გახდება საზღვრამდე მისვლა ახკერპის გავლით ან არსებული რკინიგზის გასწვრივ.

უნდა გაირკვეს უმნიშვნელოვანესი პრინციპული საკითხი, როგორ გადაწყდეს ხაშურსა და ზესტაფონს შორის ავტომაგისტრალი. ამ პრობლემური საკითხის რაციონალურ გადაწყვეტას თეორიული მნიშვნელობა გააჩნია, ვინაიდან ამ კონკრეტულ მაგალითზე მიღებული გამოცდილება და დასკვნები საფუძვლად დაედება მომავალში ანალოგიურ პირობებში ოპტიმალურ საპროექტო ვარიანტის შერჩევის რეკომენდაციებს. ქართველი სპეციალისტების კ. მჭედლიშვილის და ო. ქუცნაშვილის აზრით, [1,36] ძირულას მჭიდროდ დასახლებულ და ვიწრო ხეობაში 4 სავალი ზოლის გატარება, თუნდაც შემხვედრ მიამართულებათა ცალკე ტრასირებით ეკოლოგიური და სოციალური კატასტროფის ტოლფასი იქნება. გაცილებით მიზანშეწონილია არსებული რიკოთი-ზესტაფონის მონაკვეთის რეკონსტრუქცია სამზოლიანი მოძრაობისათვის: ორი ცალმხრივი ზოლი ავტომაგისტრალისთვის და მესამე, 0,5 მ სიგანის ნიუჯერსის ტიპის ცალფა ბარიერით გაყოფილი ზოლი ადგილობრივი ნაკადებისათვის  $2 \times 3,75 + 3,0$  მ. სიგანის სავალი ნაწილითა და შესაბამისი გვერდულებით 2,0 და 1,0 მ. ეს ჯამში მოგვცემს 14მ სიგანის მიწის ვაკის (ნახ.17ა). ქუთაისი-თბილისის მიმართულებაზე მიზანშეწონილია მოეწყოს ანალოგიური განივი პროფილის მქონე ავტომაგისტრალის მონაკვეთი ჩხერიმელას ხეობაში, რომელიც გამოიყენებს არსებული საავტომობილო გზის მიწის ვაკის კ.მჭედლიშვილი და ო.ქუცნაშვილი გვთავაზობდნენ აღმოსავლეთ-დასავლეთ საქართველოს შემაერთებელი ახალი 12კმ სიგრძის სარკინიგზო გვირაბის აშენების შემდეგ უფუნქციოდ დარჩენილ წიფის გვირაბის გამოყენებას საავტომობილო მიმოსვლისათვის. ჩვენი აზრით, უფრო მიზანშეწონილია წიფის გვირაბის დატოვება რკინიგზით მგზავრთა გადაადგილებისათვის, ხოლო საავტომობილო მოძრაობისათვის წარმატებით შეიძლება გამოყენებული იქნეს რკინიგზის ძველი

საუღელტეხილო მონაკვეთი, რომელიც ფუნქციონირებდა 1891 წლამდე, წიფის გვირაბის მწყობრში შესვლამდე [37]. ეს მონაკვეთი დღეს მიმდებარე სოფლებს შორის საავტომობილო მიმოსვლას ემსახურება, მისი გრძივი ქანობი არ აჭარბებს 4,5%-ს უღელტეხილის სიმაღლეა 990მ. აქედან გამომდინარე მისი გადაკვეთა თანამედროვე საავტომობილო მაგისტრალით ახალი გვირაბისა და მის მისასვლელებთან მნიშვნელოვანი მიწის სამუშაოების გარეშე სრულიად შესაძლებელია. გზის ამ რთულ მონაკვეთზე შეიძლება გერმანიისა და ავსტრიაში მიღებული [27] თანამედროვე სამთო მაგისტრალების მსგავსად გამჭოლი მოძრაობისათვის გამოვიყენოთ, სქემა: 3,25+3,5 მ ორი სავალი ზოლი 1,5+1,0 მ სიგანის გვერდულებით (ნახ.17.ბ).



**ნახ.17. სამთო პირობებში საავტომობილო მაგისტრალის ცალკე ტრასირებისთვის შემოთავაზებული განივი პროფილები**

გზის ეს მონაკვეთი შეუერთდება ავტომაგისტრალს, ზესტაფონსა და თერჯოლას შორის გაშლილ ველზე. ურთულესი რელიეფისა და გეოლოგიის პირობებში მინიმალური დანახარჯებით მოხდება მგზავრებისა და ტვირთების უსაფრთხო, ეკონომიური გადაადგილება, დაცული იქნება გარემო და რიკოთის ახალი გვირაბის ასაშენებლად აღარ დაიხარჯება ასეულ მილიონობით ლარი. მდინარე ჩხერიმელას ხეობის გამოყენება გამოაცოცხლებს ხეობაში არსებულ დასახლებულ პუნქტებს, შექმნის მრავალ

ახალ სამუშაო ადგილს, უზრუნველყოფს ადგილობრივი მოსახლეობის უფრო კომფორტულ, ეკონომიურ და უსაფრთხო გადაადგილებას.

ასეთი ტიპის საპროექტო გადაწყვეტილება მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას ანალოგიურ რთულ პირობებში ავტომაგისტრალების გაყვანისას, ვინაიდან შესაძლებლობას იძლევა იგივე ხეობაში ავტომაგისტრალზე ფასიანი გავლის შემოღების შემთხვევაში გაყვანილ იქნას ალტერნატიული უფასო გზა ან ადგილობრივი სატრანსპორტო ნაკადებისათვის განკუთვნილი ზოლი იყოს უფასო. საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების გადაუდებელი ამოცანაა დიდი სიგრძის (> 2–3) კმ. და დიდი ჩაღრმავების (> 500–700) მ. გვირაბების უახლოეს ხანში აშენება, რომელიც უზრუნველყოფენ კავკასიონის მთავარი ქედის და მისი განშტოებით დანაწევრებულ ქართულ კუთხეებს. საქართველოს სხვა ნაწილებთან წლის განმავლობაში უწყვეტი და უსწრაფესი კავშირით (ცხრილი 7). პირველი ასეთი ობიექტია მლეთა-კობის შემაერთებელი გვირაბი, რომელიც საქართველოს ეკონომიკისა და უსაფრთხოებისათვის უმნიშვნელოვანეს ქართულ პროვინციას ხევს დააკავშირებს მთიულეთთან და შემდგომ მთელ საქართველოსთან. მისი ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთება 2 ათეულ წელზე მეტი ხნის წინაა ქართველი სპეციალისტების მიერ შემუშავებული და გარკვეული ცვლილებებით მისი გამოყენება სრულიად შესაძლებელია. შემდეგი ობიექტი ბარისახო-შატილის შემაერთებელი გვირაბია. მისი პორტალების ადგილმდებარეობის დაზუსტება და გვირაბის დეტალური დაპროექტება საკმაოდ მოცულობის ტექნიკური და ეკონომიკური საკითხების გადაწყვეტას მოითხოვს, მაგრამ მთავრობის სათანადო გადაწყვეტილების შემთხვევაში ეს სრულიად შესაძლებელია შესრულდეს უმოკლეს ხანში. ასეთივე მოსაზრებით მიზანშეწონილია უახლოეს ხანში გადაწყდეს საკითხი მდ. სტორის ხეობის გავლით თუშეთის დანარჩენ საქართველოსთან შემაერთებელი გვირაბის აშენების შესახებ, რომელიც დაახლოებით 1500-

1800მ განლაგებული პორტალებით თავიდან აგვიცილებს ახანოს 3000მ სიმაღლეზე მდებარე უღელტეხილით სარგებლობას.

**ცხრილი 7**

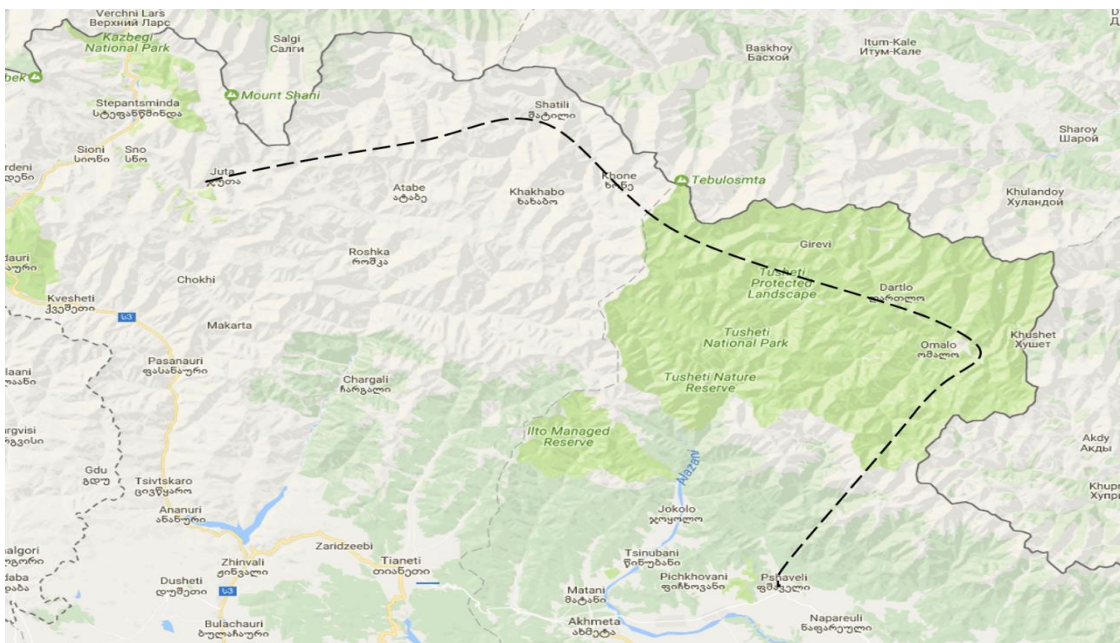
**საქართველოს საავტომობილო გზებზე რეკომენდებული ახალი გვირაბები**

| N | გზის დასახელება        | დანაშნულება                 | რომელ ქედს ჰკვეთს        | რომელი უღელტეხილის ალტერნატივაა | რომელ მდინარეთა ხეობებს აერთებს | პორტალების სავარაუდო სიმაღლე ზღვის დონიდან | სავარაუდო სიგრძე, კმ. | მისასვლელ გზაზე ჩასატარებელი ღონისძიებები |
|---|------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------|---|
| 1 | ნატახტარი - ლარსი      | საერთაშორისო ავტომაგისტრალი | კავკასიონის მთავარი ქედი | ჯვარი 2379, V-XI                | მთიულეთის არაგვის თერგი         | 1200-1400                                  | 9-10                  | რეკონსტრუქცია                             |
| 2 | ბარისახო-შატილი        | შიდასახელმწიფოებრივი გზა    | კავკასიონის მთავარი ქედი | დათვის ჯვარი 2776, VI-X         | ფშავის არაგვის არღუნი           | 1500-1700                                  | 7-8                   | რეაბილიტაცია                              |
| 3 | ფშაველი-ომალო          | შიდასახელმწიფოებრივი გზა    | კავკასიონის მთავარი ქედი | ახანო 2926, V-X                 | სტორი-პირიქითა ალაზანი          | 1500-1700                                  | 5-6                   | რეაბილიტაცია                              |
| 4 | ლენტეხი-მესტია         | შიდასახელმწიფოებრივი გზა    | სვანეთის ქედი            | ქედის სიმაღლე 3559 მ            | ცხენისწყალი-ენგური              | 1500-1700                                  | 7-8                   | ახალი გზის აშენება                        |
| 5 | ვაზიანი-გომბორი-თელავი | შიდასახელმწიფოებრივი გზა    | გომბორი                  | გომბორი 1620, I-XII             | იორი-თურდო                      | 1200-1400                                  | 3-4                   | მისასვლელის აშენება                       |
| 6 | ტყიბული-ამბროლაური     | შიდასახელმწიფოებრივი გზა    | ნაქერალა                 | ნაქერალა 1218 I-XIII            | -                               | 800-1000                                   | 2-3                   | რეაბილიტაცია                              |
| 7 | ბაქო-ფოთი              | საერთაშორისო ავტომაგისტრალი | მესხეთის ქედი            | ქედის სიმაღლე 2300 მ            | გუბაზეული(სუფსა) - ქვაბლიანი    | 1200-1400                                  | 5-6                   | ახალი გზის აშენება                        |

საქართველოს ჩრდილოეთი კუთხეების, ხევის, ხევსურეთისა და თუშეთის აღორძინებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს კავკასიონის



მთავარი ქედის გასწვრივ შიდასახელმწიფოებრივი დანიშნულების საავტომობილო გზის აშენებას, რომელიც ხევიდან სნო-ჯუთას გავლით გადალახავს არხოტის უღელტეხილს, დაეშვება ასას ხეობაში, შემდეგ გადავა არღუნის ხეობაში და შევა შატილში. არღუნის ხეობიდან თებულოს მთის უღელტეხილის გავლით დაეშვება პირიქითა ალაზნის ხეობაში და შეუერთდება ომალო-ფშაველის არსებულ საავტომობილო გზას. ხევის, თუშეთისა და პირიქითა ხევსურეთის დიდი სიგრძისა და ჩაღრმავებების გვირაბებით დანარჩენ საქართველოსთან დაკავშირების შემდეგ მიზანშეწონილი გახდება ზემოხსენებულ სნო-შატილი-ომალოს მიმართულებისთვის არხოტისა და თებულოს უღელტეხილების მონაკვეთების შეცვლა ანალოგიური ტიპის გვირაბებით (ნახ.18).

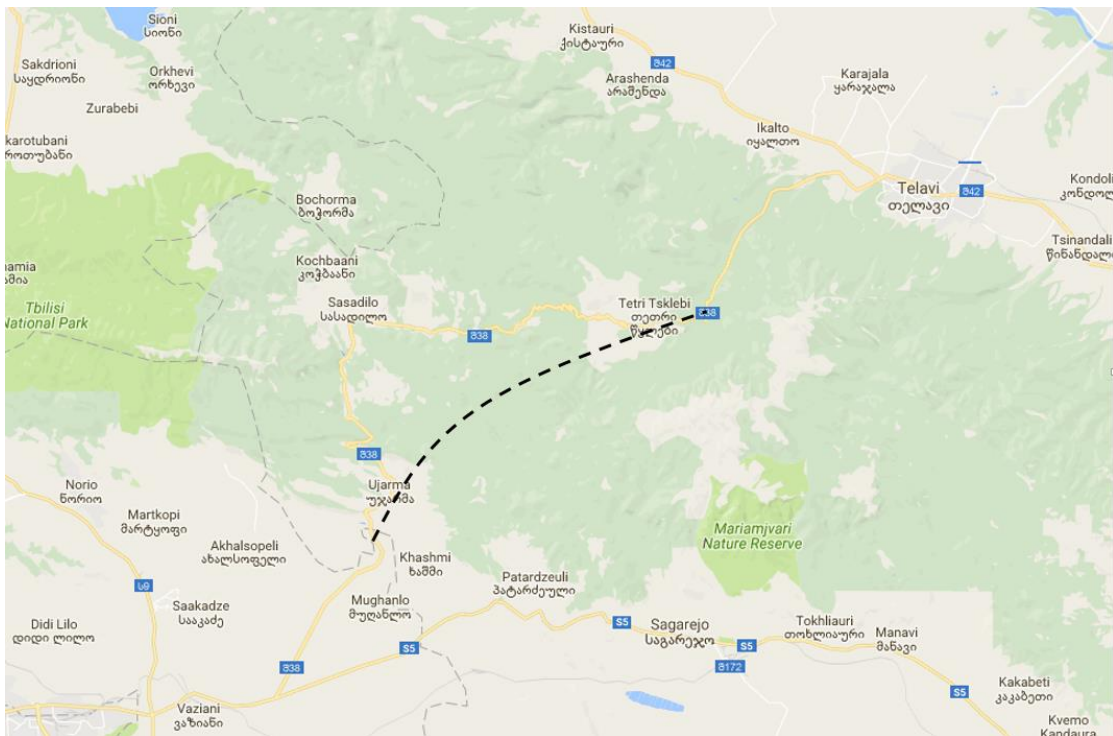


**ნახ.18 . ჯუთა-შატილი-ომალო-ფშაველის საავტომობილო გზის სავარაუდო მიმართულება**

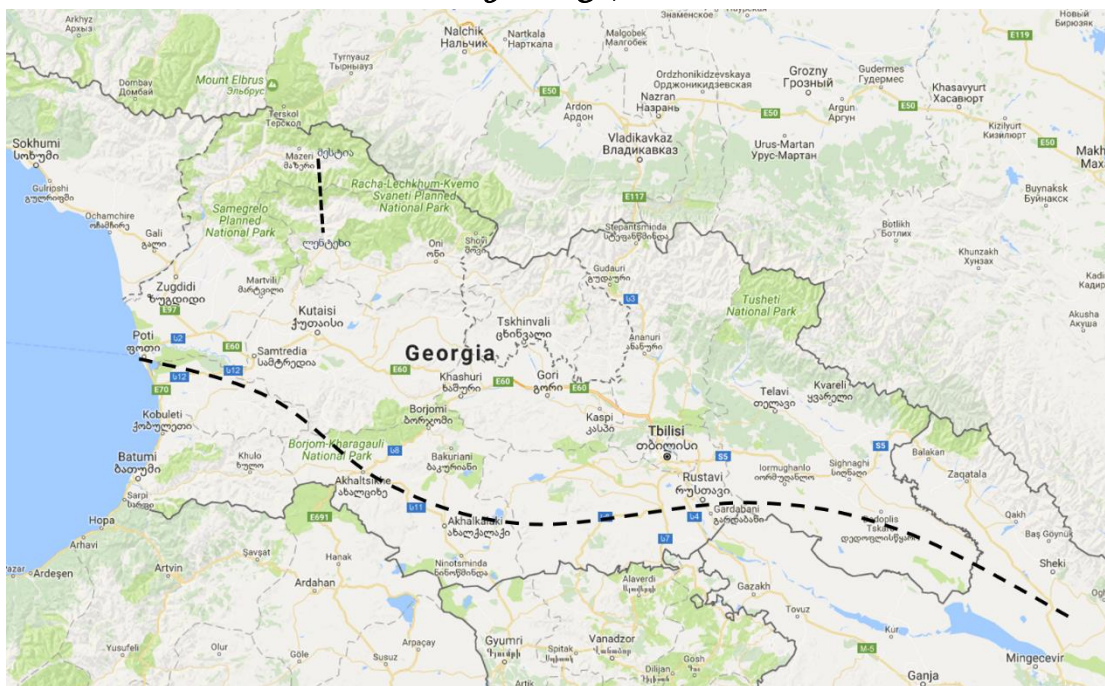
ეს გვირაბები შესაძლებელს გახდის პირიქითა ხევსურეთში ასას და არღუნის ხეობებში კვლავ გაჩნდეს მუდმივი დასახლებული პუნქტები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამ ტერიტორიაზე ეროვნული ეკონომიკის შესაბამისი დარგების (ტურიზმი, მეცხოველეობა, სოფლის მეურნეობის სხვა მაღალმთიანი სახეობები) განვითარებას. იმავდროულად გადაწყდება მეორე უმნიშვნელოვანესი ამოცანა, საზღვრების დაცვის მკვეთრად გაუმჯობესება.

ამ გვირაბების აშენების შემდეგ მიზანშეწონილია რამდენიმე გვირაბის აშენება შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის საავტომობილო გზებზე. აუცილებელია თბილისსა და თელავს შორის უმოკლეს მიმართულებაზე არსებული გომბორის საუღელტეხილო მონაკვეთის შეცვლა გვირაბით. ამჟამად გზის გეგმა და გრძივი პროფილიც სამკუთხედის მოხაზულობისაა. გეგმაში იგი სოფ. ხაშმის ჩრდილოეთით მიჰყვება ივრის ხეობას და შემდეგ სოფ. სასადილოდან მკვეთრად უხვევს აღმოსავლეთით, ადის გომბორის უღელტეხილზე გადალახავს მას და შემდეგ მდ. თურდოს გასწვრივ ჩრდილო აღმოსავლეთის მიმართულებით მიემართება თელავისკენ. მიზანშეწონილია ახალი მონაკვეთი ამ სამკუთხედის ფუძეს გაჰყვას არსებული გზიდან ჩრდილო აღმოსავლეთის მიმართულებით, სოფ. ხაშმსა და სოფ. უჯარმას შორის გადაკვეთოს მდ.იორი, გაყვას სამების მონასტრისკენ მიმავალ ხეობაში გრუნტის გზას, 1200–1300მ ნიშნულზე გადაკვეთოს გომბორის ქედი, გავიდეს მდ. თურდოს ხეობაში და ამჟამინდელი საუღელტეხილო მონაკვეთის დასაწყისის აღმოსავლეთით მდ. თურდოს ხიდთან შეუერთდეს შუამთა-თელავის მონაკვეთს. ამგვარად გეგმაში არსებული სამკუთხედის ორი გვერდის მაგიერ გაყვება სამკუთხედის ფუძეს, რაც თავიდან აგვაცილებს 1930-იანი წლების ნორმატივებით აგებულ, ამჟამად სსშ მაღალი რისკის მქონე ორ საუღელტეხილო მონაკვეთს, რომლებიც ასევე წარმოადგენენ გრძივ პროფილში ტოლფერდა სამკუთხედს, წვეროთი გომბორის უღელტეხილზე (ნახ.19). მესხეთის ქედის გადაკვეთა საავტომობილო გვირაბით შესაძლებელს გახდის მდ.ქვაბლიანის ხეობის დაკავშირებას მდ. გუბაზოულის ხეობასთან, რის შედეგადაც შესაძლებელი გახდება ბაქოდან ფოთისკენ პირდაპირი საჰაერო ხაზის გასწვრივ ბაქო-წითელი ხიდი-გრიგოლეთის ალტერნატიული საავტომობილო მაგისტრალის აშენება, (ნახ.20). რომელიც გარე კახეთის, ქვემო ქართლისა და სამცხე-ჯავახეთის გავლით უზრუნველყოფს საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვების დიდ მოცულობას, შეამსუბუქებს იმერეთისა და ქართლის

მჭიდროდ დასახლებულ რეგიონებში გაცვანილი ავტომგისტრალის დატვირთვის დიდი ტვირთგამწეობის ავტომობილებისგან. [26]



**ნახ. 19. ვაზიანი-გომზორი-თელავის საუღელტეხილო მონაკვეთის ალტერნატივა ივრისა და თურდოს ხეობების უმოკლესი გზით დაკავშირება (გვირაბის ვარიანტი).**



**ნახ. 20. ბაქო-წითელი ხიდი-გრიგოლეთის მონაკვეთის დუბლიორი ავტომგისტრალი, საინგილოს, ივრის ხეობის, ქვემო ქართლის, ჯავახეთისა და მესხეთ-გურიის გავლით.**

სვანეთის ქედზე 1500-1700მ სიმაღლეზე 7-8კმ სიგრძის საავტომობილო გვირაბის აშენება უზრუნველყოფს ლენტეხი-მესტიას შორის პირდაპირ, შეუფერხებელ კავშირს და ხელს შეუწყობს სვანეთში ტურიზმის და ზამთრის სპორტის სახეობების განვითარებას, მკვეთრად გააუმჯობესებს ევროპის მაღალმთიანი სოფლებისა და მთელ რეგიონში სოციალურ-ეკონომიკურ პირობებს. იგი 60კმ-ით შეამცირებს მესტიასა და ლენტეხს შორის დღეს არსებულ საავტომობილო მარშრუტს ლახდილის უღელტეხილის გავლით.

ტყიბული-ამბროლაურის მონაკვეთებზე მდებარე ნაქერალას უღელტეხილი არაა მაღალი, სულ 1217მ, მაგრამ მასზე ასასვლელი საუღელტეხილო მონაკვეთები ძალზედ რთული გეგმისა და გრძივი პროფილის მქონეა. ადრე გაზაფხულსა და გვიან შემოდგომაზე ხშირია ნისლიანი დღეები, ხოლო ზამთარში ხშირად 2-3 დღის განმავლობაში თოვლის საფარი აფერხებს მიმოსვლას. თუ გავითვალისწინებთ ამ მონაკვეთზე მოძრაობის მაღალ ინტენსივობას, მისი ზრდის ტემპისა და მარშრუტის პოპულარობას, მიზანშეწონილია მასზე გვირაბის აგება პორტალით არაუმადლეს 1000მ.

საქართველოს საგზაო ქსელის დიდი ნაწილი მჭიდროდ დასახლებული სოფლების ტერიტორიაზე გადის და ფაქტობრივად ძველი საურმე გზის ტრასაა ასფალტობეტონის თანამედროვე საფარით. ასეთი მონაკვეთების შეცვლაზე მიღებული გადაწყვეტილების განზოგადებას, საკმაო თეორიული მნიშვნელობა აქვს ანალოგიურ სიტუაციაში, რაციონალური საპროექტო გადაწყვეტილების მისაღები რეკომენდაციების შესამუშავებლად. ასეთია მაგალითად კახეთის რეგიონში, შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის გზის ბაკურციხე-თელავისა და ბაკურციხე-წნორის მონაკვეთები.

მაღალი ინტენსივობის გამჭოლი და ადგილობრივი მოძრაობა, არასაკმარისი სიგანის გვერდულები, რომლებიც ფაქტიურად ტროტუარების როლს ასრულებენ, ამცირებენ მოძრაობის სიჩქარეს. მაღალია ავარიების რისკი მძიმე შემთხვევებით, გამონაბოლქვითა და ცვეთის პროდუქტებით იწამლება სოფლების ტერიტორია და მიმდებარე სასოფლო სამეურნეო

სავარგულები. საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტამენტის წინასწარი საპროექტო წინადადებით [6] ტრასა გამჭოლი მოძრაობისთვის უნდა გავიდეს ალაზნის არხის გასწვრივ, არხის კუთვნილ განთვისების ზოლში, სადაც მინიმალური იქნება დანახარჯები ტერიტორიის გამოსყიდვაზე, მიწის ვაკისისა და ხელოვნური ნაგებობების მოწყობაზე.

ჩვენი აზრით, ეს გადაწყვეტილება არასწორია, ვინაიდან ინტენსიური სატვირთო და მსუბუქი ავტომობილების ნაკადის უშუალოდ ძვირფასი სასოფლო სამეურნეო კულტურების გაშენებული სავარგულების გასწვრივ, ამ შემთხვევაში ვენახების გასწვრივ, გადაადგილება დიდ ეკოლოგიურ პრობლემებს შეუქმნის მსოფლიოში ცნობილ, მევენახეობის უნიკალურ მიკრორაიონებს, მკვეთრად გაუარესდება ყურძნის ხარისხი და დაეცემა ღვინოების საექსპორტო პოტენციალი. ეკონომიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით, გაცილებით უკეთესია ტრასის გატარება სოფლების ზემოთ ცივგომბორის ტყიან ფერდობზე. ამ ვარიანტში რელიეფის სირთულის გამო, გაიზრდება მიწის ვაკისისა და ხელოვნური ნაგებობების ღირებულება, სამაგიეროდ ტრანზიტული ტრასა და სოფლებიდან მასზე მისაერთებელი მონაკვეთები აღარ დაიკავებენ უძვირფასეს სასოფლო სამეურნეო სავარგულებს. ამ საკითხების გადაჭრისათვის გზების რეკონსტრუქციის ვარიანტების შერჩევას აუცილებელია მოძრაობის უსაფრთხოებისა და ეკოლოგიური პრობლემების რაოდენობრივი შეფასება. აუცილებელია ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების პროცესში თანამედროვე, მთაგორიანი რელიეფის პირობებისათვის მისადაგებული მეთოდები, რომლებშიც [26,31,38,39,] დეტალურად იქნება გაანგარიშებული მოძრავი შემადგენლობის სატრანსპორტო დანახარჯები, გამონაბოლქვისა და ცვეთის პროდუქტების რაოდენობა და ტოქსიკურობის ხარისხი.

ვაკე რელიეფში გამავალი შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის გზები უმეტესად მჭიდროდ დასახლებული სოფლების ტერიტორიაზეა გაყვანილი. მაგალითად ასეთი პრობლემების მქონეა კოლხეთის დაბლობზე გამავალი შიდა სახელმწიფოებრივი გზების ქსელის უდიდესი ნაწილი:

ქუთაისი-ხონი-მარტვილი, სამტრედია-სენაკი-ფოთი და ა.შ. საქართველოს სხვა რეგიონებიც, შიდა ქართლსა და ქვემო ქართლში. მიზანშეწონილია ასეთი მონაკვეთების სტატუსის შეცვლა. მათ უნდა შეასრულონ მხოლოდ ადგილობრივი გზების როლი. რეგიონებსა და რაიონებს შორის კავშირისათვის განკუთვნილი შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის გზები უნდა გაყვანილი უნდა იქნას დასახლებული პუნქტების გვერდის ავლით. ამ პუნქტებიდან დაშორების სიდიდე, ანუ მისასვლელი მონაკვეთების მიმართულების დადგენა უნდა მოხდეს ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების შესაბამისი მეთოდების გამოყენებით.

საქართველოს ტურისტული პოტენციალის შემდგომი განვითარებისათვის მნიშვნელოვანია კურორტ ბახმაროსა და ოზურგეთის შემაერთებელი საავტომობილო გზის რეკონსტრუქცია, რომლის პროექტი 25-მდე წლის წინ მეტად მაღალკვალიფიციურადაა შესრულებული ქართველი მეგზევე ინჟინრების მიერ. ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილი იქნება მდ.გუბაზოულის ხეობაში გამავალი საავტომობილო გზის პარალელურად მდინარეების ბახვისწყალის ან ნატანების ხეობაში პარალელური ვიწროლიანდიანი რკინიგზის გაყვანა, რომელიც ამ ადგილებისთვის ჩვეული, უხვთოვლიანი ხანგრძლივი ზამთრის პირობებში, უზრუნვეყოფს შეუფერხებელ მიმოსვლას, რამდენჯერმე გაიზრდება ბახმაროსა და მისი მიმდებარე ტერიტორიების რეკრეაციული შესაძლებლობები, აქედან გამავალი დიდი დადებითი შედეგებით ეროვნული ეკონომიკისათვის.

საქართველოს საგზაო ქსელის სრულყოფისათვის გადაუდებელი ამოცანაა ცენტრალური ავტომაგისტრალის ალტერნატიული მონაკვეთის, მცხეთა-კავთისხევი-ხაშური შექმნა და მისი მიერთება განივი კავშირებით ჯავახეთთან თრიალეთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობებზე არსებული ტანას, ძამას და თეძამის ხეობებში გამავალი გზების რეკონსტრუქციით. ხსენებული ამოცანის შესრულება უმოკლესი გზით დააკავშირებს ჯავახეთს შიდა ქართლთან, ააღორძინებს თრიალეთის ქედის ფერდობებზე არსებულ მიტოვებულ სოფლებს, სრულად გამოიყენებს მათ უმდიდრეს ტურისტულ

და რეკრეაციულ პოტენციალს და, რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია, საომარი მოქმედებების ან სხვა საგანგებო სიტუაციების პირობებში უზრუნველყოფს მგზავრებისა და ტვირთების ალტერნატიული მარშრუტებით გადაადგილებას. ამის აუცილებელობა ნათლად გამოჩნდა 2008 წლის აგვისტოს ომის შემდეგ, როდესაც აჭარაში მყოფი დამსვენებლები მოწყვეტილნი აღმოჩნდნენ თბილისისაგან.

საყურადღებოა ლენტეხისა და მესტიის პირდაპირი გზით შეერთების იდეა, რომლის რეალიზაცია საქართველოს მთავრობის გადაწყვეტილებით თანამხად საავტომობილო გზითა და სვანეთის ქედის გადამკვეთი გვირაბითაა შემოთავაზებული [32]. გზას უპირველეს ყოვლისა ტურისტული მნიშვნელობა აქვს და მისი მიზანია სვანეთში ზამთრის სპორტის განვითარების უდიდესი პოტენციალის რეალიზაციისათვის ხელის შეწყობა უწყვეტი და შეუფერხებელი მიმოსვლის განხორციელებით წლის განმავლობაში. ჩვენის აზრით, ამ კონკრეტულ შემთხვევაში ეკონომიკურად გაცილებით მიზანშეწონილი იქნება მესტია ლენტეხის შეერთება ვიწროლიანდიანი რკინიგზით. მისი სამშენებლო მოცულობა 2-3-ჯერ უფრო მცირეა იგივე ტვირთებისა და მგზავრთა გადაადგილების უნარის მქონე საავტომობილო გზასთან შედარებით. ზამთარში ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ექსპლუატაციის სიადვილე და მოძრაობის მაღალი უსაფრთხოება საავტომობილო გზასთან შედარებით იგივე საანგარიშო სიჩქარის პირობებში ნათლად გვიჩვენებს სარკინიგზო ვარიანტის უპირატესობას. ავტომობილებისა და მათი ტვირთების კონტრაილერული გადაადგილება ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზის საშუალებით კიდევ უფრო მეტ უპირატესობას ანიჭებს რკინიგზის ვარიანტს.

ზემოთ აღნიშნულ ბაჟო და ფოთის შემაერთებელ ალტერნატიულ მარშრუტზე გზის აშენებას სიმოკლესთან ერთად სხვა მრავალი დადებითი მომენტიც ახლავს. წითელი ხიდი-თბილისი-ხაშური- ზესტაფონი-ქუთაისი-სამტრედიას მიმართულება ძირითადად გამოყენებული იქნება სამგზავრო და ტურისტული მიზნებისათვის, გადაიდება მისი 6 ზოლიანად გარდაქმნის

აუცილებლობა, რაც მოგვცემს შესაბამის დადებით სოციალურ და ეკოლო-  
გიურ შედეგებს. ხსენებული მაგისტრალი უმოკლესი კავშირით შეუერთდება  
ზეკარისა და ცხრაწყაროს უღელტეხილებზე გამავალ სავტომობილო გზებს,  
რაც აბასთუმნისა და ბაკურიანის საკურორტო პოტენციალს მნიშვნელოვნად  
აამაღლებს და ამავე დროს აუცილებელს გახდის ბაღდათი-საირმე-  
აბასთუმნისა და ბორჯომ-ბაკურიანი-ცხრაწყაროს მონაკვეთების საპარკო  
გზების პარამეტრებით რეკონსტრუქციას, რათა შენარჩუნებული იქნას ამ  
ტერიტორიების უნიკალური ბუნება, იმავდროულად განავითარებს  
სერვისულ ობიექტებზე (გზისპირა სასტუმროები, საწვავით გასამართი  
პუნქტები და ა.შ.) მოთხოვნილებას, შექმნის ახალ სამუშაო ადგილებს.

ახალი მაგისტრალური გზების (საერთაშორისო და  
შიდასახელმწიფოებრივი) დაპროექტებისას აუცილებლად უნდა იყოს  
განხილული ვარიანტი შემხვედრი მიმართულების ცალკე ტრასირებით. ეს  
საშუალებას იძლევა რთული რელიეფის პირობებში მკვეთრად შევამციროთ  
მიწის ვაკისისა და ხელოვნური ნაგებობის ზომები, აიოლებს მხედველობის  
საკმარისი მანძილის უზრუნველყოფას, ვინაიდან აღარ გვაქვს გასწრების  
მანევრი ავტომობილის გადასვლით შემხვედრ მოძრაობის ზოლზე.  
გაცილებით იოლი ხდება გრძივი პროფილის რაციონალური დაპროექტება  
აღმართებსა და დაღმართებში სხვადასხვა სიდიდის ქანობებისა და  
რადიუსების გათვალისწინებით.

მაგისტრალური გზებით მაღალი ქედების გადაკვეთისას  
მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ გვირაბები, პორტალების ნიშნულით  
აღპური ზონის საზღვრებს ქვემოთ ანუ ნაკლები 1800მ სიმაღლეზე ზღვის  
დონიდან. ეს მნიშვნელოვნად გაადვილებს გვირაბის პორტალებთან  
მისასვლელი მონაკვეთების ექსპლუატაციას ზამთრის პირობებში.  
პორტალების ასეთი განლაგება ზრდის გვირაბების სიგრძესა და მთის  
მასივში შეჭრის სიღრმეს, მაგრამ ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური  
დასაბუთება დაადასტურებს, რომ ასეთი საპროექტო გადაწყვეტილება



გაცილებით ხელსაყრელია მაღალი მთის, მცირე სიგრძისა და ჩაღრმავების გვირაბებთან შედარებით.

საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი გზების რეაბილიტაციისა და რეკონსტრუქციის პროექტებში აუცილებელია საპროექტო ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკურ შედარების ნაწილში ავტომობილთა ნაკადების სატრანსპორტო დანახარჯებისა და ეკოლოგიური პარამეტრების გაანგარიშება თანამედროვე, ქართველი მეცნიერებისა და ინჟინრების მიერ შემუშავებული საქართველოს მთაგორიანი რელიეფის პირობებისადმი მისადაგებული მეთოდებით. მისადაგების სამუშაოები უკვე დაწყებულია. ქართველი მეცნიერებისა და ინჟინრების მიერ [38, 39]. აუცილებელია ამ სამუშაოების უფრო ფართოდ გაშლა და საერთაშორისო HDM სისტემის ქართული ვარიანტის შექმნა, რომელიც გაითვალისწინებს არამარტო ქვეყნის საგზაო ქსელის თავისებურებებს, არამედ საქართველოს ავტოპარკის არსებულ და პერსპექტიულ მდგომარეობასაც. ამასთან ერთად იგი გამოსადეგი იქნება სამხრეთ კავკასიის რეგიონისა და ანალოგიური რელიეფის და ბუნებრივი პირობების მქონე სხვა ქვეყნებისათვის [40,41].

ყველა ეს ამოცანა უნდა შესრულდეს უსაფრთხოების, ეკონომიურობის, ეკოლოგიურობისა და კომფორტის საერთაშორისო მოთხოვნების სრული დაცვით, უპირატესად ადგილობრივი ინჟინრების ხელით და შიდა ეკონომიკური რესურსების გამოყენებით. ეს მნიშვნელოვნად შეამცირებს საგარეო ვალის ზრდის ტემპს და უზრუნველყოფს ეკონომიკის უფრო მდგრად განვითარებას.

## **2.3 ვიწროლიანი რკინიგზა საქართველოს პირობებში**

### **2.3.1 ვიწროლიანი რკინიგზების მოწყობის მიზანშეწონილობა**

#### **საქართველოს მთიან პირობებში**

მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის საგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მაღალმთიანი რთული რელიეფის პირობებში ტურისტთა მომსახურების, ქვეყნის შიდა გადაზიდვებისა და

მრეწველობის განვითარებისათვის ფართო გამოყენება ვიწროლიანდიანმა და „კბილანიანმა“ რკინიგზებმა ჰპოვა. ჩვენ მიერ შესწავლილი იქნა საქართველოში ვიწროლიანდიანი და „კბილანიანი“ რკინიგზების ქსელის შექმნის პირობები და მისი განვითარების შესაძლო პერსპექტივა.

ვიწროლიანდიანი რკინიგზების გამოყენება უზრუნველყოფს გადაზიდვების თვითღირებულების მინიმუმამდე შემცირებას (სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯები), მისი გამოყენება იძლევა მთელი წლის განმავლობაში შეუფერხებელი და უწყვეტი მოძრაობის გარანტიას, ხოლო პერსპექტივაში, საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლებელია გადაკეთდეს ნორმალურ ან ფართოლიანდიან რკინიგზად. მისი მშენებლობა გაცილებით იაფი ჯდება, ვიდრე მაგარსაფრიანი დაბალი კატეგორიის საავტომობილო გზისა, ხოლო თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ საქართველო მცირემიწიანი ქვეყანაა, ვიწროლიანდიანი რკინიგზის მშენებლობა მიწის ვაკისის მინიმალური ზომების მიხედვით, ყველაზე ეკონომიურია. ჩვენი ქვეყნის პირობებში მგზავრთა გადაყვანა და რეგიონალური ტვირთების ცენტრალური მაგისტრალისათვის მიწოდება შესაძლებელია განხორციელდეს ვიწროლიანდიანი რკინიგზის საშუალებით.

საქართველოს პირობებისათვის გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ რეგიონული ტვირთების სიმცირის გამო, ფართოლიანდიანი რკინიგზების მშენებლობა არ არის მიზანშეწონილი. ტვირთბრუნვის გაზრდის შემთხვევაში შესაძლებელია ვიწროლიანდიანი რკინიგზის გადაკეთება ნორმალურ ან ფართოლიანდიან რკინიგზად, რაც საქართველოს სინამდვილეში განხორციელდა 1959 წელს, როდესაც მწყობრში შევიდა შორაპანი-ჭიათურის და ტყიბული-ქუთაისი ფართოლიანდიანი მონაკვეთი, რომელიც მანამდე ვიწროლიანდიანი იყო. ტურიზმის აღორძინების თვალსაზრისით, აუცილებელია მთელი წლის განმავლობაში, კლიმატური პირობების მიუხედავად, მგზავრთა გადაყვანის იაფი, უსაფრთხო და უწყვეტი მოძრაობის უზრუნველყოფა, რის საშუალებასაც იძლევა ვიწროლიანდიანი რკინიგზები.

ევროპისა და მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების მრავალი წლის გამოცდილება [11,42,43] გვიჩვენებს, რომ დროისა და მატერიალური რესურსების მინიმალური დანახარჯებით შესაძლებელია ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზებით გადაწყვეტილი იქნას მრავალი პრობლემური საკითხი: ტურიზმისა და სამთო სპორტის სახეობების განვითარება; ქვეყნის შიდა სატრანსპორტო მოთხოვნათა დაკმაყოფილება და განაპირა რეგიონებთან მთელი წლის განმავლობაში შეუფერხებელი კავშირი; დემოგრაფიის, ურბანიზაციისა და მიგრაციის პრობლემების შემსუბუქება; კულტურის ძეგლთა დაცვა და ქვეყნის ღირსშესანიშნაობათა სრული წარმოჩენა; ქვეყნის თავდაცვისუნარიანობის გაზრდა საზღვრისპირა მაღალმთიან რეგიონებში და საზღვრების დაცვის გაადვილება; ადგილობრივი სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო დარგების აღორძინება, ახალი სამუშაო ადგილების შექმნა. ბალნეოლოგიურ-კლიმატური რესურსებისა და მინერალური წყლების რაციონალური გამოყენება. ეს შესაძლებელია ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზების ძირითადი უპირატესობების გამო: მშენებლობის და ექსპლუატაციის სიახვე მაგარსაფარიან საავტომობილო გზასთან შედარებით; მთელი წლის განმავლობაში ნებისმიერ კლიმატურ პირობებში მოძრაობის უწყვეტობის, უსაფრთხოებისა და კომფორტულობის უზრუნველყოფა. რის შედეგად იქმნება ადგილობრივი საწარმოო რესურსების ამოქმედებისა და სრულად გამოყენების საუკეთესო შესაძლებლობები.

განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ამ ტიპის სატრანსპორტო საშუალების გამოყენების ეკოლოგიური უსაფრთხოების მხარეც (განსაკუთრებით ელექტრული წევის გამოყენების შემთხვევაში), რადგან სწორედ ამ პრობლემას ექცევა განსაკუთრებული ყურადღება თანამედროვე საინჟინრო პროექტების შექმნისას.

საქართველოში ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზების ქსელის შექმნისათვის, პერსპექტიული მიმართულებების დამუშავებისას, გათვალისწინებულია რეგიონალური თავისებურებანი, სამკურნალო კურორტების, კულტურის

მეგლთა, ქვეყნის საზღვრის მიმდებარე, წიაღისეულისა და გზებით ერთმანეთთან დაკავშირებული რაიონების განლაგება. ამ პირობების გათვალისწინებით, ჩვენი აზრით მიზანშეწონილია ორი გრძივი მიმართულების დაპროექტება (განსაკუთრებით სამხედრო და ტურისტული თვალსაზრისით), რომელიც ძირითადი ფართოლიანდიანი სარკინიგზო მაგისტრალის პარალელურად გაივლის საქართველოს ტერიტორიის ჩრდილოეთით და სამხრეთით მაღალმთიან რეგიონებში. რადიალური მიმართულებებით ვიწროლიანდიანი რკინიგზა დაუკავშირდება ძირითად ფართოლიანდიან სარკინიგზო მაგისტრალს.

**„ჩრდილოეთი“** - კავკასიონის მთავარი ქედის გასწვრივ დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ. იწყება გაგრიდან გაივლის ბზიფის ხეობას, უღელტეხილ ამტყელის (ზღვის დონიდან 1870მ, გახსნილია აპრილ-ოქტომბერში) გავლით გადავა ჩხალთის ხეობაში სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით, გაივლის აჟარას და გაყვება მდ. საკენის ხეობას საკენამდე, შემდეგ გადავა მეშურმას უღელტეხილზე (ზღვის დონიდან 3000მ, გახსნილია ივნის-ოქტომბერში), გაყვება მდ.ნენსკრის ხეობას და უღელტეხილის (ზღვის დონიდან 2414მ, გახსნილია მაის-ოქტომბერში) გავლით გადავა მდ.ენგურის ხეობაში ხაიშამდე. ხაიშიდან მდ.ენგურის ხეობით მესტიამდე და უშგულამდე. უშგულიდან უღელტეხილით (ზღვის დონიდან 2623მ, გახსნილია ივნის-ოქტომბერში) გადავა მდ.ცხენისწყლის სათავესთან. მდ.ცხენისწყლის ხეობის გავლით ლენტეხისაკენ, შემდეგ ცაგერისაკენ. შემდეგ გადადის მდ. რიონის ხეობაში ამბროლაურამდე, შემდეგ ურავიდან, მდ. ლუხუნისწყლის ხეობით სოფ. ლუხუნამდე და ისევ გადადის მდ. რიონის ხეობაში მის სათავესთან. შემდეგ გაივლის ღებს, ჭიორას, ონს და მდ.ღარულას ხეობით გადადის კვაისაში. გაივლის ერწოს ტბას, ჯავას, აუყვება მდ.ლიახვის ხეობას და გადადის მდ. ერმანისწყლის ხეობაში, გადაივლის ყელის უღელტეხილს ყელის ტბის რაიონში და მივა ჯვრის უღელტეხილამდე. კობიდან მივა სტეფანწმინდამდე, გაივლის სნოს, ჯუთას, უღელტეხილით გადავა ჯერ ასას ხეობაში, ხოლო შემდეგ არღუნის

ხეობაში შატილამდე. შატილიდან მდ. ანდაკისწყლის ხეობაში მუცოს გავლით ანწუხის უღელტეხილით გადადის თუშეთში. თუშეთის ალაზნის ხეობით დართლოში, შემდეგ კი ომალოში. ომალოდან აბანოს უღელტეხილის გავლით გაყვება კავკასიონის მთავარ ქედს სამხრეთ-აღმოსავლეთ მიმართულებით, გადაკვეთს მდ.ალაზნის შენაკადებს და ჩადის ლაგოდებში.

**„სამხრეთი“** - მოიცავს საქართველოს სამხრეთ ტერიტორიებს, სამცხეჯავახეთს და აჭარას. ბაკურიანიდან ციხისჯვრის გავლით გადადის მდინარე თორის ხეობაში, მთა შავი კლდის გავლით ასპინძისაკენ. შემდეგ გაივლის სოფ.რუსთავს, ვალეს, ქვაბლიანის ხეობით ზარზმას, გოდერძის უღელტეხილს, ხულოს, შუახევს, ქედას, ხელვაჩაურს და ჩავა ბათუმში.

გრძივ მიმართულებასთან ერთად საჭირო გახდება რადიალური მიმართულებების მოწყობა ცენტრიდან დაშორებულ მაღალმთიან რეგიონებამდე და ფართოლიანდიანი რკინიგზის სარკინიგზო მაგისტრალთან შესაერთებლად.

**„რადიალური“** - საქართველოს ჩრდილოეთიდან სამხრეთის მიმართულებით. აჭარა კოდორის ხეობით დაუკავშირდება ფართოლიანდიან რკინიგზას სად.დრანდასთან; ხაიშიდან ენგურის ხეობით დაუკავშირდება სად.ჯვარს. ჭიორადან გლოლას გავლით მდ.ჩანჩახის ხეობით მივა მამისონის უღელტეხილამდე; ჯავა დაუკავშირდება ცხინვალს; ჯვრის უღელტეხილიდან გუდაურის, ფასანაურის და დუშეთის გავლით დაუკავშირდება სად.მცხეთას. სოფ.კობიდან თრუსოს ხეობით მდ.თერგის სათავეებს; აბანოს უღელტეხილიდან სოფ.ფშაველის გავლით სად.თელავს. შეკვეთილიდან ოზურგეთის გავლით ბახმაროს; წყალტუბოდან ცხენისწყლის ხეობით ცაგერს; წყალტუბოდან მათხოჯის გავლით მარტვილის და ტეხურის ხეობით ლეზარდეს; ჯვარიდან მდ. ცივის ხეობით ხობს.

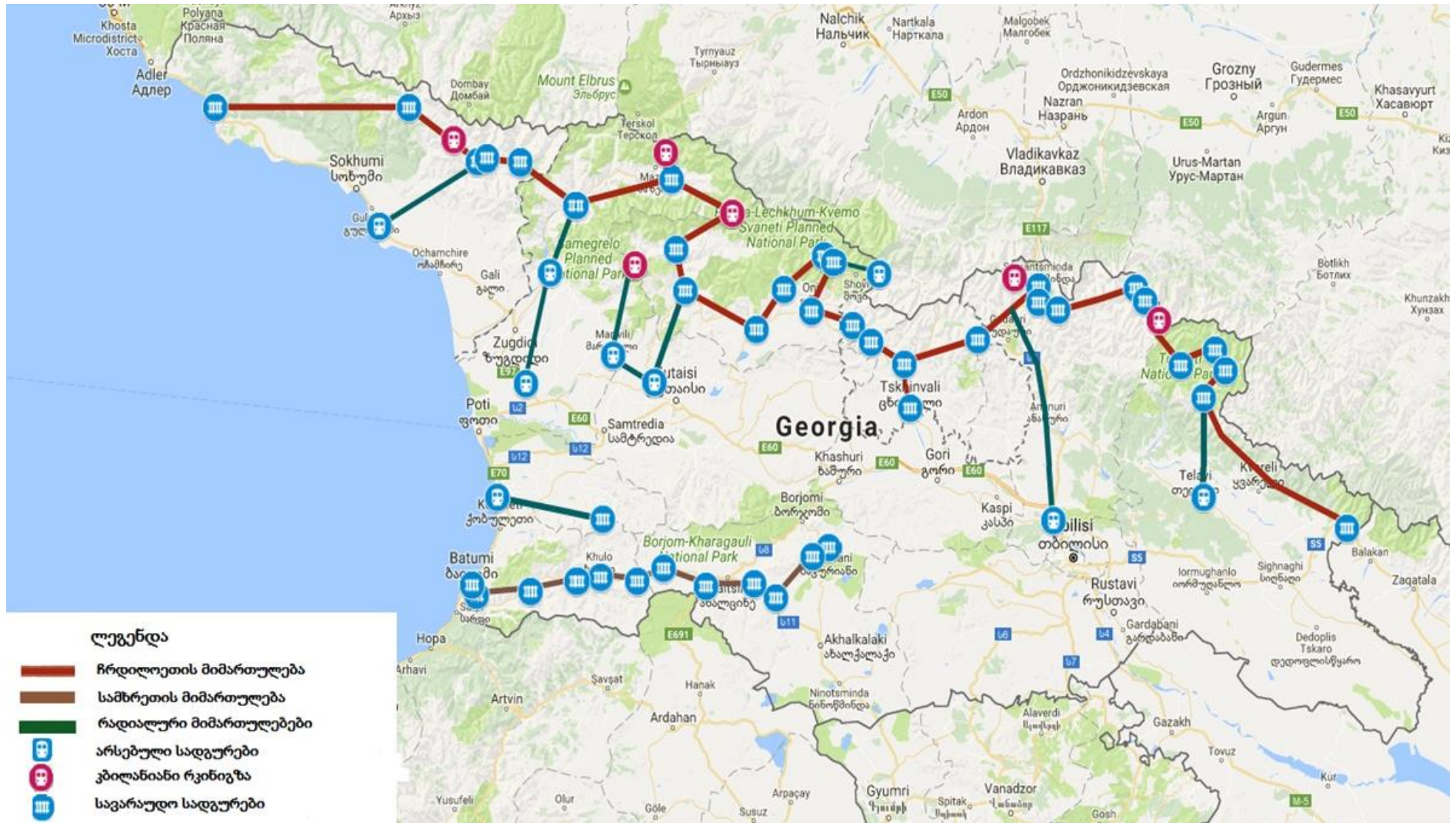
მიზანშეწონილია აგრეთვე კავკასიონის ქედის მიუვალ მწვერვალებთან აშენდეს ტურისტული დანიშნულების „კბილანიანი რკინიგზა“, რომლებიც

ევროპული გამოცდილების მიხედვით შეიძლება მოეწყოს 48%-იან აღმართზეც. გასაჩერებელ სადგურებზე შესაძლებელია მოეწყოს სამზერი ფანჯრები და მოედნები მიუვალი მთებისა და ხეობის ბუნების დასათვალერებლად, რაც ამჟამად მხოლოდ ალპინისტებს ხელეწიფებათ.

ჩვენი მოსაზრებით ზემოთ აღნიშნული „კბილანიანი რკინიგზა“ უნდა მოეწყოს კავკასიონის ქედის მწვერვალებთან, როგორებიცაა: უშბა, უშგული, მყინვარწვერი, ბორბალოს მთა, ჩხალთის ქედის ჩრდილოეთი ფერდობები (სიმაღლით 3000მ) საიდანაც ჩანს შავი ზღვის აკვატორია, კურორტ ლეზარდესთან და სხვა (ნახ.21).

ვიწროლიანი რკინიგზების განვითარების წარმოდგენილი პროგრამის განხორციელება გამოიწვევს დიდ სოციალურ-ეკონომიკურ ეფექტს, ვინაიდან შეუქცევადს გახდის ერთიანი კონსოლიდირებული ქართველი ერის ჩამოყალიბების ისტორიულ პროცესს, თავიდან აგვაცილებს მთელი საქართველოს მოსახლეობის და ეკონომიკური პოტენციალის დაგროვებას ამიერკავკასიის სატრანსპორტო დერეფნის გასწვრივ ვიწრო ზოლში და ხელს შეუწყობს მთელი ტერიტორიის გეგმაზომიერ თანაბარ განვითარებას ბუნებრივი პირობების სირთულის მიუხედავად. უზრუნველყოფს დედაქალაქს ფაქტობრივად მოწყვეტილი რეგიონების მოხერხებულ სატრანსპორტო კავშირს ცენტრალურ რაიონებთან, მნიშვნელოვნად შემცირდება განსხვავება ცენტრალურსა და პერიფერიულ რეგიონების განვითარების დონებს შორის.

მრეწველობაში მასიურად შეიქმნება ახალი სამუშაო ადგილები, აღდგება საქართველოს მრეწველობისთვის ტრადიციული დარგები - ელექტრომავალთა და ვაგონთმშენებლობა. დასაქმდება სატრანსპორტო და კომუნიკაციების ექსპლუატაციისა და მშენებლობის მრავალი სპეციალისტი.



ნახ.21.საქართველოში ვიწროლიანი რკინიგზების ქსელის სავარაუდო მიმართულებები

## 2.3.2. საქართველოს ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისთვის ძირითადი ტექნიკური პარამეტრების შერჩევა ნორმატიული ბაზის შესამუშავებლად

### 2.3.2.1. ტექნიკური ნორმატივების შემუშავების აუცილებლობა

საქართველოში არ არსებობს ვიწროლიანდიანი რკინიგზების განვითარებისათვის საჭირო ეროვნული საპროექტო ნორმატიული ბაზა. ამიტომ საჭიროა შემუშავებულ იქნას ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ქსელის განვითარებისათვის საჭირო ნორმატიულ-ტექნიკური ბაზა ქვეყნის რთული ბუნებრივი პირობების გათვალისწინებით, რომელშიც შევალიანდაგის კონსტრუქციული მოწყობის, დაპროექტებისა და მოვლა-შენახვის ძირითადი ნორმები. ნორმატიულ-ტექნიკური ბაზის შესაქმნელად, ძალიან მნიშვნელოვანია ლიანდაგის გეგმისა და პროფილის პარამეტრებსა და დასაპროექტებელი ლიანდაგის ჯგუფებს შორის კავშირის დადგენა, რაც შემდგომში საფუძველი გახდება ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზის კატეგორიებად დაყოფისა. ამ კავშირის დადგენას წინ უძღოდა საქართველოში არსებული ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ბორჯომ-ბაკურიანის და მსოფლიოს ვიწროლიანდიანი რკინიგზების პარამეტრების ჩვენს მიერ ჩატარებული ანალიზი. საქართველოს პირობებისათვის ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ახალი ტექნიკური პარამეტრების შერჩევის საკითხების დამუშავებისას გათვალისწინებულ იქნა საერთაშორისო გამოცდილება. განსაკუთრებით ყურადღებით იქნა შესწავლილი შვეიცარიის, გერმანიის, იაპონიის, რუსეთის და სამხრეთ ამერიკის ქვეყნების გამოცდილება.

მატარებლიდან გადაცემული დინამიკური დატვირთვებისა და ბუნებრივი ფაქტორების მრავალჯერადი ზემოქმედების გამო, ლიანდაგი იმყოფება მუდმივად დამაბულ-დეფორმაციულ მდგომარეობაში და მასში გროვდება ნარჩენი დეფორმაციები. ლიანდაგის კონსტრუქციის მუშაობის პირობების ელემენტარულმა დარღვევამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს მატარებლების მოძრაობის უსაფრთხოების პირობების დარღვევა, რაც დაუშვებელია, რადგანაც მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა



რკინიგზისა და ყველა სახეობის ტრანსპორტის მუშაობის უმთავრესი მოთხოვნაა.

ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ნორმებისა და ნორმებიდან დასაშვები გადახრების შესამუშავებლად ჩვენს მიერ განხილულ იქნა შემდეგი ძირითადი საკითხები:

1. ტრასირებისათვის საჭირო სახელმძღვანელო ქანობის შერჩევა;
2. გრძივი პროფილის ელემენტების სიგრძის შერჩევა;
3. გრძივი პროფილის ელემენტების შეუღლების მოწყობა;
4. ლიანდაგის გეგმის ელემენტების შერჩევა;
5. სარელსო ლიანდის პარამეტრების შერჩევა და მოწყობა (ლიანდის სიგანე, გადასასვლელი მრუდები, გარე რელსის შემადღება);
6. ლიანდაგის ზედა ნაშენის კონსტრუქციული ელემენტების შერჩევა;
7. მიწის ვაკისის ზომებისა და მისი გეომეტრიული მოხაზულობის დადგენა;
8. გამყოფი და გასაჩერებელი პუნქტების მოწყობა;
9. მოძრავი შემადგენლობის წევის სახეობის შერჩევა.

### **2.3.2.2. ვიწროლიანდიანი რკინიგზების დაყოფა ჯგუფებად**

ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ტექნიკური ნორმატივების ბაზის შესაქმნელად, საჭიროა მათი კლასიფიცირება ჯგუფების მიხედვით.

ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ჯგუფებად დაყოფა უნდა განხორციელდეს მათი დანიშნულების, გადაზიდვების ზომისა და ხასიათის წინასწარ განსაზღვრის მიხედვით, რომლის შესაბამისად შესაძლებელი იქნება ტექნიკური პარამეტრების ნორმების დაჯგუფება.

ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ჯგუფებად დაყოფის სქემა საქართველოს რელიეფის განსხვავებული სირთულის, კლიმატური პირობების, მაქსიმალური სიჩქარეებისა და მათი შესაბამისი უმცირესი დასაშვები რადიუსების სიდიდეების მიხედვით.

საქართველოს რელიეფური პირობებისა და რეგიონების არათანაბარი განვითარების გამო, ასევე მკვეთრად განსხვავებული ტვირთდამატულობისა

და მოძრაობის შესაძლო მაქსიმალური სიჩქარეებიდან გამომდინარე, ნორმების შერჩევამდე აუცილებელია წინასწარ იქნას განსაზღვრული რკინიგზების დანიშნულება, უბნის ტვირთდამაბულობა და მოძრაობის საჭირო სიჩქარეები. ამ პარამეტრების შერჩევის შემდეგ შესაძლებელია ვიწროლიანდიანი რკინიგზის გეგმის, პროფილისა და სხვა ტექნიკური პარამეტრების სიდიდეების დადგენა (ცხრ.8).

**ცხრილი 8**

**ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ჯგუფები საქართველოს პირობებისათვის**

| რკინიგზის ჯგუფი | რკინიგზის დანიშნულება | მაქსიმალური სიჩქარე, კმ/სთ |                |                       | უმცირესი დასაშვები რადიუსი, მ |                |                       | ტვირთდამაბულობა, მლნ.ტ. ბრ. კმ/წლ |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|
|                 |                       | ნორმალურ პირობებში         | რთულ პირობებში | ძალიან რთულ პირობებში | ნორმალურ პირობებში            | რთულ პირობებში | ძალიან რთულ პირობებში |                                   |
| 1               | 2                     | 3                          | 4              | 5                     | 6                             | 7              | 8                     | 9                                 |
| I               | სამგზავრო, ტურისტული  | 100                        | 80             | 50                    | 1000                          | 400            | 200                   | ტვირთდამაბულობის მიუხედავად       |
| II              | სატვირთო, სამრეწველო  | 70                         | 50             | 40                    | 600                           | 300            | 100                   | >0,3                              |
| III             | სატვირთო, სამრეწველო  | 50                         | 35             | 25                    | 400                           | 200            | 60                    | <0,3                              |

**2.3.2.3. ძირითადი საპროექტო პარამეტრების შერჩევა**

სახელმძღვანელო ქანობის შერჩევა. ბოლო წლებში განსაკუთრებით სწრაფად ხორციელდება რკინიგზის ტექნიკური საშუალებების მოდერნიზაცია, შექმნილია მაღალი სიმძლავრის ელექტრომატარებლები,

რომლებსაც შეუძლიათ ციკაბო აღმართებში მაღალი სიჩქარეების განვითარება, ამასთანავე, ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მატარებლები შედარებით მცირე წონისაა. ამიტომ ვიწროლიანდიანი რკინიგზების სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდის დადგენისას, ჩვენს მიერ გათვალისწინებულ იქნა ზემოთ აღნიშნული პირობები და მოძრაობის სიჩქარის, წლიური ტვირთბრუნვის სიდიდის, მისი პერსპექტიული ზრდის, ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით და მსოფლიოს ვიწროლიანდიანი რკინიგზების გამოცდილებით შეირჩა გრძივი ქანობის ოპტიმალური მნიშვნელობები.

ახალ ვიწროლიანდიან რკინიგზებზე, სადაც პერსპექტივაში გათვალისწინებულია ელექტრომატარებლების მაღალი სიჩქარით მოძრაობა, სახელმძღვანელო ქანობი უნდა უზრუნველყოფდეს სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯების ეკონომიკურ ეფექტიანობას. ამასთან, სახელმძღვანელო ქანობის სიდიდე შემოწმებული უნდა იქნას მატარებლის ადგილიდან დაძვრის პირობითაც. მსოფლიო ქვეყნების გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ მაქსიმალური ქანობის მნიშვნელობად I ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის შეიძლება მივიღოთ 40%, ხოლო დანარჩენი ჯგუფების ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის 60% [10,44].

შესწავლილი იქნა სხვადასხვა უბანზე განსხვავებული სიდიდის ქანობების გამოყენების შესაძლებლობა, ელექტრომატარებლების სიმძლავრეებისა და სტრუქტურულად განსხვავებული ტვირთნაკადების მიმართულებების გათვალისწინებით, რადგან ვიწროლიანდიანი რკინიგზები მსოფლიო პრაქტიკის მიხედვით ხასიათდება ტვირთნაკადებისუთანაბრობით (სამრეწველო დანიშნულების რკინიგზებზე, წიაღისეულის მოპოვებისას), რაც არასატვირთო მიმართულებით სახელმძღვანელო ქანობზე მეტი სიდიდის შეწონილი ქანობის გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა. ასეთ შემთხვევაში, სახელმძღვანელო ქანობის მაქსიმალური სიდიდე უნდა უზრუნველყოფდეს მატარებლის მოძრაობის უსაფრთხოებას დამუხრუჭების პირობით და მრუდ

უბნებზე უნდა შემცირდეს მრუდის დამატებითი წინაღობის ექვივალენტური სიდიდით.

გრძივი პროფილის ელემენტების შერჩევა. გრძივი პროფილის ელემენტების მინიმალური სიგრძეების სიდიდეები მოტანილია ცხრილ 9-ში.

**ცხრილი 9**

**სახელმძღვანელო ქანობების მიხედვით გრძივი პროფილის ელემენტების მინიმალური სიგრძეები ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის**

| რკინიგზის ჯგუფი | გრძივი პროფილის ელემენტების მინიმალური სიგრძე, მ |        |        |        |
|-----------------|--|--------|--------|--------|
|                 | 6-12‰  | 12-24‰ | 24-40‰ | 40-60‰ |
| I               | 200  | 180    | 160    | 140    |
| II              | 150  | 120    | 100    | 80     |
| III             | 100  | 80     | 60     | 50     |

გრძივი პროფილის ელემენტების შეუღლების ადგილებში, როცა ელემენტების ქანობების ალგებრული სხვაობა I ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის აღემატება 6‰-ს, II ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის 8‰-ს, ხოლო III ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის 10‰-ს, მატარებლის მდორე მოძრაობის უზრუნველსაყოფად, გამოყენებული უნდა იქნას ვერტიკალური მრუდები. I ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის ნორმალური, რთული და ძლიერ რთული პირობებისათვის, შესაბამისად ჩვენი აზრით მიზანშეწონილია ვერტიკალური მრუდები რადიუსით 5000მ – 3000მ – 2000მ. II ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის – 3000მ – 2000მ – 1000მ, ხოლო III ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის – 2000მ – 1500მ – 1000მ.

მატარებლების მდორე და უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფის მიზნით, ქანობების მკვეთრი გარდატეხის ადგილებში, ჩვეულებრივ ეწყობა გამყოფი მოედნები. ჩვენი აზრით ქანობების ალგებრული სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს ცხრილში მოცემულ სიდიდეებს (ცხრილი 10).

**ქანობების დასაშვები უდიდესი ალგებრული სხვაობა და გამყოფი მოედნების უმცირესი სიგრძე ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის**

| რკინიგზის ჯგუფი | ქანობების უდიდესი ალგებრული სხვაობა, ‰ |                  | გამყოფი მოედნების უმცირესი სიგრძე, მ |                  |
|-----------------|--|------------------|--------------------------------------|------------------|
|                 | პროფილის ჩაღრმავებებში                 | პროფილის კუბებზე | პროფილის ჩაღრმავებებში               | პროფილის კუბებზე |
| I               | 6/8                                    | 8/10             | 250/200                              | 200/150          |
| II              | 8/10                                   | 10/12            | 150/100                              | 100/80           |
| III             | 10/12                                  | 14/16            | 100/80                               | 60/50            |

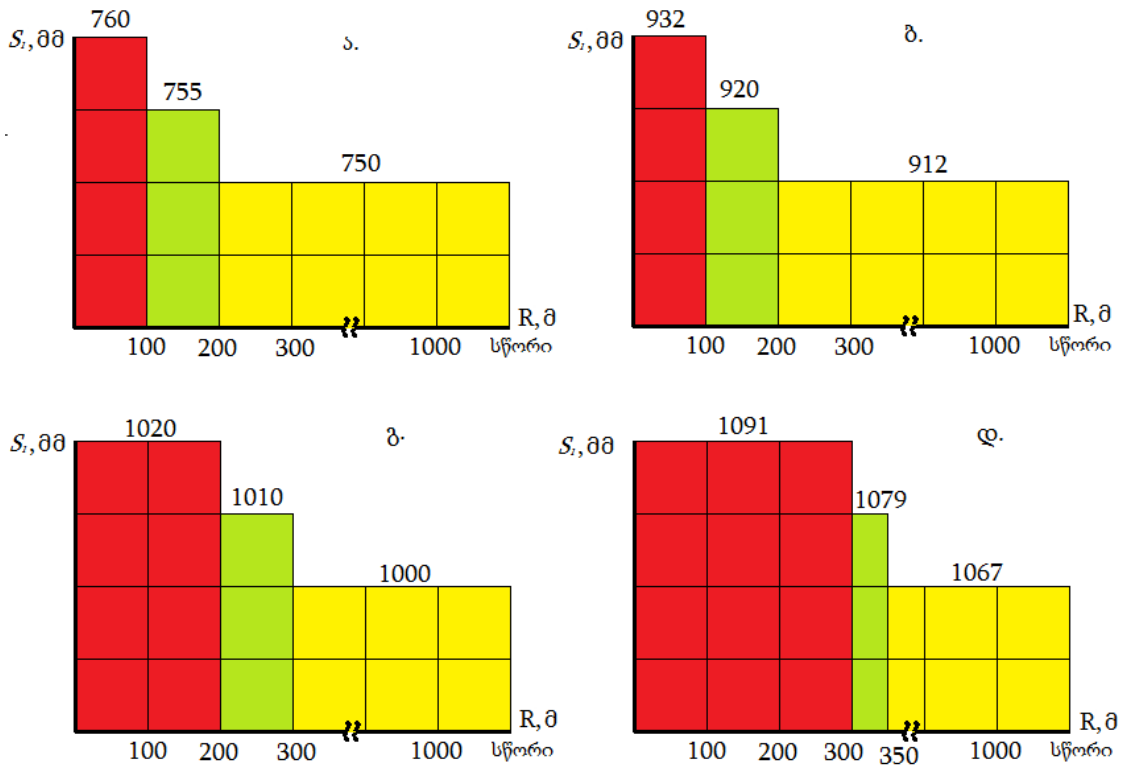
*შენიშვნა: მრიცხველში – რეკომენდებული ნორმა; მნიშვნელში – მაქსიმალური დასაშვები ნორმა.*

**ლიანდაგის გეგმის ელემენტების შერჩევა.** ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მრუდების რადიუსის შერჩევას უნდა გავითვალისწინოთ მასში ეკიპაჟის გეომეტრიული ჩაწერის, გარე რელსის შემადგენლობისა და მგზავრობის კომფორტაბელობის პირობა.

ლიანდაგის გეგმა სასურველია დაპროექტებულ იქნას გრძელი სწორი მონაკვეთებით. ტრასის მრუდხაზოვანი უბნების გამოყენება დასაშვებია იმ შემთხვევაში, თუ აუცილებელია ტოპოგრაფიული და გეოლოგიური წინაღობების თავიდან აცილება სამშენებლო დანახარჯების შემცირების მიზნით. წრიული მრუდის მინიმალურ რადიუსად დაბალი სიჩქარის პირობებში (60კმ/სთ-მდე) შეიძლება მივიღოთ 100მ. მრუდში მატარებლების მოძრაობის მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარის მნიშვნელობა შეგვიძლია გამოვთვალოთ მრუდში სიჩქარის შეზღუდვის კოეფიციენტის საშუალებით, ხოლო ეს უკანასკნელი კი გარე რელსის შემადგენლობის მნიშვნელობის დადგენის შემდეგ.

**სარელსო ლიანდის სიგანის შერჩევა.** როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული მსოფლიოში ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ლიანდის სიგანე იცვლება 381 – 1372მმ-ს ფარგლებში. საქართველოში მიზანშეწონილია ვიწროლიანდიანი

რკინიგზების ლიანდის სიგანედ შერჩეულ იქნეს რამდენიმე: 1067მმ, 1000მმ, 750მმ ან ბორჯომი-ბაკურიანის უბანზე არსებული 912მმ. ტურისტული და სამგზავრო მიზნებისათვის უმჯობესია უპირატესად 1067მმ და 1000მმ ლიანდის სიგანეების შერჩევა, ხოლო 750მმ და 912მმ ლიანდის სიგანეების შერჩევა უმჯობესი იქნება უპირატესად სატვირთო გადაზიდვებისათვის, შესაძლებელია მათი კომბინირებაც.



**ნახ.22. ლიანდის სიგანე მრუდის რადიუსზე დამოკიდებულებით: ა - 750მმ სიგანის ლიანდისათვის; ბ - 912მმ სიგანის ლიანდისათვის; გ - 1000მმ სიგანის ლიანდისათვის; დ - 1067მმ სიგანის ლიანდისათვის.**

ლიანდის სიგანე დამოკიდებულია მრუდის რადიუსზე და მოძრავი შემადგენლობის მრუდში ჩაწერის პირობებზე (ნახ.22). 750მმ სიგანის ლიანდისათვის მრუდში, როცა  $R = 200 \div 100$  მ, მაშინ  $S_0 = 755$  მმ; როცა  $R < 100$  მ, მაშინ  $S_0 = 760$  მმ; 912მმ სიგანის ლიანდისათვის მრუდში, როცა  $R = 200 \div 100$  მ, მაშინ  $S_0 = 920$  მმ; როცა  $R < 100$  მ, მაშინ  $S_0 = 932$  მმ; 1000მმ სიგანის ლიანდისათვის მრუდში, როცა  $R = 300 \div 200$  მ, მაშინ  $S_0 = 1010$  მმ;

როცა  $R < 200$  მ, მაშინ  $S_0 = 1020$  მმ; 1067მმ სიგანის ლიანდისათვის მრუდში, როცა  $R = 349 \div 300$  მ, მაშინ  $S_0 = 1079$  მმ; როცა  $R < 299$  მ, მაშინ  $S_0 = 1091$  მმ.

გარე რელსის შემადგენლობისა და გადასასვლელი მრუდების სიდიდეების დადგენა. როგორც ცნობილია [40,41] მოძრავი შემადგენლობის ეკიპაჟის მრუდში მოძრაობისას, წარმოიქმნება ცენტრიდანული ძალა  $I = \frac{mv^2}{\rho}$ , რომელიც იწვევს შიგა სარელსო ძაფის ნაწილობრივ განტვირთვას და გარე სარელსო ძაფის გადამეტვირთვას, რის გამოც გარე რელსის თავში მნიშვნელოვნად იზრდება მოძრავი შემადგენლობის სავალი ნაწილებიდან გადაცემული ძაბვები, რაც იწვევს რელსის თავის ცვეთის ინტენსივობის ზრდას. ცენტრიდანული ძალის წარმოქმნას თან სდევს გაუბათილებელი ცენტრიდანული აჩქარების წარმოშობა და ამ აჩქარების დროის ერთეულში ცვალებადობა (ინტენსივობა) მგზავრებში უსიამოვნო შეგრძნებას იწვევს.

ცენტრიდანული ძალის გასაბათილებლად და მაშასადამე, მისი მავნე მოვლენების თავიდან ასაცილებლად, მრუდებში ეწყობა გარე სარელსო ძაფის შემადგენლობა. გარე რელსის შემადგენლობით ეკიპაჟის სიმძიმის ცენტრი გადაიხრება მრუდის ცენტრისაკენ და წარმოიქმნება ცენტრიდანული ძალის საპირისპირო ცენტრისკენული ძალა, რომელიც ამცირებს ან მთლიანად აბათილებს მას.

გარე რელსის შემადგენლობა მრუდებში განისაზღვრება ორი ძირითადი პირობით:

- გარე და შიგა რელსების თანაბარი ცვეთის პირობით;
- მგზავრობის კომფორტულობის პირობით.

როგორც ცნობილია, ცენტრიდანული ძალა  $I$  გამოითვლება ფორმულით

$$I = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{gR} \quad (1)$$

სადაც  $m$  ეკიპაჟის მასაა, ტ;

$v$  – ეკიპაჟის მოძრაობის სიჩქარე, კმ/სთ;

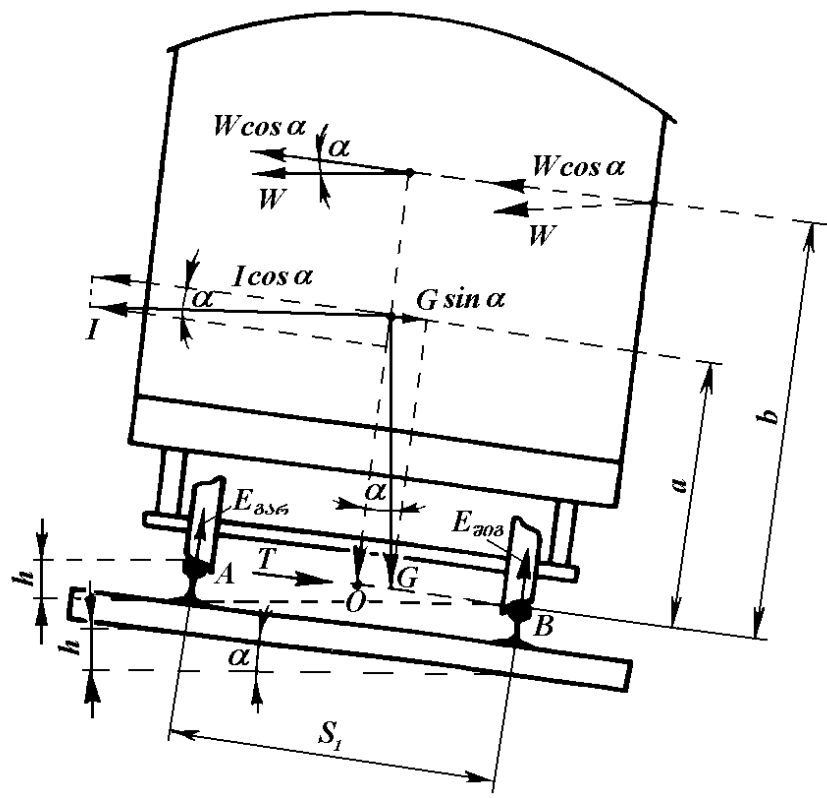
$G$  – ეკიპაჟის წონა, ტ;

$g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;

$R$  – წრიული მრუდის რადიუსი, მ.

გარე და შიგა რელსების თანაბარი ცვეთის პირობით. გარე და შიგა რელსების თანაბარი ცვეთის პირობით (ნახ.23) გარე რელსის შემადგენლობა გამოითვლება ცნობილი ფორმულით [7]

$$h = \frac{S_1}{gR} \sum \frac{Gv^2}{G} \quad (2)$$



ნახ.23. მრუდებში გარე რელსის შემადგენლობის მოძრავი შემადგენლობის ეკვიპაჟზე ძალთა მოდელების სქემა

გარე რელსის შემადგენლობა დამოკიდებულია ლიანდის სიგანეზე, ამიტომ გარე რელსის შემადგენლობას სხვადასხვა სიგანის ლიანდისათვის იანგარიშება ფორმულით:

$$h = k \frac{\sum N_i P_i v_i^2}{R \sum N_i P_i} + \Delta h \quad (3)$$

სადაც  $N_i$  მატარებლების რაოდენობაა, რომელიც დღე-ღამის განმავლობაში გაივლის  $R$  რადიუსის სიდიდის მრუდს;



$P_i$  – მატარებლის წონა, ტ;

$v_i$  – მატარებლის მოძრაობის სიჩქარე, კმ/სთ;

$\Delta h$  – დამატებითი წევრი, რომელიც ითვალისწინებს რესორსზე და მოწყობილობებზე ექსცენტრისეტიც გავლენას;

$k = S_1 / g$  - კოეფიციენტი, დამოკიდებულია ლიანდის სიგანეზე;

$S_1$  – ლიანდის სიგანე, მმ;

$g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>.

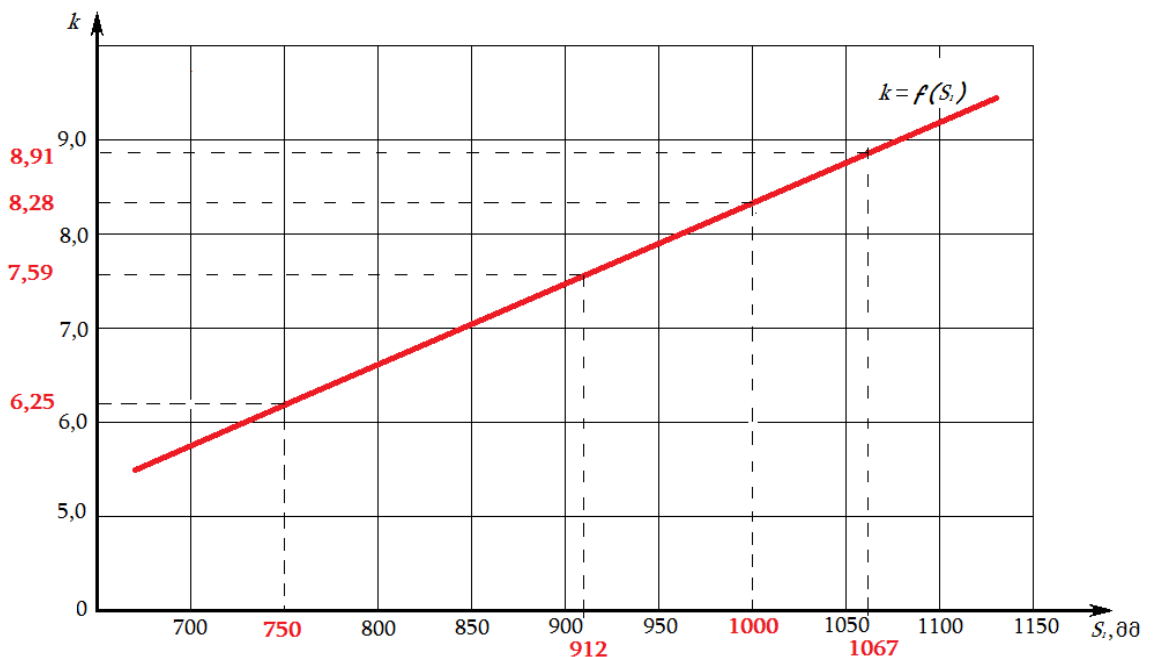
$k$  კოეფიციენტის გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილ 11-ში.

**ცხრილი 11**

*$k$  კოეფიციენტის მნიშვნელობები ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულებით*

|                            |      |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|
| ლიანდის სიგანე, $S_1$ მმ   | 1067 | 1000 | 912  | 750  |
| კოეფიციენტი, $k = S_1 / g$ | 8,91 | 8,28 | 7,59 | 6,25 |

ნახ.24-ზე მოცემული გრაფიკის საშუალებით შესაძლებელია  $k$  კოეფიციენტის განსაზღვრა ნებისმიერ ლიანდის სიგანისათვის.



ნახ.24.  $k$  კოეფიციენტის ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულების გრაფიკი

კომფორტული მგზავრობის პირობით გარე რელსის შემადღება გამოითვლება ფორმულით

$$h = k \frac{v_{\max}^2}{R} - n \quad (4)$$

სადაც  $v_{\max}$  - მატარებლების მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარე, კმ/სთ;

$R$  - წრიული მრუდის რადიუსი, მ;

$$n = \frac{S_1}{g} a$$

$S_1$  - ლიანდის სიგანე, მმ;

$g$  - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;

$a$  - ცენტრიდანული აჩქარების ნორმატული მნიშვნელობა,

$$a = 0,7 \text{ მ/წმ}^2.$$

$n$  სიდიდის გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილ 12-ში.

### ცხრილი 12

*$n$  სიდიდის მნიშვნელობა, მმ ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულებით*

|                                |      |      |     |     |
|--------------------------------|------|------|-----|-----|
| ლიანდის<br>სიგანე, $S_1$ მმ    | 1067 | 1000 | 912 | 750 |
| კოეფიციენტი,<br>$n = aS_1 / g$ | 81   | 76   | 69  | 54  |

გარე რელსის მაქსიმალურ მნიშვნელობად 1067მმ და 1000მმ სიგანის ლიანდის მქონე რკინიგზებისათვის მიიღება  $h_{\max} = 100$  მმ, 912მმ სიგანის ლიანდის მქონე რკინიგზებისათვის  $h_{\max} = 85$  მმ, ხოლო 750მმ სიგანის ლიანდის მქონე რკინიგზებისათვის  $h_{\max} = 70$  მმ. მაშინ მრუდებში მატარებლების მოძრაობის დასაშვები მაქსიმალური სიჩქარეები გამოითვლება ფორმულით

$$[v_{\max}] = m\sqrt{R} \quad (5)$$

სადაც  $m$  კოეფიციენტი, დამოკიდებულია ლიანდის სიგანეზე და გარე რელსის შემადგენლობაზე;

$R$  – წრიული მრუდის რადიუსი, მ.

$m$  კოეფიციენტის გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილ 13-ში.

**ცხრილი 13**

*$m$  კოეფიციენტის მნიშვნელობები ლიანდის სიგანეზე დამოკიდებულებით*

|                          |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|------|
| ლიანდის სიგანე, $S_1$ მმ | 1067 | 1000 | 912  | 750  |
| კოეფიციენტი, $m$         | 4,51 | 4,61 | 4,51 | 4,46 |

გადასასვლელი მრუდის სიგრძე დამოკიდებულია გარე რელსის შემადგენლობის სიდიდეზე და გარე რელსის შემადგენლობის ქანობზე. გარე რელსის შემადგენლობის ქანობი არ უნდა აღემატებოდეს 3,2%-ს.

გადასასვლელი მრუდის ფარგლებში უნდა განხორციელდეს ლიანდის სიგანის გაგანიერება და გარე რელსის შემადგენლობის მოწყობა.

**2.3.2.4. ლიანდაგის ზედა ნაშენის კონსტრუქციული ელემენტები**

ლიანდაგის ზედა ნაშენი შედგება რელსებისაგან, სარელსო სამაგრებისაგან, რელსქვეშა საფუძვლისაგან, ბალასტის შრისაგან და ლიანდაგის შეერთებისა და გადაკვეთის ელემენტებისაგან. ლიანდაგის ზედა ნაშენის ელემენტების შერჩევა დამოკიდებულია რკინიგზის ჯგუფზე, მოძრავი შემადგენლობიდან გადაცემულ დატვირთვაზე, მოძრაობის სიჩქარეზე და სხვა. ვიწროლიანი რკინიგზებზე მოძრავი შემადგენლობიდან ღერძზე მოსული დატვირთვა იცვლება 40–110 კნ/ღერძზე-ის ფარგლებში.

ჩვენი აზრით მიზანშეწონილია ლიანდაგის ზედა ნაშენის სიმძლავრე ლიანდაგების დანიშნულებისა და ჯგუფების მიხედვით განისაზღვროს ცხრილ 14-ის და ცხრილ 15-ის შესაბამისად.

ცხრილი 14

ლიანდაგის ზედა ნაშენის სიმძლავრე ლიანდაგების დანიშნულებისა და ჯგუფების მიხედვით 750მმ და 912მმ ლიანდის სიგანეებისათვის

| რკინიგზის ჯგუფი | ლოკომოტივის ღერძზე მოსული დატვირთვა, კნ | რელსის ტიპი | შპალების რაოდ. 1კმ-ზე | ბალასტის შრის სისქე, სმ |
|-----------------|---|-------------|-----------------------|-------------------------|
| I               | >60                                     | P33         | 1750                  | 25                      |
|                 | 45 - 60                                 | P24         | 1625                  | 20                      |
| II              | >60                                     | P24         | 1625                  | 20                      |
|                 | 45 - 60                                 | P18         | 1500                  | 15                      |
| III             | 45 - 60                                 | P24         | 1625                  | 20                      |
|                 | <45                                     | P18         | 1500                  | 15                      |

ცხრილი 15

ლიანდაგის ზედა ნაშენის სიმძლავრე ლიანდაგების დანიშნულებისა და ჯგუფების მიხედვით 1000მმ და 1067მმ ლიანდის სიგანეებისათვის

| რკინიგზის ჯგუფი | ლოკომოტივის ღერძზე მოსული დატვირთვა, კნ | რელსის ტიპი         | შპალების რაოდ. 1კმ-ზე | ბალასტის შრის სისქე, სმ |
|-----------------|---|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| I               | >100                                    | ნაძველარი P50 , P43 | 1750                  | 25                      |
|                 | 80 - 100                                | ნაძველარი P50 , P43 | 1625                  | 20                      |
| II              | >100                                    | ნაძველარი P50 , P43 | 1625                  | 20                      |
|                 | 80 - 100                                | ნაძველარი P43       | 1500                  | 15                      |
| III             | 80 - 100                                | ნაძველარი P43       | 1625                  | 20                      |
|                 | <80                                     | P33                 | 1500                  | 15                      |

ჩვენ მიერ რეკომენდებულია ნაძველარი P43 და P50 ტიპის რელსების გამოყენებაც, ასევე გრძელი სარელსო გადაბმების დაგებაც.

რელსების დასაშვები დაყვანილი ცვეთა (ვერტიკალური ცვეთა + 0,5 გვერდითი ცვეთა) ტიპების მიხედვით რეკომენდებულია: P18 - 4/5; P24 - 6/7; P33 - 8/10. ნაძველარი რელსებისათვის P50 - 18/20 და P43 - 15/17. მრიცხველში - დაყვანილი ცვეთა მთავარი ლიანდაგებისათვის, ხოლო მნიშვნელში - მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგებისათვის.

მრუდებში, როცა  $R < 600$  მ-ზე I და II ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის და როცა  $R < 300$  მ-ზე III ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის შპალების რაოდენობა 1 კმ-ზე უნდა გაიზარდოს 125 შპალით.

I და II ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ლიანდაგებში დასაშვებია I და II ტიპის ხის შპალების დაგება, სისქით შესაბამისად 140მმ და 130მმ. III ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ლიანდაგებში იგება III ტიპის ხის შპალები სისქით 120მმ.

შპალების სიგრძე დამოკიდებულია ლიანდის სიგანეზე და ჩვენს მიერ რეკომენდებულია 750მმ ლიანდის სიგანისათვის შპალის სიგრძედ მიღებულ იქნეს 1500მმ, 912მმ და 1000მმ ლიანდის სიგანეებისათვის - 2100მმ, 1067მმ ლიანდის სიგანისათვის 2300მმ.

დასაბუთებული ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშების საფუძველზე დასაშვებია რკინაბეტონის შპალების გამოყენებაც.

მიზანშეწონილია ბალასტად გამოიყენებულ იქნეს ღორღი, ხრეში, ქვიშა-ღორღის ნარევი, ასევე სხვა ადგილობრივი მასალები, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ბალასტის ტექნიკურ პირობებს.

ჩვენი აზრით, მიზანშეწონილია საბალასტო პრიზმის სიგანედ ერთლიანდაგიან უბნებზე სწორში ხის შპალების შემთხვევაში 750მმ ლიანდის სიგანისათვის მიიღება 1700მმ, ხოლო რკინაბეტონის შპალების შემთხვევაში 1800მმ; 912მმ ლიანდის სიგანისათვის მიიღება 2300მმ, ხოლო რკინაბეტონის შპალების შემთხვევაში 2400მმ; 1000მმ ლიანდის

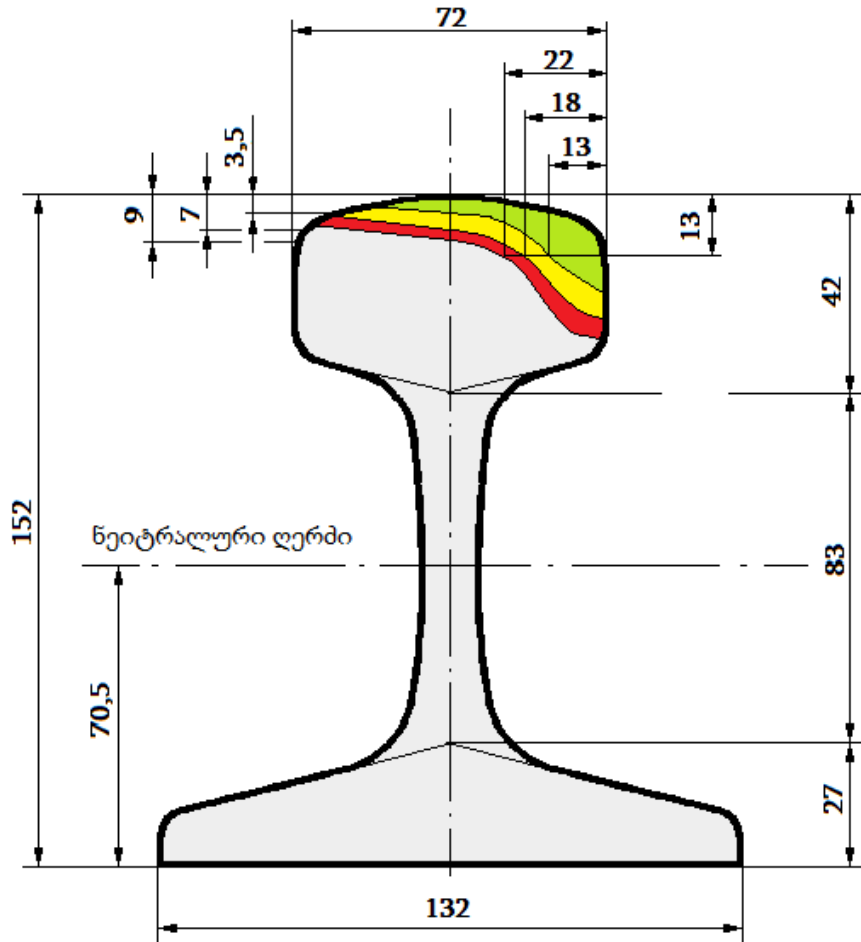
სიგანისათვის მიიღება 2400მმ, ხოლო რკინაბეტონის შპალების შემთხვევაში 2500მმ; 1067მმ ლიანდის სიგანისათვის მიიღება 2600მმ, ხოლო რკინაბეტონის შპალების შემთხვევაში 2700მმ.

ისრული გადამყვანის ტიპები უნდა შეესაბამებოდეს ლიანდაგში ჩაგებული რელსების ტიპს. ისრული გადამყვანის მარკა განაპირობებს გვერდით ლიანდაგში მატარებლების მოძრაობის სიჩქარეს, რაც წინასწარ განისაზღვრება შერჩეული ჯგუფის მიხედვით. ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის ისრული გადამყვანის მარკა მთავარი და მიმღებგამგზავნი ლიანდაგებისათვის არ უნდა იყოს 1/9-ზე ნაკლები, ხოლო სხვა სასადგურო ლიანდაგებისათვის 1/7-ზე ნაკლები. სიმეტრიული ისრული გადამყვანების მარკა არ უნდა იყოს 1/6-ზე ნაკლები.

#### **2.3.2.5. ნაძველარი რელსების გამოყენების დასაბუთება მაქსიმალური ცვეთის მიღწევის პირობებში**

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული P50 ტიპის ნაძველარი რელსებისათვის დასაშვები მაქსიმალური დაყვანილი ცვეთა (ვერტიკალური ცვეთა + 0,5 გვერდითი ცვეთა) შერჩეულ იქნა 20მმ-ის ფარგლებში. ამიტომ საჭიროა დადგენილ იქნეს P50 ტიპის ნაძველარი რელსის ვიწროლიანდიან რკინიგზაზე გამოყენების შესაძლებლობა მრუდის რადიუსზე, მოძრავი შემადგენლობიდან გადმოცემული დატვირთვების სიდიდეებზე დამოკიდებულებით. ასევე უნდა განისაზღვროს მისი გამოყენების დიაპაზონი პირაპირიან და უპირაპირო ლიანდაგში.

პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს P50 ტიპის რელსის (ნახ.25) ინერციის მომენტი ჰორიზონტალური ღერძის მიმართ, ხოლო წინააღმდეგობის მომენტი რელსის ფუძის მიმართ, დაყვანილი ცვეთის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის (ცხრილი 16).



ნახ.25. P50 ტიპის რელსის სქემა დაყვანილი ცვეთის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის

ცხრილი 16

ინერციისა და წინაღობის მომენტის მნიშვნელობები P50 ტიპის რელსისათვის

| დასახელება   | P50 ტიპის რელსი  |                         |                       |                       |
|--|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
|  | დაყვანილი ცვეთა $h_{დ.ყ} = h_{პერ} + 0,5h_{გგ}$ , $10^{-3}მ$ |                         |                       |                       |
|  | 0  | $10(3,5+0,5 \times 13)$ | $16(7+0,5 \times 18)$ | $20(9+0,5 \times 22)$ |
| რელსის ინერციის მომენტი ფუძის მიმართ $I$ , $10^{-8}მ^4$  | 2024   | 1688                    | 1479                  | 1376                  |
| რელსის წინაღობის მომენტი ფუძის მიმართ $W$ , $10^{-6}მ^4$ | 287  | 267                     | 253                   | 245                   |

ძაბვა რელსის ფუძის წიბოში, აღძრული მოძრავი შემადგენლობიდან გადმოცემული დინამიკური დატვირთვისაგან განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma_i = \frac{f}{4k W_i} P_i \quad (6)$$

სადაც  $f$  მოძრავი შემადგენლობის მიმართველი ღერძებისათვის განივი ჰორიზონტალური ძალების ზემოქმედების და ვერტიკალური ძალების ექსცენტრული მოდების გამათვალისწინებელი კოეფიციენტია;

$P_i$  - მოძრავი შემადგენლობიდან გადმოცემული დინამიკური დატვირთვა, კნ;

$W_i$  - რელსის წინაღობის მომენტი რელსის ფუძის მიმართ, რელსის ცვეთის სიდიდეზე დამოკიდებულებით (ცხრილი 15);

$k$  - სარელსო საფუძვლისა და რელსის სიხისტის ფარდობითი კოეფიციენტი და განისაზღვრება ფორმულით

$$k = \sqrt[4]{\frac{U}{4EI}} \quad (7)$$

სადაც  $U$  - სარელსო საფუძვლის დრეკადობის მოდულია. იგი რიცხობრივად რელსის ერთეულ სიგრძეზე მოდებული თანაბრად განაწილებული დატვირთვის ტოლია და რომელიც იწვევს ერთეული სიდიდის დრეკად ჩაღუნვას (ვიწროლიანდიანი რკინიგზების ხის შპალებისათვის მრუდში, როცა  $R < 600$  მ,  $U = 27$  მეგპა, სწორში და მრუდში, როცა  $R \geq 600$  მ,  $U = 25$  მეგპა);

$E$  - სარელსო ფოლადის დრეკადობის მოდული,  $E = 0,21 \times 10^6$  მეგპა;

$I$  - რელსის ინერციის მომენტი ფუძის მიმართ.

ცხრილში 17 მოტანილია ხის შპალებისა და P50 ტიპის რელსის დაყვანილი ცვეთის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის სარელსო საფუძვლისა



და რელსის ფარდობითი სიხისტის  $k$  კოეფიციენტის გაანგარიშების შედეგები.

**ცხრილი 17**

**სარელსო საფუძვლისა და რელსის სიხისტის ფარდობითი კოეფიციენტის მნიშვნელობები  $k$ ,  $\text{მ}^{-1}$ , ხის შპალებზე და P50 ტიპის რელსზე დამოკიდებულებით**

| სარელსო საფუძვლის დრეკადობის მოდული $U$ , მეგპა | სარელსო საფუძვლისა და რელსის სიხისტის ფარდობითი კოეფიციენტის მნიშვნელობები $k$ , $\text{მ}^{-1}$ |                |              |              |
|---|--|----------------|--------------|--------------|
|   | დაყვანილი ცვეთა $h_{\text{დაყ}} = h_{\text{გვრ}} + 0,5h_{\text{გვ}}, 10^{-3} \text{ მ}$          |                |              |              |
|   | 0  | 10(3,5+0,5x13) | 16(7+0,5x18) | 20(9+0,5x22) |
| 25  | 1,101  | 1,152          | 1,191        | 1,213        |
| 27  | 1,123  | 1,175          | 1,214        | 1,236        |

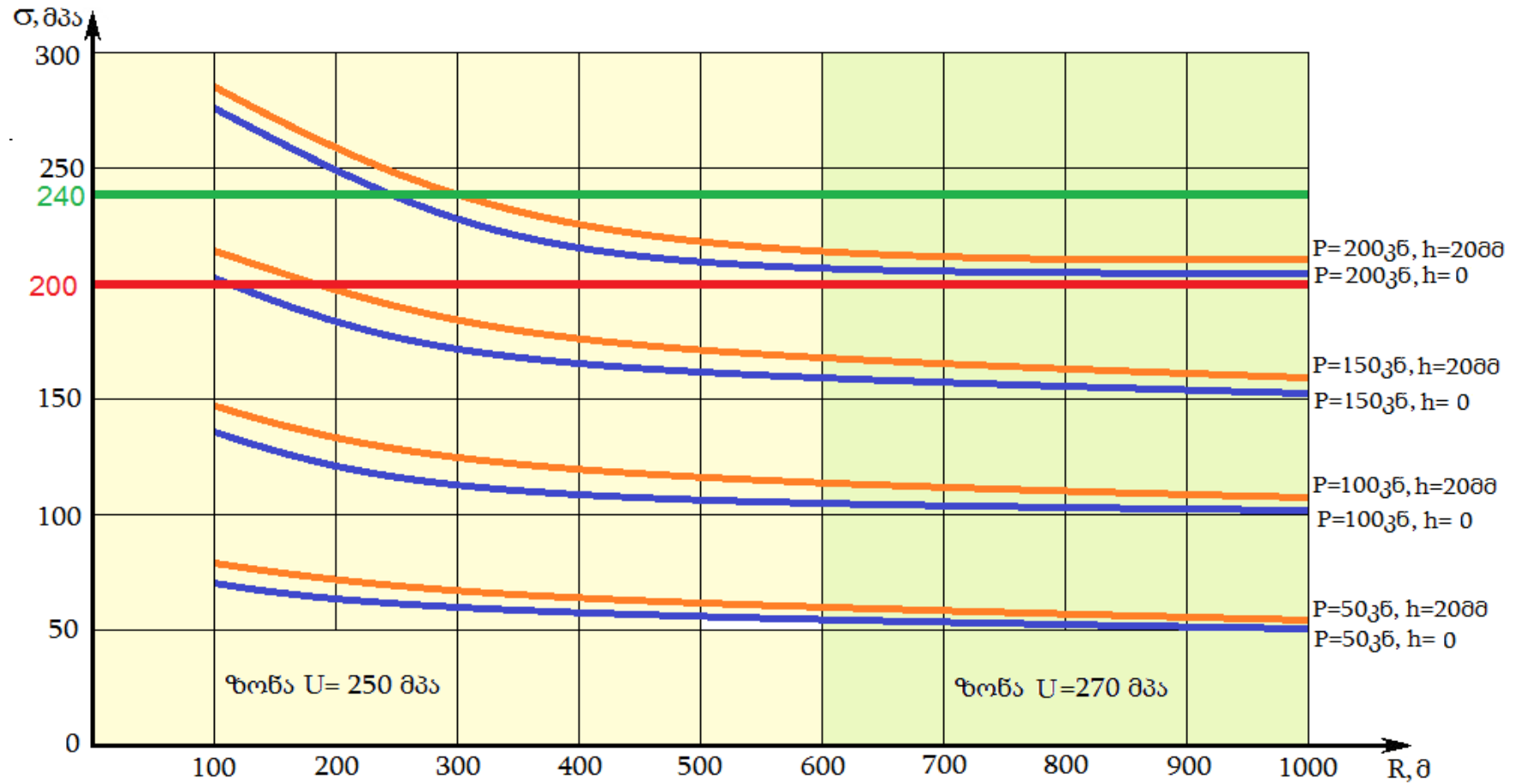
ცხრილში 18 მოტანილია მოძრავი შემადგენლობიდან გადმოცემული დინამიკური დატვირთვის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის P50 ტიპის რელსის ფუძის წიბოში აღძრული ძაბვების გაანგარიშების შედეგები, მრუდის რადიუსზე დამოკიდებულებით (ნახ.26).

დასაშვები ძაბვები დადგინდება კონსტრუქციის მასალის სიმტკიცის ზღვარის მიხედვით. ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე P50 და უფრო მძიმე ტიპის რელსებისათვის, სიგრძით 12,5მ და 25მ რეკომენდებულია დასაშვები ძაბვების შემდეგი მნიშვნელობები: რელსის ფუძის წიბოში პირაპირიანი ლიანდაგისათვის  $\sigma_{\text{დას.}} = 240 \text{ მეგპა}$ , ხოლო უპირაპირო ლიანდაგისათვის ტემპერატურული ძაბვების გათვალისწინებით  $\sigma_{\text{დას.}} = 200 \text{ მეგპა}$ . ნაძველარი რელსებისათვის, რომლებიც უახლოეს ხანში უნდა შეიცვალოს, დასაშვებია მათი 30%-ით გადაძაბვა.

ცხრილი 18

ძაბვების მნიშვნელობები P50 ტიპის რელსის ფუძეში ( $\sigma_{რ.ფ.}$  მეგპა) ხის შპალების შემთხვევაში (მრუდში, როცა  $R < 600$  მ,  $U = 27$  მეგპა, სწორში და მრუდში, როცა  $R \geq 600$  მ,  $U = 25$  მეგპა), მრუდის რადიუსზე დამოკიდებულებით

| მრუდის რადიუსი R, მ | f კოეფიციენტი | ლუნვის ძაბვების საანგარიშო მნიშვნელობები P50 ტიპის რელსის ფუძეში $\sigma$ , მეგპა |       |       |       |                |       |       |       |              |       |       |       |              |       |       |       |
|---------------------|---------------|---|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
|                     |               | დაყვანილი ცვეთა $h_{ღყ} = h_{კერ} + 0,5h_{გვ}$ , $10^{-3}$ მ                      |       |       |       |                |       |       |       |              |       |       |       |              |       |       |       |
|                     |               | 0   |       |       |       | 10(3,5+0,5x13) |       |       |       | 16(7+0,5x18) |       |       |       | 20(9+0,5x22) |       |       |       |
|                     |               | მოდრავი შემადგენლობის თვლიდან გადმოცემული დატვირთვები P, კნ                       |       |       |       |                |       |       |       |              |       |       |       |              |       |       |       |
|                     |               | 50  | 100   | 150   | 200   | 50             | 100   | 150   | 200   | 50           | 100   | 150   | 200   | 50           | 100   | 150   | 200   |
| 100                 | 1,74          | 67,5  | 135,0 | 202,5 | 270,0 | 69,3           | 138,6 | 208,0 | 277,3 | 70,8         | 141,6 | 212,4 | 283,3 | 71,8         | 143,6 | 215,5 | 287,3 |
| 200                 | 1,64          | 63,6  | 127,2 | 190,8 | 254,4 | 65,4           | 130,7 | 196,0 | 261,4 | 66,7         | 133,5 | 200,2 | 267,0 | 67,9         | 135,4 | 203,1 | 270,8 |
| 250                 | 1,56          | 60,5  | 121,0 | 181,5 | 242,0 | 62,1           | 124,3 | 186,5 | 248,3 | 63,5         | 127,0 | 190,5 | 254,0 | 64,4         | 128,8 | 193,2 | 257,6 |
| 300                 | 1,49          | 57,8  | 115,6 | 173,4 | 231,2 | 59,3           | 118,7 | 178,1 | 237,5 | 60,6         | 121,3 | 181,9 | 242,6 | 61,5         | 123,0 | 184,5 | 246,0 |
| 350                 | 1,43          | 55,5  | 110,9 | 166,4 | 221,8 | 57,0           | 114,0 | 170,9 | 228,0 | 58,2         | 116,4 | 174,6 | 232,8 | 59,0         | 118,1 | 177,2 | 236,1 |
| 400                 | 1,41          | 54,7  | 109,4 | 164,1 | 218,7 | 56,2           | 112,4 | 168,5 | 214,7 | 57,4         | 114,8 | 172,2 | 229,6 | 58,2         | 116,4 | 174,6 | 232,8 |
| 500                 | 1,37          | 53,2  | 106,3 | 159,5 | 212,5 | 54,5           | 109,1 | 163,7 | 218,3 | 55,8         | 111,5 | 167,3 | 223,0 | 56,6         | 113,1 | 169,7 | 226,2 |
| 600                 | 1,33          | 52,6  | 105,2 | 157,8 | 210,4 | 54,0           | 108,1 | 162,1 | 216,2 | 55,2         | 110,4 | 165,6 | 220,7 | 56,0         | 111,9 | 167,6 | 223,8 |
| 700                 | 1,30          | 51,4  | 102,8 | 154,2 | 205,6 | 52,8           | 105,6 | 158,5 | 211,3 | 53,9         | 107,9 | 161,8 | 215,8 | 54,7         | 109,4 | 164,1 | 218,8 |
| 800                 | 1,28          | 50,6  | 101,2 | 151,8 | 202,4 | 52,0           | 104,0 | 156,0 | 208,0 | 53,1         | 106,2 | 159,3 | 212,5 | 53,8         | 107,7 | 161,5 | 215,4 |
| 1000                | 1,27          | 50,2  | 100,4 | 150,6 | 200,8 | 51,6           | 103,2 | 154,8 | 206,4 | 52,7         | 105,4 | 158,1 | 210,3 | 53,4         | 106,9 | 160,3 | 213,7 |
| სწორი               | 1,25          | 49,4  | 98,9  | 148,3 | 197,7 | 50,8           | 101,6 | 152,4 | 203,2 | 51,9         | 103,7 | 155,6 | 207,5 | 52,6         | 105,2 | 157,8 | 210,3 |



ნახ. 26. კაბეების მნიშვნელობები P50 ტიპის რელსის ფუძეში ( $\sigma_{რ.ფ.}$  მეგპა) ხის შპალების შემთხვევაში ( მრუდში, როცა  $R < 600$  მ,  $U = 27$  მეგპა, სწორში და მრუდში, როცა  $R \geq 600$  მ,  $U = 25$  მეგპა), მრუდის რადიუსზე დამოკიდებულებით.

განგარიშების შედეგები გვიჩვენებს, რომ პირაპირიან ლიანდაგში შესაძლებელია გამოყენებულ იყოს მძიმე წონის მოძრავი შემადგენლობა თვლიდან რელსზე გადაცემული დინამიკური დატვირთვით 200კნ სწორში და მრუდებში, რომელთა რადიუსი 300მ-ზე. უპირაპირო ლიანდაგში კი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მძიმე წონის მოძრავი შემადგენლობა თვლიდან რელსზე გადაცემული დინამიკური დატვირთვით 150კნ სწორში და მრუდებში, რომელთა რადიუსი აღემატება 180მ-ს, მით უმეტეს, რომ 180მ-ზე ნაკლებ მრუდებში უპირაპირო ლიანდაგის მოწყობა ხის შპალებზე არაა რეკომენდებული, ლიანდაგის გაგდების საშიშროების გამო.

ამრიგად, ვიწროლიანი რკინიგზაზე გამოსაყენებელი მაქსიმალურად გაცვეთილი რელსებიც კი რეალური დატვირთვების პირობებში დააკმაყოფილებს რელსების ამტანობის რესურსს. ამიტომ P50 ტიპის ნაძველარი რელსი დასაშვები მაქსიმალური 20მმ-იანი დაყვანილი ცვეთით აკმაყოფილებს მისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს მოძრავი შემადგენლობიდან რელსზე გადაცემული 140კნ დატვირთვების შემთხვევაშიც კი.

**მიწის ვაკისი.** მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის სიგანე სწორ უბნებში გრუნტის სახეობაზე დამოკიდებულებით ტოლია (ცხრილი 19).

**ცხრილი 19**

**მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის სიგანე სწორ უბნებში ლიანდაგის ჯგუფზე და გრუნტის სახეობაზე დამოკიდებულებით**

| ლიანდის სიგანე, მმ | მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის სიგანე სწორში ლიანდაგის ჯგუფზე დამოკიდებულებით, მ |         |         |
|--------------------|--|---------|---------|
|                    | I  | II      | III     |
| 750                | 3,6/3,4  | 3,4/3,2 | 3,2/3,0 |
| 912                | 3,7/3,5  | 3,5/3,3 | 3,3/3,1 |
| 1000               | 3,8/3,6  | 3,6/3,4 | 3,4/3,2 |
| 1067               | 4,0/3,8  | 3,8/3,6 | 3,6/3,4 |

**შენიშვნა:** მრიცხველში- არამადრენირებელი გრუნტების შემთხვევაში;  
 მნიშვნელში - კლდოვანი, მსხვილნატეხოვანი მადრენირებელი გრუნტების შემთხვევაში.

მიწის ვაკისის სიგანე ლიანდაგის მრუდ უბნებში უნდა გაგანიერდეს გარე მხარეს 0,2მ-ით, როცა  $R \leq 600$  მ-ზე I და II ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის და როცა  $R \leq 300$  მ-ზე III ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის.

750მმ ლიანდის სიგანისათვის ერთლიანდაგიანი მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის მოხაზულობა - სხმული პრიზმა - უნდა დაპროექტდეს ტრაპეციის ფორმით, ზედა სიგანით 1,2მ და სიმაღლით 0,1მ, ხოლო ქვედა სიგანით მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის ტოლი.

912მმ და 1000მმ ლიანდის სიგანეებისათვის ერთლიანდაგიანი მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის მოხაზულობა - სხმული პრიზმა - უნდა დაპროექტდეს ტრაპეციის ფორმით, ზედა სიგანით 1,8მ და სიმაღლით 0,1მ, ხოლო ქვედა სიგანით მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის ტოლი.

1067მმ ლიანდის სიგანისათვის ერთლიანდაგიანი მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის მოხაზულობა - სხმული პრიზმა - უნდა დაპროექტდეს ტრაპეციის ფორმით, ზედა სიგანით 2,0მ და სიმაღლით 0,15მ, ხოლო ქვედა სიგანით მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის ტოლი.

ორლიანდაგიან რკინიგზებზე მიწის ვაკისის სხმულ პრიზმას გააჩნია სამკუთხედის ფორმა, სიმაღლით 0,15 მ.

**მოდრავი შემადგენლობის წევის სახეობის შერჩევა.** ვიწროლიანდიანი რკინიგზებისათვის მოძრავი შემადგენლობა შედგება ლოკომოტივისა და ვაგონებისათვის. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია წევისა სახეობად გამოყენებულ იქნეს ელექტრული წევა (მაბვით 1500 – 1600 ვოლტი მუდმივი ძაბვა), ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების შემთხვევაში თბომავლის წევა. ლოკომოტივები და ვაგონები ისეთნაირად უნდა იყოს შერჩეული, რომ მათი ჩაწერა შესაძლებელი იქნეს 50 მეტრიან მრუდში. მოძრავი შემადგენლობის ტიპის შერჩევის დროს ასევე გათვალისწინებული უნდა იყოს მოძრავი შემადგენლობის თვლებიდან ნამკველარ რელსებზე გადაცემული დატვირთვის სიდიდეები, რომლებიც არ უნდა აღემატებოდეს დასაშვებ სიდიდეებს.

**გამყოფი და გასაჩერებელი პუნქტების მოწყობა.** გამყოფი და გასაჩერებელი პუნქტები განლაგებულ უნდა იქნას ლიანდაგის სწორ უბნებში. საქართველოსათვის დამახასიათებელი რთული რელიეფის პირობებში დასაშვებია მათი განლაგება ერთ მხარეს მიმართულ მრუდებში, ხოლო განსაკუთრებით რთულ პირობებში დასაბუთების შედეგად დასაშვებია შექცეულ მრუდებშიც. მრუდის რადიუსი არ უნდა იყოს 300მ-ზე ნაკლები. გამყოფი და გასაჩერებელი პუნქტები განლაგებულ უნდა იქნან მოედნებზე ან ქანობზე, რომელთა სიდიდე არ აღემატება 1,5 ‰-ს. იმ გამყოფ და გასაჩერებელ პუნქტებში, სადაც არ არის გათვალისწინებული ლოკომოტივის ახსნა, სამანევრო სამუშაოების წარმოება, დასაშვებია გამყოფი და გასაჩერებელი პუნქტების განლაგება ქანობზე, რომელთა სიდიდე არ აღემატება 12 ‰-ს.

გამყოფი და გასაჩერებელი პუნქტების მიმდებ-გამგზავნი ლიანდაგების სასარგებლო სიგრძე დამოკიდებულია მატარებლების საანგარიშო სიგრძეზე შემსვლელი სიგნალების განლაგების ადგილის გათვალისწინებით.

### **2.3.3 ვიწროლიანი რკინიგზების მშენებლობის ეკონომიკური უპირატესობა მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზების მშენებლობასთან შედარებით**

შვეიცარიის, იტალიის, საფრანგეთის, იაპონიის, ჩილეს, პერუს და ა.შ. ქვეყნების მრავალწლიანი გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მაღალმთიანი და რთული რელიეფის პირობებში ინფრასტრუქტურის განვითარების ერთ-ერთი მეტად ეფექტური და რადიკალური საშუალებაა ვიწროლიანი რკინიგზების ქსელის შექმნა.

ვიწროლიანი რკინიგზის მშენებლობა გაცილებით იაფია, ვიდრე დაბალი კატეგორიის მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზებისა, ვინაიდან მიწის ვაკისის და ხელოვნური ნაგებობათა მოცულობა მცირეა. ასევე, მცირეა

საექსპლუატაციო ხარჯებიც, განსაკუთრებით ზამთრის პერიოდში, რაც მაღალმთიანი რეგიონისთვის მეტად მნიშვნელოვანია. ტვირთზიდვისა და მგზავრთა გადაყვანისთვის არ იხარჯება ძვირადღირებული და დეფიციტური ნავთობპროდუქტები. ენერჯის წყაროდ შესაძლებელია ეკოლოგიურად სუფთა, რკინიგზის გასწვრივ ხეობაში აშენებული 3-10 მეგავატი სიმძლავრის დერივაციული ტიპის უკაშხალო და უსაგუბარო ჰიდროელექტროსადგურების გამოყენება. აქვე აღსანიშნავია ისიც, რომ რკინიგზის რთული გრძივი პროფილი საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ რეკუპერაცია და ამით დავზოგოთ ელექტროენერჯია.

საქართველოს პირობებში მნიშვნელოვან უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ მოძრავი შემადგენლობისა და საგზაო მეურნეობისათვის საჭირო ყველა დეტალის წარმოება შესაძლებელია საქართველოში არსებული ნედლეულითა და საწარმოო სიმძლავრეებით. მუდმივი დენის ელექტრომავლებისა და ვაგონების გამოშვება შეუძლიათ თბილისის შესაბამის ქარხნებს. მცირე ტვირთამწეობის რელსების წარმოებას ადვილად აითვისებს ადგილობრივი მეტალურგიული მრეწველობა რკინიგზის არა რთული პროფილის უბნებზე შეიძლება ნამკველარი რელსების, სარელსო სამაგრების, შპალების პირდაპირ გამოყენება. ყოველივე ეს ხელს შეუწყობს წარმოებაში ახალი სამუშაო ადგილების შექმნას და საქართველოს მრეწველობის შემდგომ განვითარებას.

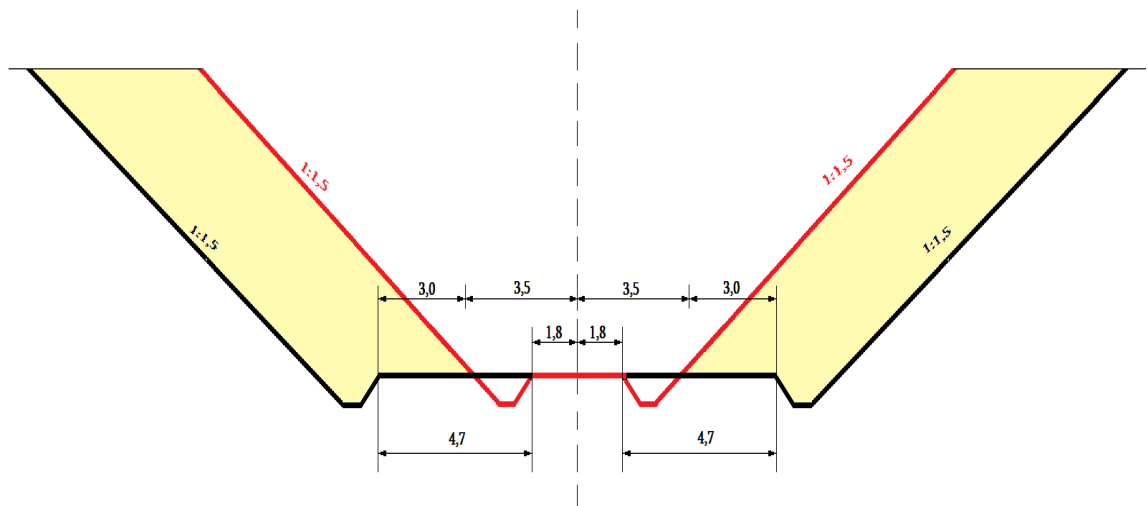
მგზავრთა გადაყვანისა და ტვირთების გადაზიდვის აბსოლუტური უსაფრთხოება, მაღალ ეკონომიურობა, მთელი წლის განმავლობაში მგზავრობის შესანიშნავ კომფორტულ პირობები, მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორია საერთაშორისო ტურიზმისა და საკურორტო საქმის განვითარებისთვის საქართველოში. მეტად საყურადღებოა ეკოლოგიური უსაფრთხოების მხარეც, განსაკუთრებით ელექტრული წვევის გამოყენების შემთხვევაში, რადგან სწორედ ამ პრობლემას უნდა მიექცეს განსაკუთრებული ყურადღება თანამედროვე ინფრასტრუქტურული პროექტების შემუშავებისას.

ვიწროლიანდიანი რკინიგზის მშენებლობის დაფინანსება შეიძლება განხორციელდეს ქვეყნის ბიუჯეტიდან, აგრეთვე ქართული სააქციო საზოგადოების შექმნის გზით ან უცხოელი ინვესტორების მონაწილეობით.

განვიხილოთ ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტიანობა დაბალი კატეგორიის მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზების მშენებლობასთან შედარებით. შედარებას ვატარებთ ვიწროლიანდიანი რკინიგზისა და დაბალი კატეგორიის მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზების 1 კმ-სათვის.

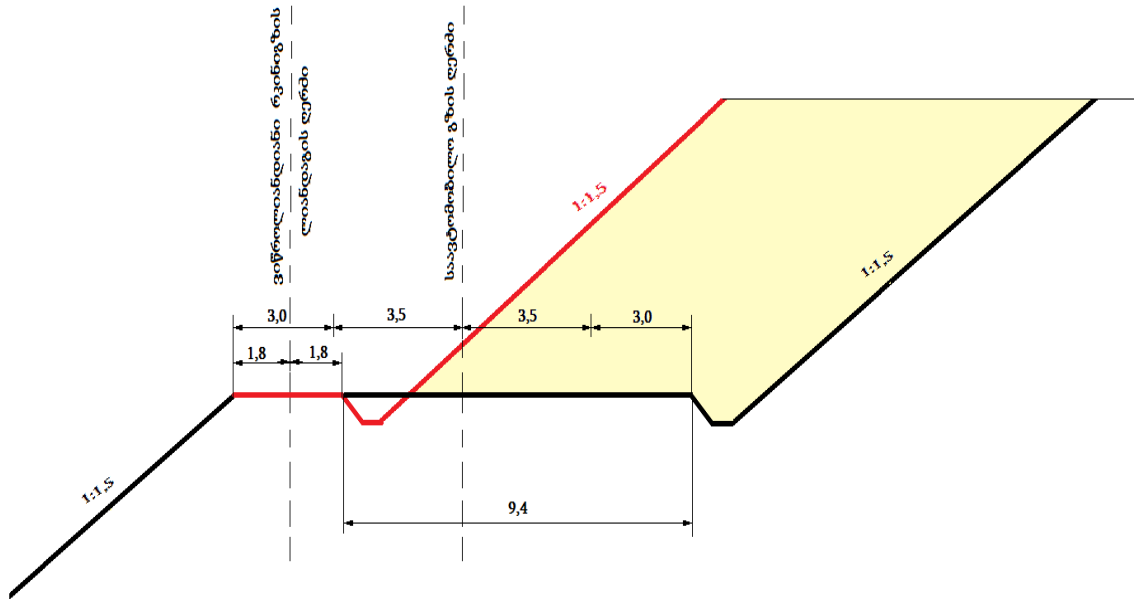
ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მიწის ვაკისი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ჭრილის (ნახ.27), ნახევარყრილის, ნახევარჭრილის (ნახ.28), ყრილის (ნახ.29), ნახევარყრილ-ნახევარჭრილის ან ნულოვანი ადგილების სახით.

პირობით მაღალმთიან ზონაში ყრილის საშუალო სიმაღლედ ან ჭრილის საშუალო სიღრმედ მივიღოთ 12 მეტრი. ვიწროლიანდიანი რკინიგზისა და დაბალი კატეგორიის მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზების 1კმ-ზე საშუალოდ უნდა აიგოს 0,8კმ მიწის ვაკისი, ხოლო 0,2კმ ხელოვნური ნაგებობები მილების, ხიდების, ესტაკადების, ვიადუკების ან გვირაბების სახით.



**ნახ.27. ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის და მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მიწის ვაკისის (ჭრილის) მოწყობის სქემა**





**ნახ.28. ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის და მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მიწის ვაკისის (ნახევარჭრილის) მოწყობის სქემა**

**ა.ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის და მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მიწის ვაკისის მოწყობა.**

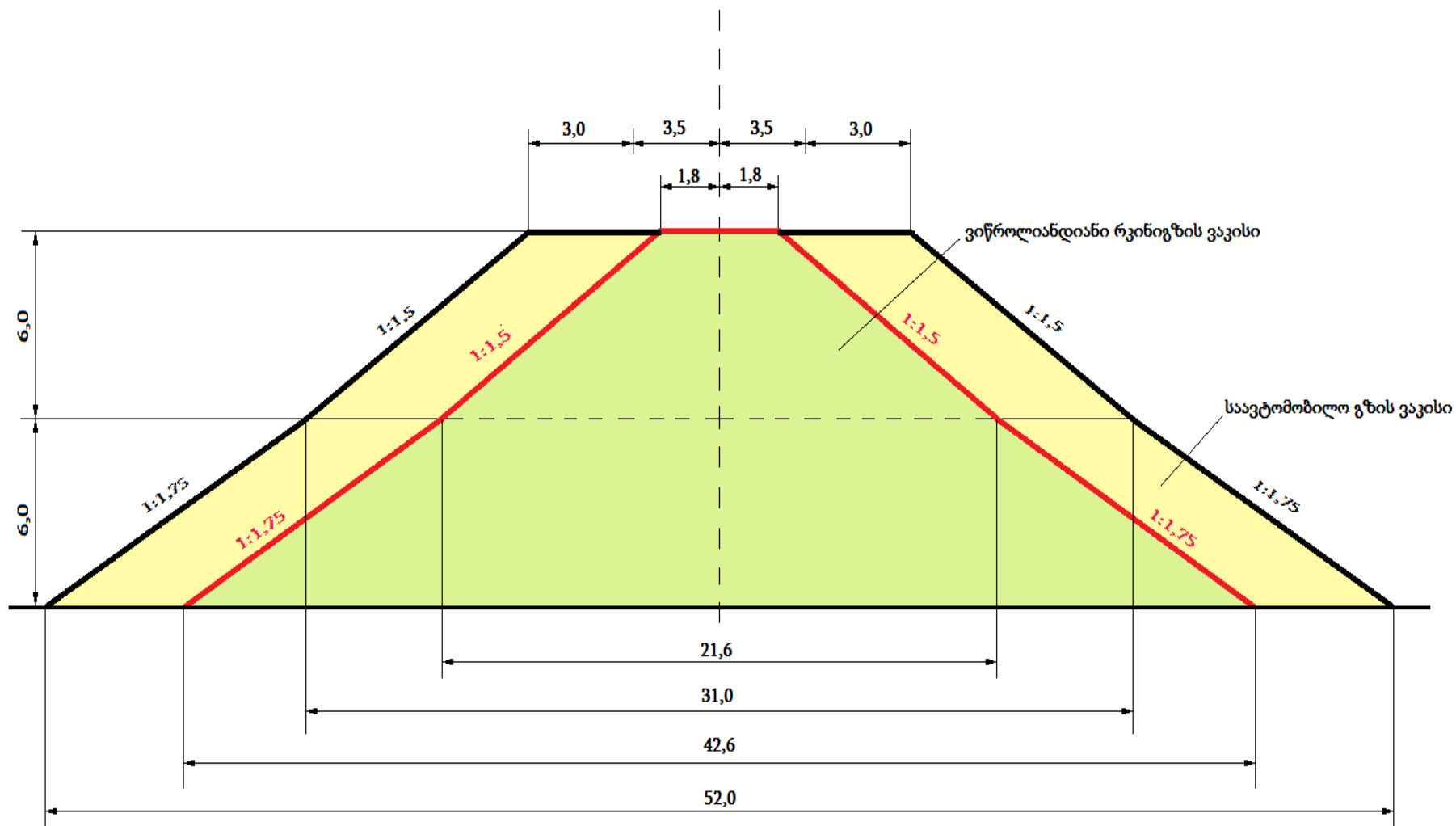
ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზი (1000მმ-იანი ლიანდის სიგანით I ჯგუფის ვიწროლიანდიანი რკინიგზა) წარმოდგენილია მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის სიგანით 3,6მ, ხოლო საავტომობილო გზა II<sup>ბ</sup> კატეგორიის მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის ორზოლიანი მიწის ვაკისის ძირითადი მოედნის სიგანით  $3+3,5+3,5+3=13$ მ.

ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის მიწის ვაკისის 1 გრძივი მეტრის მოცულობა 12მ ყრილის შემთხვევაში ტოლია 268,4მ<sup>3</sup>, ხოლო მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზისა - 381 მ<sup>3</sup> (იხ. ნახ.27).

1მ<sup>3</sup> მიწის ვაკისის აგება საშუალოდ ჯდება 20,7 ლარი, [42] მაშინ 800 მეტრის მანძილზე ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის აგების ღირებულება იქნება:

$$268,4\text{მ}^3 \times 800 \text{ მ} \times 20,7 \text{ ლ} = 4\,444\,704 \text{ ლარი.}$$

ხოლო იმავე 800 მეტრის მანძილზე მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის აგების ღირებულება შეადგენს:



ნახ.29. ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის და მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მიწის ვაკისის მოწყობის სქემა.

$381 \text{ მ}^3 \times 800 \text{ მ} \times 20,7 \text{ ლ} = 6\,309\,360 \text{ ლარი.}$

განსხვავება შეადგენს  $6\,309\,360 - 4\,444\,704 = 1\,864\,656$  ლარს ვიწროლიან-ლიანი რკინიგზის სასარგებლოდ.

**ბ. ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის ლიანდაგის ზედა ნაშენის და საავტომობილო გზის მაგარი საფარის მოწყობა.**

ლიანდაგის ზედა ნაშენი შედგება ნამკველარი P50 ტიპის რელსებისაგან, ცვეთით 3მმ-მდე (1ტონის ღირებულება 350 აშშ დოლარი ანუ 945 ლარი [45], 1კმ-ზე საჭიროა 100ტ რელსი), I და II ტიპის ნამკველარი ხის შპალებისაგან ეპიურით 1750ცალი/კმ-ზე (1ცალის ღირებულება 4 აშშ დოლარი ანუ 10,8 ლარი), ნამკველარი სარელსო სამაგრებისაგან (1ტონის ღირებულება 400 აშშ დოლარი ანუ 1080 ლარი, 1კმ-ზე საჭიროა 2,8ტ), ღორღის ბალასტისაგან, სისქით შპალების ქვეშ 25სმ (1 გრძ. მ-ზე საჭიროა  $1,025 \text{ მ}^3$ ,  $1 \text{ მ}^3$ -ის ღირებულებაა 25 ლარი). მაშინ,

ნამკველარი P50 ტიპის რელსების ღირებულება 1კმ-ზე შეადგენს:

$100 \text{ ტ} \times 945 \text{ ლ} = 94\,500 \text{ ლარი.}$

I და II ტიპის ნამკველარი ხის შპალების ღირებულება 1კმ-ზე შეადგენს:

$1750 \text{ ცალი} \times 10,8 \text{ ლ} = 18\,900 \text{ ლარი.}$

ნამკველარი სარელსო სამაგრების ღირებულება 1კმ-ზე შეადგენს:

$2,8 \text{ ტ} \times 1080 \text{ ლ} = 3\,024 \text{ ლარი.}$

ღორღის ბალასტის ღირებულება 1კმ-ზე შეადგენს:

$1,025 \text{ მ}^3 \times 25 \text{ ლ} \times 1000 \text{ მ} = 25\,625 \text{ ლარი.}$

სულ ლიანდაგის ზედა ნაშენის ღირებულება ლიანდაგში ჩაგებით შეადგენს:

$94\,500 + 18\,900 + 3\,024 + 25\,625 = 142\,049 \times 1,3 = 184\,664 \text{ ლარი.}$

II<sup>B</sup> კატეგორიის საავტომობილო გზაზე ჩვეულებრივ ეწყობა მრავალფენიანი საგზაო სამოსი. ყველაზე გავრცელებულია შემდეგი კონსტრუქცია: ფენილი - ორფენიანი ასფალტობეტონი სისქით 10-12სმ, მზიდი ფენა - მაგარი ჯიშის ქვის მასალის ღორღი სისქით 20-25სმ,

საფუძველი ფენა - ქვიშა-ხრემის ნარევი სისქით 30-40სმ. ასეთი საგზაო სამოსის მოწყობის ჯამური ღირებულება შეადგენს საშუალოდ 45 ლარს. [45]

თუ ფენილის სიგანედ საშუალოდ ავიღებთ 7,5 მეტრს (გვერდულების გამაგრების ჩათვლით), მაშინ საგზაო სამოსის ღირებულება 1კმ სიგრძეზე შეადგენს

$$7500 \times 45 = 337\ 500 \text{ ლარი.}$$

განსხვავება შეადგენს  $337\ 500 - 184\ 664 = 152\ 836$  ლარს ვიწროლიანდიანი რკინიგზის სასარგებლოდ.

**გ. ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზზე და საავტომობილო გზაზე ხელოვნური ნაგებობების მოწყობა.**

ხელოვნური ნაგებობები 0,2კმ მანძილზე წარმოდგენილია მილების, ხიდების, ესტაკადების, ვიადუკების ან გვირაბების სახით. 1 გრძ.მ ხელოვნური ნაგებობების ღირებულება ვიწროლიანდიან ერთლიანდაგიან რკინიგზებზე საშუალოდ შეადგენს 7150 აშშ დოლარს ანუ 19305 ლარს, ხოლო ორზოლიან საავტომობილო გზაზე 11000 აშშ დოლარს ანუ 29700 ლარს. [42] მაშინ

0,2კმ ხელოვნური ნაგებობების ღირებულება ვიწროლიანდიან ერთლიანდაგიან რკინიგზაზე შეადგენს

$$200 \text{ მ} \times 19305 \text{ ლ} = 3\ 861\ 000 \text{ ლარი.}$$

0,2კმ ხელოვნური ნაგებობების ღირებულება ორზოლიან საავტომობილო გზაზე შეადგენს

$$200 \text{ მ} \times 29700 \text{ ლ} = 5\ 940\ 000 \text{ ლარი.}$$

განსხვავება შეადგენს  $5\ 940\ 000 - 3\ 861\ 000 = 2\ 079\ 000$  ლარს ვიწროლიანდიანი რკინიგზის სასარგებლოდ.

**დ. ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზზე საკონტაქტო ქსელის მოწყობა.**

ვიწროლიანდიან რკინიგზის ხაზზე საკონტაქტო ქსელის (მუდმივი ძაბვა, 1500 ვოლტი) მოწყობის ღირებულება საშუალოდ შეადგენს 80000 აშშ დოლარს, ანუ 216 000 ლარს [45].

ვიწროლიანდიანი რკინიგზის ხაზის მშენებლობის ღირებულება 1კმ-ზე საკონტაქტო ქსელის მოწყობით შეადგენს:

$4\,444\,704$  ლარი +  $184\,664$  ლარი +  $3\,861\,000$  ლარი +  $216\,000$  ლარი =  $8\,706\,368$  ლარი.

მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზის მშენებლობის ღირებულება 1კმ-ზე შეადგენს:

$6\,309\,360$  ლარი +  $337\,500$  ლარი +  $5\,940\,000$  ლარი =  $12\,586\,860$  ლარი.

აღნიშნულ თანხას დაემატება გზაზე ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მონიშვნის, ბარიერების მოწყობის ღირებულება, რომელიც ჩვეულებრივ შეადგენს გზის აშენების ხარჯების არანაკლებ 5%-ს. ანუ მაგარსაფარიანი გზის მოწყობის საერთო ღირებულება იქნება  $12\,586\,860 \times 1,05 = 13\,216\,203$  ლარი.

ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მშენებლობის ეკონომიკური უპირატესობა დაბალი კატეგორიის მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზების მშენებლობასთან შედარებით 1 კმ-ზე  $13\,216\,203$  ლარი -  $8\,706\,368$  ლარი =  $4509\,835$  ლარით, ანუ 35 %-ით უფრო იაფია.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ მთიან პირობებში ზამთრის პერიოდში საავტომობილო გზის ექსპლუატაციის სირთულეს და სიძვირეს, ინდივიდუალურ ავტომობილთა გადაადგილების ხიფათიანობის ძალზედ მაღალ რისკს ვიწროლიანდიანი რკინიგზის შემადგენლობის გადაადგილებასთან შედარებით ზამთარში და ღამით, აგრეთვე ელექტროწევით მოძრავი რკინიგზის აბსოლუტურ უპირატესობას ნახშირწყალბადების მომხმარებელ თბური ძრავების მქონე ავტომობილთა ნაკადთან ნათელია, რომ საქართველოს რთული რელიეფის მქონე რეგიონებში და განსაკუთრებით მაღალმთიან პირობებში ვიწროლიანდიან რკინიგზას აქვს სრული უპირატესობა ეკონომიკური, ეკოლოგიური და მოძრაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით.

## 2.4 სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფინანსური უზრუნველყოფის მექანიზმი

### 2.4.1. სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფინანსური უზრუნველყოფა, როგორც სატრანსპორტო სისტემის ეკონომიკის ნაწილი

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება მეტად ძვირადღირებული და იმავდროულად მუდმივი პროცესია. ამიტომაც მიღებულია მასზე დახარჯული თანხების ყოველწლიური სახელმწიფო ბიუჯეტის ან ერთიანი ეროვნული პროდუქტის ნაწილებში გამოსახვა. მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნები მარტო ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების მიზნით ბიუჯეტის 3-4%-ს ხარჯავენ ყოველწლიურად. ინფრასტრუქტურის დაჩქარებული განვითარებისთვის ანუ გარკვეულ 8-10 წლიან ეტაპზე რაოდენობრივად და თვისობრივად ახალი საგზაო ქსელის შექმნისთვის ბიუჯეტის არანაკლებ 10% გამოყოფაა საჭირო [34,46,47,48].

მსოფლიოში თანამედროვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაფინანსების სხვადასხვა ხერხები და საშუალებები არსებობს. ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარებისთვის სახსრების მოძიება ხდება ან სპეციალურად ფორმირებული საგზაო ფონდის საშუალებით ან ბიუჯეტიდან გამოყოფილი მკაცრად გამიზნული თანხებით.

საგზაო ფონდში თანხები გროვდება გზების მომხმარებელთა მიერ გამოყენებული საექსპლუატაციო მასალების რეალიზაციაზე დადებული აქციზებით და გზების მომხმარებელთა ფისკალური დატვირთვის სხვა სახეობებით: მაგ: შემოსავლები ავტომობილის ფლობაზე დადებული გადასახადიდან, გზებზე რეკლამის განლაგებიდან და ა.შ. [34]

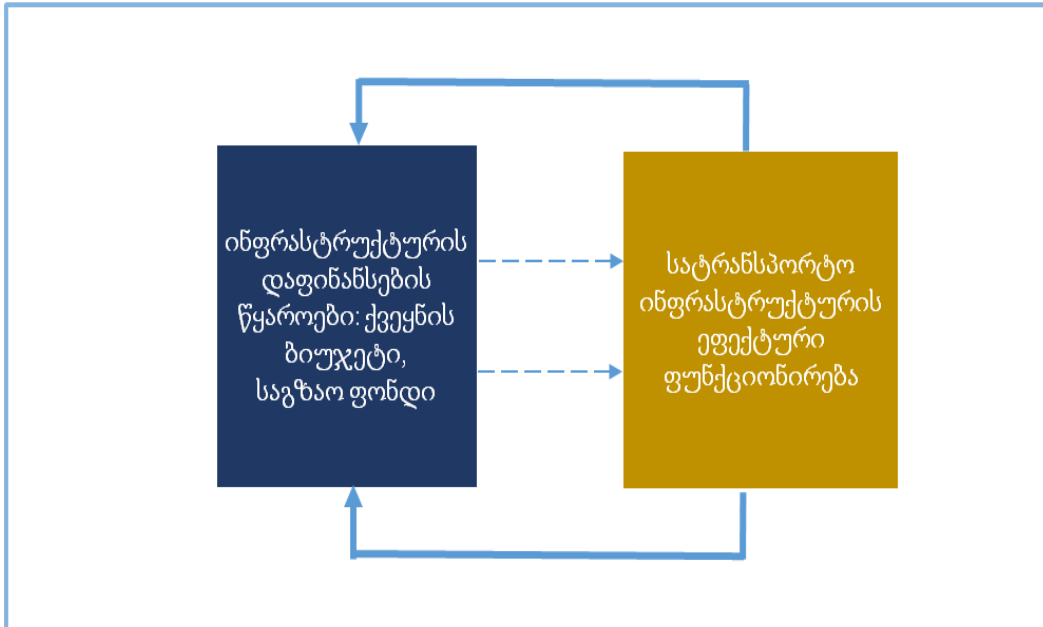
ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე გზების მომხმარებელთა ასეთი ფართო მონაწილეობა განპირობებულია ინდივიდუალური ავტოსატრანსპორტო საშუალებების დიდი წილით ავტოპარკის საერთო რიცხვში. ინდივიდუალურად მფლობელები უფრო მეტ წილს იყენებენ საგზაო ქსელის გამტარუნარიანობიდან და მოიხმარენ საწვავის, საცხები და საექსპლუატაციო მასალების უდიდეს რაოდენობას.

სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის განვითარებისთვის ბიუჯეტური დაფინანსება პრაქტიკულად ერთადერთი წყაროა და იგი ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. გამონაკლისი შეიძლება დაშვებული იყოს ცალკეული დიდი მნიშვნელობისა და მოცულობის რკინიგზის ობიექტების მშენებლობისათვის, რომელთა აშენებას ხანგრძლივი დრო (ჩვეულებრივ 4-5 წელზე მეტი) და ასეულობით მილიონი ევრო სჭირდება. ასეთი ობიექტების დაფინანსებისა და მშენებლობისას ხშირად იქმნება საერთაშორისო კონსორციუმები რომლებიც ე.წ. BOOT-ის პრინციპით (Build–Own–Operate–Trans) აგებენ ობიექტს, ეწვეიან მის მომგებიან ექსპლუატაციას და გარკვეული ხნის შემდეგ უბრუნებენ სახელმწიფოს. ასეთივე წესითაა აგებული გვირაბი ლა-მანშის სრუტის ქვეშ, რომელიც აკავშირებს ბრიტანეთის სახმელეთო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურას ევროპულთან [48,49].

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაფინანსების ნებისმიერი სახეობის გამოყენებისთვის აუცილებელია სატრანსპორტო სისტემის მთლიანი და ცალკეუმადგენელი ნაწილების ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასების მექანიზმის შემუშავება, რომელიც საშუალებას მისცემს ქვეყანას შეიმუშაოს სისტემის წარმატებული (მომგებიანი) ფუნქციონირებისათვის საჭირო ქმედებები, მოიძიოს ამისთვის საჭირო თანხები და მოახდინოს შესაძლო ხარჯებისა და შემოსავლების პროგნოზირება. ეს პროცესი მუდმივად უნდა მიმდინარეობდეს, ვინაიდან სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ეფექტური მუშაობა შესაძლებელია მხოლოდ მუდმივი და საკმარისი დაფინანსებით. ინფრასტრუქტურის ეფექტურად განვითარებაზე დახარჯული თანხები კი უკან უბრუნდება დამფინანსებელს (ნახ.30.)

როგორც არაერთხელ აღინიშნა, ტრანსპორტი ეროვნული ეკონომიკის უმნიშვნელოვანესი დარგია და ქვეყნის კეთილდღეობის პირდაპირი განმსაზღვრელია. მისი გამართული ფუნქციონირების უმთავრესი მაჩვენებლებია ეკონომიურობა და უსაფრთხოება ანუ მოსახლეობის დაცვა საგზაო სატრანსპორტო ტრამვებისა და სატრანსპორტო პროცესში

წარმოშობილი ტოქსიკური ნივთიერებებისაგან. ეკონომიურობის კრიტერიუმია სატრანსპორტო პროცესის შემდეგ მიღებული შემოსავლების გადაჭარბება ამავე პროცესის განხორციელებაზე დახარჯულ თანხებზე.



**ნახ. 30. სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაფინანსებისა და მისი ეფექტური მუშაობის პირდაპირი და უკუკავშირების სქემა.**

- - - - - ➔ - თანხები ინფრასტრუქტურის შექმნაზე, მოვლა-შენახვაზე;
- ➔ - თანხები ბიუჯეტის დაფინანსების სხვა წყაროების შესავსებად.

სატრანსპორტო პროცესზე გაწეული ხარჯების 70-80%-ზე მეტს შეადგენს ტვირთების და მგზავრების გადაადგილებაზე გაწეული პირდაპირი სატრანსპორტო დანახარჯები, რომლებიც უშუალოდაა დაკავშირებული მოძრაობის პრობლებთან, ანუ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის რაოდენობრივ და თვისობრივ მაჩვენებლებთან [29,30,34]. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების პრობლემის გადაჭრის მთავარი საშუალებაა სატრანსპორტო პროცესის ოპტიმალური მართვა. ოპტიმალურობის კრიტერიუმია შემოსავლების გადაჭარბება ხარჯებზე გადაადგილების უსაფრთხოების სრული დაცვის პრობებში. ანუ ეს ორი ამოცანაა პრობლემის გადაჭრის საშუალება.



სატრანსპორტო პროცესის ოპტიმალური ფუნქციონირება მრავალი სხვადასხვა სახის ფაქტორებზეა დამოკიდებული და დასმული ამოცანის წარმატებით გადაჭრისთვის აუცილებელი ფაქტორების დიფერენცირება და მათი შესაბამისი მათემატიკური გამოსახულებების შემუშავება.

#### **2.4.2. სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ფაქტორების დიფერენცირება**

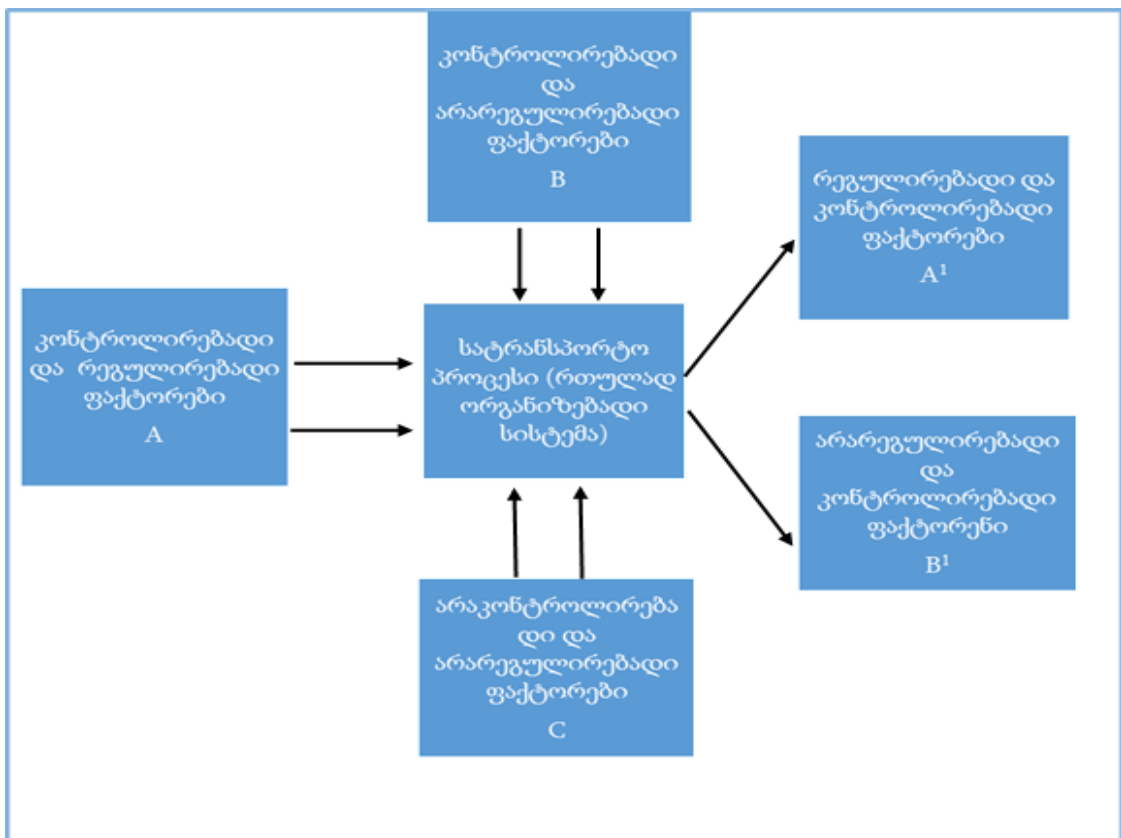
სატრანსპორტო პროცესი რთული და ძნელი ორგანიზებადი მოვლენაა, რომელთა განმსაზღვრელი ფაქტორების ერთობლიობა შეიძლება პირობითად დავყოთ რამდენიმე ჯგუფად: რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორები; ფაქტორები, რომელთა კონტროლირება შესაძლებელია, რეგულირება - არა; ფაქტორები, რომელთა არც რეგულირება და არც კონტროლირებაა შესაძლებელი. კიბერნეტიკის თეორიის საფუძვლების თანახმად სისტემები, რომელთა ფუნქციონირებას განსაზღვრავენ ასეთი ტიპის ფაქტორები რთულია და ძნელად ორგანიზებადი, მაგრამ არსებობს სრული შესაძლებლობა მისი მათემატიკური მოდელის ჩარჩოებში მოქცევისა [49,50].

„რეგულირებადი“ ნიშნავს სახელმწიფო აპარატის გარკვეული სტრუქტურების მიერ ფაქტორების რაოდენობრივი ცვლილებების უზრუნველყოფას. „კონტროლირება“ ცვლილებათა დაფიქსირებას და მათი რაოდენობრივი სახით შეფასებას. აქედან გამომდინარე, აბსოლუტურად რეგულირებადი და კონტროლირებადი, ან არარეგულირებადი და არაკონტროლირებადი მოვლენები არ არსებობს. მათი ამდაგვარი შეფასება დამოკიდებულია მხოლოდ იმაზე, თუ რა შესაძლებლობები გააჩნია მოვლენის მიმართ მმართველ სახელმწიფო სტრუქტურას. ფაქტორებს, რომელთა კონტროლირება შესაძლებელია მხოლოდ ფაქტის შემდეგ, ვთვლით არაკონტროლირებადად.

ჩვენს შემთხვევაში სატრანსპორტო პროცესის განმსაზღვრელი ფაქტორების ზემოხსენებული მიდგომით დიფერენცირებისას ამოვდივართ შემდეგი საკანონმდებლო და აღმასრულებელი სტრუქტურების შესაძლებლობებიდან: პარლამენტი და მისი შესაბამისი კომისიები, რომლებიც განსაზღვრავენ ეკონომიკასა და ტრანსპორტს, ეკონომიკის, ინფრასტრუქტურის და ა.შ. სამინისტროები, სახმელეთო ტრანსპორტის სააგენტო, საავტომობილო გზების დეპარტამენტი, საბაჟო დეპარტამენტი, შსს სტრუქტურები, მათ შორის საპატრულო პოლიცია და ა.შ.

კონტროლის ორგანოებში, სახელმწიფო სტრუქტურების გარდა, შეიძლება აღვნიშნოთ არასამთავრობო ორგანიზაციები, მასობრივი ინფორმაციის საშუალებები და სხვა [50].

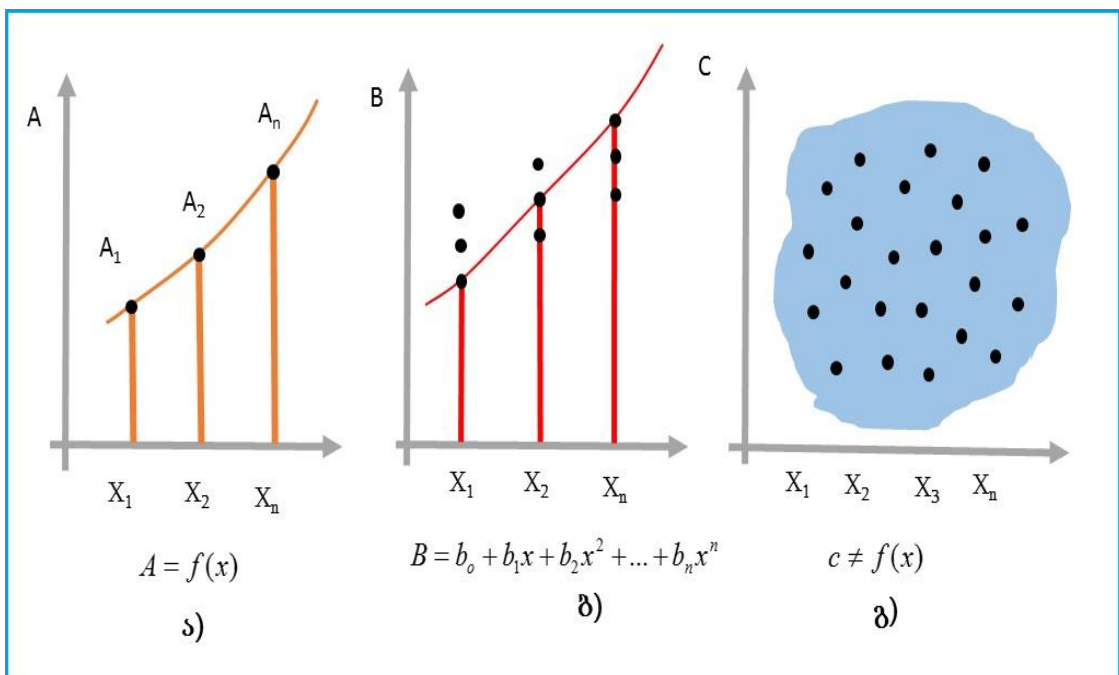
ზემოთქმულის გათვალისწინებით ნახ.31-ზე მოცემულია სატრანსპორტო პროცესზე მოქმედი ფაქტორების სქემა.



**ნახ.31. სატრანსპორტო პროცესის, როგორც რთულად ორგანიზებული სისტემის ფუნქციონირების სქემა - A, B, C ამოსავალი ფაქტორები და A¹ B¹ მიღებული პარამეტრები.**

რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორების ფუნქციონირება შეიძლება დიდი სიზუსტით აღიწეროს მათემატიკური განტოლებებით. ვინაიდან არგუმენტის სიმრავლის ყოველ ელემენტს ფუნქციის სიმრავლის ერთადერთი ელემენტი შეესაბამება.  $A=f(x)$  (ნახ.32.ა) კონტროლირებადი, მაგრამ არარეგულირებადი ფაქტორების ფუნქციონალური დამოკიდებულების აღწერა შეიძლება  $n \in N(n \geq 2)$  ხარისხის პოლინომით  $B = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx^n$ . ამ შემთხვევაში ყოველ  $x$  არგუმენტს  $B$ -ს რამდენიმე მნიშვნელობა შეესაბამება. ამიტომ მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების დადგენა შესაძლებელია მხოლოდ გარკვეული მიახლოებით, მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის მეთოდების გამოყენებით. რამდენად დამაჯერებელია ფუნქციის ცვლილების კავშირი არგუმენტის პასუხზე ფასდება შესაბამისი კრიტერიუმით, მაგ: კორელაციის კოეფიციენტით, ხდომილების ალბათობით და ა.შ. (ნახ. 32.ბ.) [50].

არარეგულირებად და არაკონტროლირებად ფაქტორებს შორის მიზეზშედეგობრივი კავშირის დადგენა შეუძლებელია, შესაძლოა მხოლოდ სისტემის ფუნქციონირების შედეგად მიღებული პარამეტრის მომხდარი ფაქტის შემდეგ დაფიქსირება (ნახ. 32.გ.).



ნახ.30. სხვადასხვა ტიპის ფაქტორების სისტემის ფუნქციონირებასთან ურთიერთკავშირის გრაფიკული გამოსახვა

ცხრ.20-ში მოცემულია ბუნებრივი და ტექნოგენური ფაქტორების მნიშვნელობა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებაზე ზეგავლენის ხარისხის მიხედვით, ხოლო ტრანსპორტის სხვადასხვა სახეობებზე მოქმედი ფაქტორების ჩამონათვალი რეგულირებადობისა და კონტროლირებადობის მიხედვით მოცემულია ქვემოთ 21 და 22 ცხრილებში.

**ცხრილი 20**

**ბუნებრივი და ტექნოგენური ფაქტორების მნიშვნელობა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებაზე ზეგავლენის ხარისხის მიხედვით**

| ტრანსპორტის სახეობა |                 | რელიეფი | გეოლოგია | ჰიდროლოგია | კლიმატი | ფლორა<br>—<br>ფაუნა | ტექნოგენური |
|---------------------|-----------------|---------|----------|------------|---------|---------------------|-------------|
| საავტომობილო        |                 | +++     | +++      | +++        | +++     | $\frac{++}{+}$      | ++          |
| სარკინიგზო          |                 | +++     | +++      | +++        | +++     | $\frac{++}{-}$      | ++          |
| საკაერო             |                 | ++      | +        | +          | +++     | $\frac{-}{+}$       | +           |
| წყლის               | საზღვაო         | +       | +        | +++        | +++     | $\frac{-}{+}$       | +           |
|                     | სამდინარო       | ++      | ++       | +++        | ++      | $\frac{-}{+}$       | ++          |
| მილსადენი           | თხევადი         | +++     | ++       | +          | +       | $\frac{-}{-}$       | +           |
|                     | გაზობრივი       | +++     | ++       | +          | +       | $\frac{-}{-}$       | +           |
|                     | ნაყარი ტვირთები | +++     | ++       | +          | -       | $\frac{-}{-}$       | +           |

შენიშვნა:+++ ძლიერი გავლენა; ++ საშუალო; + სუსტი; - არ აქვს გავლენა.

### 2.4.3. სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი

#### ტექნიკური და ეკონომიკური ფაქტორები

სატრანსპორტო პროცესის მიმდინარეობაზე ზემოქმედებას ახდენენ, როგორც ტექნიკური ისე ეკონომიკური ფაქტორები. მომქმედი ტექნიკური ფაქტორებიდან რეგულირებადია და კონტროლირებადია შემდეგი: სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის შემადგენელი ელემენტები, სახმელეთო კომუნიკაციების სიგრძე, მათი ტრასის ელემენტები (მოხვევის მრუდის რადიუსები, გრძივი ქანობები, სწორ მონაკვეთთა სიგრძე და ა.შ.) რკინიგზის მიწის ვაკისის, ლიანდაგის ზედა ნაშენის და საავტომობილო გზების სამოსების თვისებები: ფენების სახეობა, რაოდენობა, გამოყენებული მასალები, მათი ფიზიკო-მექანიკური თვისებები, აგრეთვე ჩაჭიდების კოეფიციენტი, განივი ქანობი და სხვა. რკინიგზისა და საავტომობილო გზების მოწყობა-გაფორმების ელემენტები: საგზაო ნიშნები, განათების ბოძები, სარეკლამო-საინფორმაციო ფარები, მაღალი ძაბვის ხაზები, მათი საყრდენები და ა.შ. რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორებია, აგრეთვე ხელოვნური ნაგებობები, სარკინიგზო და საავტომობილო ხიდები, გვირაბები, ღვარცოფსაშვებები, სელედუკები, ვიადუკები და ა.შ., მათი მუშაობის რეჟიმები, ტიპები, გეომეტრიული ზომები, გამოყენებული მასალები, საექსპლუატაციო რესურსები და ა.შ.

რეგულირებას და კონტროლირებას ექვემდებარება აგრეთვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის რიგი მნიშვნელოვანი ელემენტები, რომლებიც უშუალო კავშირში არიან მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილების პროცესთან, განსაზღვრავენ სატრანსპორტო პროცესის უსაფრთხოებას, ეკონომიურობას, ასეთებია: სატრანსპორტო საშუალებების მოვლა შენახვისა და სხვადასხვა დროითი პარკირების მიწისქვეშა და მიწისზედა ერთ და მრავალსართულიანი ობიექტები, საწვავით გასამართი სადგურები, მგზავრების დასასვენებელი და სამხერი მოედნები, სარკინიგზო დეპოები, ტექნიკური პარკები და ა.შ. ზოგიერთ ქვეყანაში, გარკვეულ სოციალურ-ეკონომიკურ და ბუნებრივ გარემოში, ეს ფაქტორები

შეიძლება მიკუთვნებული იქნას არარეგულირებად, მაგრამ კონტროლირებად ფაქტორთა ჯგუფისადმი.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გარკვეული ნაწილი თანამედროვე საბაზრო ეკონომიკის პირობებში კონტროლირებადია, მაგრამ არა რეგულირებადი. ასეთებს მიეკუთვნება კერძო სექტორის კუთვნილი საავტომობილო და სარკინიგზო გზების განთვისების ზოლში და წითელ ხაზებს შორის არსებული სატრანსპორტო პროცესთან უშუალო კავშირში არ მყოფი ობიექტები (მცირე მაღაზიები, კაფეები, სადგურის ბუფტები და სხვა), რომლებიც კონტროლს ექვემდებარებიან, მაგრამ მათ ფუნქციონირებას განსაზღვრავს საბაზრო ეკონომიკის მექანიზმი. ზემოთ აღნიშნული სტრუქტურების მიერ ისინი რეგულირებას არ ექვემდებარებიან [51,52,53].

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებაზე უმნიშვნელოვანესი ბუნებრივი ფაქტორები, როგორებიცაა კლიმატი (ჰაერის ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარების მიმართულება, მზიანი დღეების რაოდენობა და ა.შ.) არიან არარეგულირებადი, მაგრამ კონტროლირებადი. მათვე მიეკუთვნება გარემოს სეისმური სიტუაცია, ბუნებრივი პირობები, როგორიცაა რელიეფი და გეოლოგია ასევე მიეკუთვნება არა რეგულირებად და კონტროლირებად ფაქტორებს.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებაზე მომქმედი ბუნებრივი და ტექნოგენური ფაქტორები რეგულირება და კონტროლი ხორციელდება სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაპროექტების სრული ციკლის შესრულებით: ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება, კონსტრუირება და ანგარიში. რეგულირებისა და კონტროლირების მექანიზმის საფუძველია საკანონმდებლო და ნორმატულ-ტექნიკური ბაზა [54,55].

არარეგულირებადი და არაკონტროლირებადი ფაქტორები შედარებით იშვიათია, მათ რიცხვს შეიძლება მიეკუთვნოს სამყაროს მოულოდნელი გლობალური კატაკლიზმები. აგრეთვე ქარბორბალას ტიპის ძლიერი ქარიშხლები, თოვლის დნობისა და ხანგრძლივი ინტენსიური წვიმების

თანხვედრა, დარგის მუშაკთა საბოტაჟი და გაფიცვები, საომარი მოქმედებანი და ტერორისტული აქტები. ყველა ის ფაქტორი, რომელთა რაოდენობრივი შეფასება შესაძლებელია მხოლოდ ფაქტის შემდეგ, ხოლო პრევენციული შეფასება პრაქტიკულად შეუძლებელია მივაკუთვნოთ არაკონტროლირებად და არარეგულირებად ფაქტორთა რიცხვს.

**ცხრილი 21**

**სატრანსპორტო პროცესის განმსაზღვრელი ტექნიკური ფაქტორები და მათი დიფერენცირება რეგულირებისა და კონტროლის მიხედვით**

| <b>ტექნიკური ფაქტორები</b>                |  |  |
|---|--|--|
|   | <b>მოდრავი შემადგენლობის</b>   | <b>სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის</b>  |
| <b>რეგულირებადი, კონტროლირებადი</b>       | სატრანსპორტო საშუალების ეკონომიკური და ეკოლოგიური მახასიათებლები, მოდელების კონსტრუქციული პარამეტრები ცალკეული მოდელებისა და სატრანსპორტო საშუალებათა პარკის რაოდენობა, სტრუქტურა და ა.შ | ტრასის და განივი პროფილის ელემენტები, ზედა ნაშენისა და საგზაო სამოსების პარამეტრები, მცირე და დიდი ხელოვნური ნაგებობების ტიპები, ზომები, გამოყენებული მასალები, მოწყობა გაფორმების ელემენტები და ა.შ |
| <b>არარეგულირებადი, კონტროლირებადი</b>    | მოხმარებული საექსპლუატაციო მასალების რაოდენობა, მანქანათმშენებლობასა და საექსპლუატაციო მასალების წარმოებაზე გავლენის მომხდენი საერთაშორისო ეკონომიკურ-პოლიტიკური მოვლენები და ა.შ        | კლიმატი, გეოლოგიური პირობები, სეისმური სიტუაცია, განთვისების ზოლსა და მის გარეთ არსებული კერძო სექტორის კუთვნილი ობიექტები და ა.შ  |
| <b>არარეგულირებადი, არაკონტროლირებადი</b> | ბუნების სტიქიური ძალები და გლობალური ეკონომიკურ-პოლიტიკური მოვლენები და ა.შ  | სამყაროს გაუთვალისწინებელი გლობალური კატაკლიზმები  |

სატრანსპორტო პროცესის განმსაზღვრელი ეკონომიკური ფაქტორები

|                                   | რეგულირებადი კონტროლირებადი   | არარეგულირებადი კონტროლირებადი   |
|-----------------------------------|---|--|
| შემოსავლები                       | მგზავრებისა და ტირთების გადაადგილების თვითღირებულება სხვადასხვა საგზაო პირობებში, აქციზები საექსპლუატაციო მასალების რეალიზაციიდან, ფისკალური დატვირთვები, შემოსავლები ფასიანი ქაღალდებიდან და ა.შ.                            | ავტომობილთა ექსპორტი-იმპორტიდან, ავტომობილთა დაზღვევიდან, საექსპლუატაციო მასალების ერთეულის ღირებულება, რეალიზებული პროდუქციის და მომსახურების მოცულობა.   |
| ხარჯები                           | საექსპლუატაციო მასალების ღირებულება, ინფრასტრუქტურის ელემენტების მშენებლობა, ექსპლუატაცია და რემონტი, საგზაო ზედამხედველობის და მონიტორინგის უზრუნველყოფა მოძრაობის მონაწილეებზე სატრანსპორტო საშუალებებსა და კომუნიკაციებზე. | გადაუდებელი სამედიცინო და ტექნიკური დახმარება, სსშ ადრული სარჩელების კომპენსაცია, სტიქიური მოვლენების, ტერორისტული აქტების და ა.შ გამოწვეული გაუთვალისწინებელი დანახარჯები.                      |
| დეფიციტის დაფარვის მიმართულებანი  | ასიგნებანი სახელმწიფო ბიუჯეტიდან, ფისკალური დატვირთვის და ადმინისტრირების ცვლილებანი, ახალი გადასახადების შემოღება.   | ფასიანი ქაღალდების რეალიზაცია, დახმარებები საერთაშორისო დონორი ორგანიზაციებიდან, მათგანვე მიღებული კრედიტები.  |
| მოგების განაწილების მიმართულებანი | სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურისა და სატრანსპორტო საშუალებათა პარკის განვითარებაზე გაწეული ხარჯები სახელმწიფოს მიერ, სახელმწიფო ბიუჯეტის შევსება, კადრების მომზადება, მეცნიერება, ქველმოქმედება.                                  | კერძო სექტორის მიერ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურისა და სატრანსპორტო საშუალებათა პარკის დაფინანსება. კერძო სტრუქტურების ხარჯები ქველმოქმედებაზე (კადრების მომზადება, სამეცნიერო სამუშაოები და ა.შ). |

მოძრავი შემადგენლობის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ფაქტორები: მოძრავი შემადგენლობის ფუნქციონირების განმსაზღვრავი რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორებია: ღერძზე მოსული დატვირთვების სიდიდე და მათი განლაგება ღერძზე, ხვედრითი სიმძლავრე,



საწვავის ხარჯი, საწვავისა და საპოხ-საცხები მასალების სახეობანი, ვაგონებისა და ავტომობილების ტვირთამწეობა და მგზავრტევადობა, გადაადგილების სიჩქარე, ძრავების ეკოლოგიური და ეკონომიკური მახასიათებლები, ცალკეული მოდელების კვანძების, აგრეგატების და სისტემების კონსტრუქციული თავისებურებანი, მაგ. ცილინდრებისა და სარქველების რაოდენობა და განლაგება, გადაცემათა კოლოფის და მთავარი გადაცემის რიცხვი, კბილანების რაოდენობა, მათი სახეობა და ა.შ.

არარეგულირებადი, მაგრამ კონტროლირებადი ფაქტორებია: მოხმარებული საექსპლუატაციო მასალების, ნაწილებისა და აქსესუარების სახეობანი და რაოდენობა, მოძრავი შემადგენლობის ცალკეული მოდელების, მათი საექსპლუატაციო მასალების, მარაგნაწილებისა და აქსესუარების საბაზრო ღირებულება.

არარეგულირებად და არაკონტროლირებად ფაქტორივად შეიძლება ჩაითვალოს ბუნების სტიქიური ძალების და გლობალური ეკონომიკურპოლიტიკური მოვლენების ზეგავლენა ქვეყანაში ან ცალკეულ რეგიონში მიმდინარე სატრანსპორტო პროცესზე, რომელიც უშუალოდ ზეგავლენას ახდენს როგორც პარკის, ასევე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე. ე.ი. ყველა ის პროცესებია, რომელსაც კონკრეტული სახელმწიფო სტრუქტურები ვერ არეგულირებენ და ვერც აკონტროლებენ.

#### **2.4.4. ეკონომიკური ფაქტორების დიფერენცირება და ანალიტიკური გამოსახულებანი**

სატრანსპორტო პროცესზე მოქმედი ეკონომიკური ფაქტორები შეიძლება დავაჯგუფოთ ოთხ ძირითად ნაწილად: სატრანსპორტო დარგის ფუნქციონირებით მიღებული შემოსავლები -  $\alpha_{(xi)}$ , ხარჯები -  $\beta_{(yi)}$ , დაფარვის წყაროები -  $\beta_1$  და შემოსავლების განაწილების მიმართულებანი -  $\delta_1$ .

სატრანსპორტო პროცესში სხვადასხვა სახის შემოსავლები შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც შემდეგი ფაქტორების ჯამი:

$$\sum_{i=1}^n A_{(xi)}$$

შემოსავლები მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილებიდან  $X_1 = X_1' + X_1''$

$$X_1' = \sum_{i=1}^n n_i s_i L_i,$$

სადაც  $n_i$  -  $i$  სახეობის სატრანსპორტო საშუალებით ( $i$  კლასის ვაგონით)

გადაყვანილი მგზავრთა რაოდენობაა;

$s_i$  - მგზავრობის ღირებულება ერთეულ სიგრძეზე;

$L_i$  - გადაადგილების სიგრძე, კმ.

$$X_1'' = \sum_{i=1}^n Q_i S_i L_i$$

სადაც  $X_1''$  - ტვირთების გადაადგილებიდან მიღებული შემოსავალია;

$Q_i$  -  $i$  სახის ტვირთის წონა;

$S_i$  - ტ. კმ.-ს ღირებულება;

$L_i$  - ტვირთის გადაზიდვის მანძილი.

ორივე კომპონენტი  $X_1'$ ,  $X_1''$  და მათი შემადგენელი ნაწილები რეგულირებადი და კონტროლირებადია.

$X_2$  - შემოსავლები ფასიანი გზებისა და ცალკეული ფასიანი ხელოვნური ნაგებობებისაგან. დამოკიდებულია შემდეგ ცვლადებზე:

$$X_2 = f_2(L, K_i q_i, N_i Q_j, N_j t_j),$$

სადაც  $L$  - ფასიანი გზების სიგრძეა;

$Q_j$  - ფასიანი ავტოსადგომებისა და ავტოფარეხების ტევადობა;

$N_i, N_j$  - სხვადასხვა ტიპის ავტომობილების რაოდენობა, რომლებმაც

გაიარეს ფასიანი გზა და ისარგებლეს ფასიანი ავტოსადგომით;

$t_j$  - ავტოსადგომზე ავტომობილის დგომის ღირებულება.

$X_2$  ფუნქციონალური დამოკიდებულება გამოითვლება ფორმულით:

$$X_2 = \sum_{i=1}^n N_i L_i + \sum_{j=1}^n N_j t_j.$$

$X_2$  - რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორია, თუ ფასიანი გზები და ცალკეული ფასიანი ხელოვნური ნაგებობები სახელმწიფოს მფლობელობაშია, თუ ზემოხსენებული ნაგებობები კერძო სააქციო ან სხვა ტიპის კომპანიების ფლობელობაშია ან იჯარითაა მათზე გადაცემული, მაშინ  $X_2$  არარეგულირებადი, მაგრამ კონტროლირებადია. სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე კარგად ექვემდებარება პროგნოზირებას.

$X_3$  - შემოსავლები საზღვარგარეთიდან შემოსული სატრანსპორტო საშუალებებსა და ტვირთების ტრანზიტით გავლაზე. იგი რეგულირებადი და კონტროლირებადია, მის მიერ შემოტანილი შემოსავლები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ეროვნული ეკონომიკის განვითარებაში.  $X_3$  გამოითვლება ფორმულით:

$$X_3 = \sum_{i=1}^n L_i N_i P_i + \sum_{j=1}^n L_j Q_j P_j,$$

სადაც  $L_i, L_j$  - ტრანზიტული მარშრუტების სიგრძეა;

$N_i$  - სატრანსპორტო საშუალებებისა და ტვირთების რაოდენობა;

$P_i, P_j$  - სატრანზიტო ერთეულის ფასი.

საქართველოს და სამხრეთ კავკასიის რეგიონის საზედამხედველო სტრუქტურების შესაძლო კორუმპირებულობისა და მთლიანად საზოგადოების მენტალიტეტის გათვალისწინებით მიზანშეწონილია შემოსულ სატრანსპორტო საშუალებებზე და ტვირთებზე ზემოთ აღნიშნული ზედამხედველობის განხორციელება დაევალოს მხოლოდ სახელმწიფო სტრუქტურებს. ამ შემთხვევაში მათი კონტროლირება, რეგულირება და პროგნოზირება გაცილებით იოლად და ეფექტურად განხორციელდება.

$X_4$  - შემოსავლები განთვისების ზოლში განლაგებული ობიექტების სა-არენდო გადასახადებისგან, რომელთა ფუნქციონირება არ არის უშუალო

კავშირში მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილებასთან.  $X_4$  იანგარიშება ფორმულებით:

$$X_4 = X_c + X_p + X_H + X_0 ,$$

სადაც,

$$X_c = \sum F_c P_c , X_p = \sum F_p P_p , X_H = \sum F_H P_H , X_0 = \sum L_0 P_0$$

$X_c$  - შემოსავლებია სავაჭრო ობიექტებიდან;

$F_c$  - c ტიპის ობიექტის მიერ დაკავებული ფართობი, მ<sup>2</sup>-ში;

$P_c$  - შესაბამისი წლიური საარენდო გადასახადი, მ<sup>2</sup>-ზე

$X_p$  - შემოსავლები რეკლამიდან;

$F_p$  - p ტიპის სარეკლამო ფარების ფასები, მ<sup>2</sup>-ში;

$P_p$  - შესაბამისი სარეკლამო გადასახადი, მ<sup>2</sup>-ზე;

$X_H$  - შემოსავლები მომსახურების ობიექტებიდან;

$F_H$  - ავტოსადგურებისა, კემპინგებისა და ა.შ. ობიექტებისგან დაკავებული ფართობი;

$P_H$  - შესაბამისი წლიური საარენდო გადასახადი, მ<sup>2</sup>-ზე;

$X_0$  - შემოსავლები გზის გასწვრივ კომუნიკაციების გაყვანისგან;

$L_0$  - o - ტიპის კომუნიკაციის სიგრძე, მ-ში;

$P_0$  - შესაბამისი წლიური საარენდო გადასახადი, 1გრძეზე მ-ზე;

$X_4$  - ექვემდებარება რეგულირებასა და კონტროლს, მაგრამ ობიექტების სპეციფიკიდან გამომდინარე, კონტროლირება და პროგნოზირება გარკვეულ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული. სატრანსპორტო დარგის შემოსავლებში, განსაკუთრებით ავტოსატრანსპორტოზე მათი ხვედრითი წილი დიდია, ამიტომ მათი შესაბამისი კონტროლის უზრუნველყოფა მეტად მნიშვნელოვანია.

$X_5$  შემოსავალი, მიღებული საწარმოებისა და ორგანიზაციებისაგან საერთო სარგებლობის საგზაო ქსელის გამოყენებაზე, იანგარიშება ფორმულით:

$$X_5 = X_5^I + X_5^{II} ,$$

სადაც  $X_5^1$  - შემოსავალი განთვისების ზოლში განლაგებული ობიექტები-  
დან,  $X_5''$  - შემოსავლები სხვა საწარმოებისა და ორგანიზაციებისაგან:

$$X_5^I = \sum_{i=1}^n N_i Q_i P_i,$$

$$X_5'' = V_5 P_5,$$

სადაც  $N_i$  -  $i$  - ტიპის ორგანიზაციებისა და საწარმოების რაოდენობაა,  
რომლებიც განლაგებულია განთვისების ზოლში;

$Q_i$  - რეალიზებული პროდუქციის მოცულობა;

$P_i$  - საგადასახადო განაკვეთი ერთეულ მოცულობაზე;

$V_5$  - განთვისების ზოლის გარეთ განლაგებული ობიექტების  
შემოსავლები;

$P_5$  - შესაბამისი საგადასახადო განაკვეთი;

$P_i$  და  $P_5$  რეგულირებადი ფაქტორებია. რეალიზებული პროდუქციის  
მოცულობა  $Q_i$  და  $V_5$  - არარეგულირებადი და კონტროლირებადია.

შესაბამისად  $X_5$  მთლიანად არარეგულირებადია, მაგრამ  
კონტროლირებადი ფაქტორია, კარგად ექვემდებარება პროგნოზირებას  
სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის შედეგად.

$X_6$  - შემოსავლები ფასიანი ქაღალდებისაგან. იანგარიშება ფორმულით:

$$X_6 = X_a + X_0 + X_j,$$

სადაც  $X_a$  - შემოსავლები ცალკეული რკინიგზებისა და ფასიანი  
საავტომობილო გზების აქციებისგან;

$X_0$  - შემოსავლები სახმელეთო კომუნიკაციების მშენებლობის  
დაფინანსებისათვის გამოშვებული ობლიგაციებიდან;

$X_j$  - შემოსავლები მგზავრებსა და საგზაო მოძრაობის  
მონაწილეთა შორის ლატარიის ბილეთების  
გავრცელებისაგან;

$X_6$  - რეგულირებადი, კონტროლირებადი და  
პროგნოზირებადია, თუ მათი განხორციელება ხდება  
სახელმწიფო სტრუქტურების მიერ. კერძო ორგანიზაციებში

მათი გადაცემის შემთხვევაში არარეგულირებადი და ნაკლებად პროგნოზირებადია.

$X_7$  - შემოსავალი ინდივიდუალური სატრანსპორტო საშუალებებიდან შეიძლება აღრიცხოს საწვავის, საზეთ-საპოხი მასალების და სხვა საექსპლუატაციო მასალებისა თუ აქსესუარების რეალიზაციიდან მიღებული აქციზებით.

სააქციზო შემოსავლები საწვავის, საზეთ-საპოხი და სხვა საექსპლუატაციო მასალების რეალიზაციიდან შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი ფუნქციონალური დამოკიდებულებით

$$X_7 = f_{xi}(L_d, \psi_d, P_d, q_d, p_d),$$

სადაც  $L_d$  - ლოკომოტივების და ავტომობილთა წლიური განარბენია, სხვადასხვა საგზაო პირობებში, აგრეთვე ავტომობილთა წლიური განარბენი ქალაქებსა და დასახლებული პუნქტების გზებსა და ქუჩებში;

$\psi_d$  - შესაბამისი ჯამური საგზაო წინააღმდეგობანი;

$q_d$  - საექსპლუატაციო მასალების ხარჯი ერთეულ განარბენზე,

$P_d$  - საექსპლუატაციო მასალების ერთეულის ღირებულება,

$p_d$  - საგადასახადო განაკვეთი  $d$  - ტიპის მასალაზე ერთეულის ნაწილებში.

ზემოხსენებული ფაქტორებიდან  $L_d$  არის რეგულირებადი და კონტროლირებადი,  $q_d$ ,  $P_d$  - კონტროლირებადი, მაგრამ არარეგულირებადი ფაქტორები.  $P_d$  არის სატრანსპორტო პროცესის შემოსავლების განმსაზღვრელი ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორი. მისი რიცხვითი მნიშვნელობა იცვლება ფართო დიაპაზონში.

$X_7$ -ს სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ემპირიული გამოსახულებიდან:

$$X_7 = \sum_{i=1}^n V_{xi} P_{xi},$$

სადაც  $V_{xi}$  -  $i$ -ტიპის საექსპლუატაციო მასალის რეალიზაციის მოცულობაა;

$P_{xi}$  - შესაბამისი საგადასახადო განაკვეთი.

$X_8$  - შემოსავალია ავტომობილის ფლობაზე დადებული გადასახადიდან და იანგარიშება ფორმულით:

$$X_8 = \sum M_i P_i,$$

სადაც  $P_i$  -  $i$  - ტიპის ავტომობილების ფლობაზე დადებული გადასახადია;

$M_i$  -  $i$  - ტიპის ავტომობილთა რაოდენობა.

$X_8$  - რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორია. მას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ავტომობილიზაციის უარყოფითი შედეგების გამანეიტრალებლად. შეიძლება მისი წარმატებით გამოყენება მაღალი ტემპით ავტოპარკის ზრდის შესაფერხებლად.

$P_i$ -ს რეგულირება მიზანშეწონილია ავტომობილის რეგისტრაციის რეგიონის მიხედვით (დიდი ქალაქი, მცირე ტიპის დასახლება, საკურორტო ზონა და ა.შ.). ამ მიმართულებით საგადასახადო რეგულირების შესანიშნავი მაგალითია ევროკავშირის ქვეყნების პრაქტიკა.

სატრანსპორტო საშუალებათა მარაგნაწილებისა და აქსესუარების რეალიზაციისგან გამოითვლება ფორმულით  $X_9$ .

$$X_9 = X_9' + X_9'',$$

სადაც  $X_9'$  არის შემოსავლები მარაგნაწილების რეალიზაციისგან,  $X_9''$  - აქსესუარების რეალიზაციისგან.

$X_9'$  შეიძლება ვიანგარიშოთ შემდეგი ფუნქციონალური დამოკიდებულებით

$$X_9' = f_{xi}(L_d, \psi_d, R_d, P_d, P_d),$$

სადაც  $R_d$  -d- ტიპის მარაგნაწილის რესურსი, კმ-ში.

სხვა აღნიშვნები შეესაბამება უკვე ზემოაღნიშნულს.

$X_9'$  არის რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორი, რკინიგზის ტრანსპორტისათვის აგრეთვე, თუ ავტოსატრანსპორტო დარგის შემოსავლები მიღება მიზნობრივი დაფინანსების ე.წ. საგზაო ფონდის

მექანიზმის საშუალებით [56,57]. წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი კონტროლირებადია, მაგრამ არარეგულირებადი.

$X_9''$  - შემოსავალი აქსესუარების რეალიზაციისგან კონტროლირებადია, მაგრამ არარეგულირებადი, რადგან ის ექვემდებარება მოდის ზეგავლენას.

$X_{10}$  შემოსავლები ლოკომოტივებისა და ავტომობილებით ექსპორტის, იმპორტის და შიდა ბაზარზე გაყიდვისა და გასხვისებისაგან. ესენი არარეგულირებადია, მაგრამ კონტროლირებადი. მათი საკმაოდ ზუსტი რაოდენობა შეგვიძლია ვიანგარიშოთ წლის ბოლოს წარმოდგენილი სტატისტიკური მასალებით. პროგნოზირება კი შეგვიძლია ამ მასალების დინამიკის შეფასების შედეგად შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$X_{10} = \sum_{i=1}^n N_i P_{ni} + \sum_{i=1}^n E_i P_{Ei} + \sum_{i=1}^n J_i P_{ji},$$

სადაც,  $N_i, E_i, J_i$  - გადარეგისტრირებული, ექსპორტირებული და იმპორტირებული ლოკომოტივებისა და ავტომანქანების რაოდენობაა,  $P_{ni}, P_{Ei}, P_{ji}$  შესაბამისი საგადასახადო განაკვეთებით.

$X_{11}$  - შემოსავლები მოძრავი შემადგენლობის დაზღვევის სხვადასხვა სახეობიდან. ეს სიდიდე კონტროლირებადია, რეგულირებადი კი მაშინ არის თუ სავალდებულო დაზღვევის სისტემა არის სახელმწიფოს მიერ მონოპოლიზირებული, წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი არარეგულირებადია, ექვემდებარება პროგნოზირებას მხოლოდ სტატისტიკური მასალების წარმოდგენილი დინამიკის საფუძველზე. იანგარიშება ფორმულით:

$$X_{11} = f\left(\sum_{i=1}^n m_i c_i - \sum_{i=1}^n n_k t_k\right) P,$$

სადაც  $m_i$  -  $i$  -ური ტიპის სატრანსპორტო საშუალებათა რაოდენობაა;

$c_i$  - სადაზღვევო პრემიის (გადასახადის) შესაბამისი სიდიდე;

$n_k$  -  $k$  -ტიპის საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევათა (სსშ)

რაოდენობა;



$t_k$  -  $k$ -ტიპის სსშ გასაცემი კომპენსაცია.

$p$  - მიზნობრივი დაფინანსების შემთხვევაში საგზაო ფონდის წილი, მისი არ არსებობისას კი ბიუჯეტში შესატანი ნაწილი.

$c_i$ ,  $t_k$ ,  $p$  - რეგულირებადი და კონტროლირებადი სიდიდეებია, თუ სავალდებულო დაზღვევის სისტემა სახელმწიფოს მიერ არის ლიცენზირებული. წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი კონტროლირებადია და არარეგულირებადი.

საერთო სახით ხარჯები სატრანსპორტო პროცესში შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი ჯამის სახით:

$$\sum_{i=1}^m B(Y_i),$$

სადაც  $Y_i$  - ხარჯებია სხვადასხვა  $i$  - დანიშნულებისათვის.

$Y_1$  - ხარჯები სახმელეთო კომუნიკაციების ქსელის და ინფრასტრუქტურის ელემენტების მოვლა-შენახვაზე, რომლებიც იმყოფებიან რკინიგზებისა და საავტომობილო დეპარტამენტის, აგრეთვე სხვა სახელმწიფო სტრუქტურების ბალანსზე და წარმოადგენენ საერთო სარგებლობის კომუნიკაციათა ქსელს. მათი წარმოდგენა შეიძლება შემდეგი ემპირიული დამოკიდებულების სახით:

$$Y_1 = Y_1' + Y_1'',$$

$Y_1'$  - ხარჯია სარკინიგზო ქსელის შენახვაზე;

$Y_1''$  - ხარჯი საავტომობილო გზების ქსელის შენახვაზე.

$Y_1$  - ის ნებისმიერი სახეობა შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ჯამის სახით:

$$Y_1 = \sum_{i=1}^m L_i P_i + \sum_{j=1}^m V_j P_j,$$

სადაც  $L_i$  - სახმელეთო კომუნიკაციების გარკვეულ სიგრძეზე შესრულებული სარემონტო სამუშაოებია (მიმდინარე, საშუალო, კაპიტალური მოვლა-შენახვა) კმ-ში;

$P_i$  - ერთ კმ-ზე შესრულებული სამუშაოთა ღირებულება;

$V_j$  –სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტების სარემონტო მოცულობა, რომლებიც იმყოფებიან შესაბამისი დეპარტამენტების ბალანსზე;

$P_j$  - ერთეული სამუშაოს ღირებულება.

ხარჯების ეს სახეობა დამოკიდებულია აღმასრულებელი ხელისუფლების რგოლების - რკინიგზებისა და საავტომობილო დეპარტამენტების და ა.შ. ფუნქციონირებაზე. შესაბამისად იგი რეგულირებადია, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადია, რადგან ყველა მონაცემები და მართვის ბერკეტები თავმოყრილია სახელმწიფო სტრუქტურებში.

$Y_2$  - სახმელეთო კომუნიკაციების ქსელის, აგრეთვე დეპარტამენტების გამგებლობაში მყოფი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ელემენტების მშენებლობასა და რეკონსტრუქციაზე დახარჯული თანხები.

$Y_2$  - შეიძლება გამოთვლილი იქნეს ზემოხსენებული სახელმწიფო ორგანიზაციათა წლიური ანგარიშების მასალებიდან. არსებობს სრული შესაძლებლობა ამ ფაქტორების რეგულირების, კონტროლირების და პროგნოზირების.

$Y_3$  - ხარჯები მოძრავი საშუალებების პარკის განახლებაზე, რემონტებზე, ექსპლუატაციაზე, ეხება სრულად სარკინიგზო ტრანსპორტს, ნაწილობრივ საავტომობილოს. რეგულირებადია, კონტროლირებადი, პროგნოზირებადი და იანგარიშება ფორმულით:

$$Y_3 = P_{y_3} \sum_{i=1}^n A(X_i),$$

$Y_4$  - ხარჯები მგზავრებისა და ტვირთების გადაადგილების უსაფრთხოების პრევენციული ღონისძიებათა დაფინანსებაზე. საგზაო ზედამხედველობის და მონიტორინგის ჯგუფების ფინანსურ უზრუნველყოფაზე, ობიექტების დაცვის პოლიციის შენახვაზე. ეს ფაქტორებიც რეგულირებადია, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი.

$Y_5$  - ხარჯები ტექნიკური და გადაუდებელი სამედიცინო დახმარების უზრუნველსაყოფად. დასავლეთის განვითარებულ ქვეყნებში ამ მიმართულებით ხარჯებს ეწევია სატრანსპორტო დარგში მომუშავე სადაზღვევო კომპანიები. მიზანშეწონილია მათი დადებითი გამოცდილებების გადმოტანა. სატრანსპორტო შემთხვევებს ალბათური სახე აქვთ, ისინი არარეგულირებადია შესაბამისი დეპარტამენტისა და სხვა სახელმწიფო სტრუქტურების შესაძლებლობებიდან გამომდინარე. ამავე დროს კონტროლირებადია და ემორჩილებიან პროგნოზირებას შესაბამისი მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით [56,58].

$Y_6$  - სადაზღვევო კომპანიების მიერ შესაბამისი დეპარტამენტების ან სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტების მფლობელთა წინაშე წაყენებული სარჩელების დაფარვის ხარჯები. მათი გაანგარიშება შესაძლებელია შემდეგი ფორმულით:

$$Y_6 = P_{y_6} \sum_{k=1}^n n_k t_k,$$

სადაც  $n_k - k$  - ტიპის სსშ რაოდენობაა;

$t_k - k$  - ტიპის სსშ საკომპენსაციო თანხა;

$P_{y_6}$  - რეგრესიული სარჩელების წილი, რომელიც სასამართლოს მიერ აღიარებულია, როგორც მოძრაობის პირობებით გამოწვეული საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევების საკომპენსაციოდ. ამ პროცესს ალბათური სახე აქვს და სუბიექტურ ფაქტორებზეა დამოკიდებული, ამიტომ იგი არარეგულირებადია, მაგრამ კონტროლირებადი. ცუდად ექვემდებარება პროგნოზირებას.

განვითარებულ ქვეყნებში სასამართლოს ხარჯების დაფარვაზე სატრანსპორტო პროცესიდან მიღებული შემოსავლების 20%-მდე იხარჯება. საქართველოსა და სამხრეთ კავკასიის პრაქტიკაში ზემოაღნიშნულ შემთხვევებს ეპიზოდური სახე აქვთ. ეს ფაქტორი ალბათური ხასიათისაა და სუბიექტური მოვლენების ზეგავლენის გამო არარეგულირებადია, ძნელად ექვემდებარება პროგნოზირებას, მაგრამ კონტროლირებადია.

$Y_7$  - ხარჯები სესხების გადახდაზე, მათ მომსახურებასა და რესტრუქტურირებაზე და იანგარიშება ფორმულით:

$$Y_7 = P_{y_7} \sum A(x),$$

სადაც  $P_{y_7}$  - ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებიდან შემოსული შემოსავლების წილი, ერთეულის ნაწილებში. მისი სიდიდე შეიძლება შეიცვალოს ფართო დიაპაზონში

$$P_{y_7} = 0.003 \div 0.65.$$

ხარჯების ეს სახეობა მოწინავე ქვეყნებში თეორიულად რეგულირებადია, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი. განვითარებადსა და აგრეთვე იმ ქვეყნებში, სადაც სახელმწიფო მოხელეებში გავრცელებულია კორუფცია, ეს ფაქტორი არარეგულირებადია.

$Y_8$  - ხარჯები ადმინისტრაციული აპარატის შენახვაზე. იგი იანგარიშება შემდეგი ემპირიული გამოსახულებებიდან:

$$Y_8 = Y_8^I + Y_8^{II} + Y_8^{III},$$

სადაც  $Y_8^I$  - ხარჯებია რკინიგზის დეპარტამენტის ადმინისტრაციული აპარატის შენახვაზე;

$Y_8^{II}$  - იგივე საავტომობილო ტრანსპორტის დეპარტამენტისათვის;

$Y_8^{III}$  - იგივე სახმელეთო ტრანსპორტის სააგენტოსათვის;

$$Y_8 = P_{y_8} \sum A(x),$$

სადაც  $P_{y_8}$  - ამ ხარჯების წილია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებიდან მიღებული შემოსავლიდან. ეს ხარჯები რეგულირებადია, კონტროლირებადი და კარგად ექვემდებარება პროგნოზირებას.

$Y_9$  - ხარჯებია სამეცნიერო-საკვლევო საქმიანობის დაფინანსებაზე. მოწინავე ქვეყნებში მასზე იხარჯება შემოსავლების არანაკლებ 5%-ისა [37] და იანგარიშება ფორმულით:

$$Y_9 = P_{y_9} \sum_{n=1}^n A(X_i),$$

საქართველოს სინამდვილეში რკინიგზისა და საავტომობილო გზების დეპარტამენტები, აგრეთვე თბილისის მერია საერთოდ არ გამოყოფენ თანხებს სატრანსპორტო პრობლემების მეცნიერულ დონეზე გადაჭრისათვის. ცალკეული ეპიზოდური შემთხვევების გარდა, როდესაც არასწორად გაგებული პრესტიჟულობისათვის უცხოეთიდან იწვევენ სპეციალისტებს. თეორიულად ეს ხარჯები რეგულირებადი, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი.

$Y_{10}$  - ხარჯები სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ზარალის დასაფარად, რომელიც გამოწვეულია ბუნების გადაულახავი ძალების, სტიქიური მოვლენების, ტერორისტული აქტების, ლოკალური სამხედრო კონფლიქტებისა და სხვა მიზეზების გამო და იანგარიშება ფორმულით:

$$Y_{10} = P_{y_{10}} \sum_{i=1}^n A(X_i).$$

მოვლენათა ლოგიკიდან გამომდინარე ეს ხარჯები არ ექვემდებარება რეგულირებას, მაგრამ კონტროლირებადია და მინიმალურად პროგნოზირებადი. სტატისტიკური მონაცემების დინამიკაც ამ შემთხვევაში ძნელი გამოსაყენებელია, რადგანაც პრაქტიკულად შეუძლებელია დინამიკის არსებული ტენდენციის განსაზღვრა.

**დეფიციტის დაფარვის წყაროები:** დეფიციტის დაფარვის წყაროების აღსანიშნავად შეგვიძლია გამოვიყენოთ აღნიშვნები  $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ .

დაფარვისათვის საჭირო თანხა იანგარიშება ფორმულით:

$$D = \sum_{i=1}^n \beta_i.$$

დეფიციტის დაფარვის წყაროებია:

$\beta_1$  -ასიგნებანი სახელმწიფო ბიუჯეტიდან, ეს თანხები რეგულირებადია, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი;

$\beta_2$ -არსებული ფისკალური დატვირთვის და ადმინისტრირების გამკაცრება, ახალი გადასახადების შემოღება; რეგულირებადია, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი;

$\beta_3$  - სესხების აღება ადგილობრივი და საერთაშორისო საკრედიტო ორგანიზაციებიდან. ეს ფაქტორი სუბიექტური მოვლენების ზემოქმედების ქვეშაა, ამიტომაც იგი არარეგულირებადია, მაგრამ კონტროლირებადი, ძნელად ექვემდებარება პროგნოზირებას.

$\beta_4$  - დახმარებები, საერთაშორისო დონორი და საქველმოქმედო ორგანიზაციებიდან. ეს ფაქტორიც არარეგულირებადია, მაგრამ კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი.

$\beta_5$  - შემოსავლები ფასიანი ქაღალდების, აქციების, ობლიგაციების, ლატარიის ბილეთების რეალიზაციიდან. ეს ფაქტორი არარეგულირებადია, მაგრამ კონტროლირებადი, ექვემდებარება პროგნოზირებას.

**შემოსავლების განაწილების მიმართულებები:** ეს მიმართულებები შეგვიძლია აღვნიშნოთ სიმბოლოებით  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ . განაწილებული შემოსავლების საერთო რაოდენობას ვანგარიშობთ ანალოგიური ფორმულით:

$$R = \sum_{i=1}^n a_n .$$

მიმართულებები შემდეგია:

$\alpha_1, \alpha_2$ , - სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურისა და მოძრავი შემადგენლობის პარკის განვითარებაზე გაწეული პირდაპირი დანახარჯებია, გაღებული სახელმწიფო სტრუქტურების მიერ, რეგულირებადია, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი.

$\alpha_3, \alpha_4$ , - იგივე ხარჯები, გაწეული კერძო სექტორის მიერ, შესაბამისად ეს ხარჯები არარეგულირებადია, მაგრამ კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი.

$\alpha_5$  - სახელმწიფო ბიუჯეტის შესავსებად გაწეული ხარჯებია, იგი დამოკიდებულია სატრანსპორტო დარგის შემოსავლებისა და ხარჯების ბალანსზე, განიცდის სხვადასხვა სახის, მათ შორის

სუბიექტური ფაქტორის ზეგავლენაც, ამიტომაც არარეგულირებადია, მაგრამ კონტროლირებადია და პროგნოზირებადი. ტოტალიტარული რეჟიმის პირობებში შეიძლება იყოს რეგულირებადი.

$\alpha_6, \alpha_7$  - სატრანსპორტო დარგში კადრების მომზადების დაფინანსება, ქველმოქმედებების გაწეული ხარჯები და ა.შ. იგი რეგულირებადია, კონტროლირებადი და პროგნოზირებადი.

#### 2.4.5 სატრანსპორტო პროცესის მართვის მათემატიკური მოდელი

სატრანსპორტო პროცესის მართვის ქვემოთ აღწერილი მექანიზმი ეფუძნება დარგის ეკონომიკური ეფექტურობის მაჩვენებლებს. ამ მიმართულებით არსებობს ქართველი და უცხოელი მკვლევართა რიგი ნამუშევრები, რომლებიც მიძღვნილია ერთიანი სატრანსპორტო სისტემის და მისი ცალკეული სახეობათა მართვის პრობლემებისადმი [48,59,60,61]. ბოლო პერიოდის ნაშრომებში მოცემულია საგზაო ინფრასტრუქტურის ადგილობრივი ფინანსური რესურსებით უზრუნველყოფის მექანიზმი დაფუძნებული ფისკალური მექანიზმის, საგზაო ფონდის შესაძლებლობებზე. ამ მექანიზმში მიზეზშედეგობრივი კავშირების დადგენისას ძირითადი არგუმენტია ავტომობილიზაციის დონე, რომლის ოპტიმალური სიდიდე შეესაბამება ხარჯებისა და შემოსავლების საბალანსო მდგომარეობას. ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდი საშუალებას იძლევა ვმართოთ, როგორც მთლიანი სატრანსპორტო დარგის, ისე მისი ნებისმიერი ცალკეული სახეობა. ყველა სახის ფაქტორის ცვალებადობა განხილულია დროის მიხედვით. იგი მიზეზშედეგობრივი კავშირების დადგენის პროცესში ძირითადი არგუმენტია და წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ სატრანსპორტო პროცესების მართვის პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად.

სატრანსპორტო პროცესის მართვის მათემატიკური მოდელი ეფუძნება დარგის შემოსავლებსა და ხარჯებს შორის ბალანსის განტოლებას. როგორც ხარჯები ისე შემოსავლების დამოკიდებულება მათი განსაზღვრული

ფაქტორებისადმი მიზანშეწონილია წარმოვადგინოთ მაღალი რიგის, პოლინომის სახით, ვინაიდან ხარჯების წრფივი ფუნქციით აღწერა არარეალურია მისი სიხისტის გამო, ხოლო შემოსავლების დაგეგმვა წრფივი ფუნქციით შეიძლება გახდეს სოციალური მღელვარების მიზეზი მკაცრი ფისკალური პოლიტიკით ან ხარჯების შემცირებების გადაწყვეტილებებით საზოგადოებრივი პროტესტის გამო.

ვუშვებთ, რომ შემოსავლების მრუდი შეიძლება აღიწეროს  $n \in N (n \geq 2)$  ხარისხის პოლინომით, რომელსაც აქვს სახე:

$$f_1(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n \quad (1)$$

ანალოგიურად, ხარჯების მრუდის განტოლება, ასევე  $n$ -ური ხარისხის პოლინომია:

$$f_2(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \dots + b_nx^n \quad , \quad (2)$$

სადაც  $a_0, a_1, \dots, a_n$  და  $b_0, b_1, \dots, b_n$  არის ნამდვილი რიცხვების კოეფიციენტები  $x$  ცვლადით.

ჩვენი მიზანია, რომ სატრანსპორტო პროცესის შედეგად მიღებული შემოსავლები აჭარბებდეს გასავალ ხარჯებს და სისტემა იყოს მომგებიანი ე.ი. უნდა კმაყოფილდებოდეს პირობა:  $f_1(x) > f_2(x)$ , ანუ

$$(a_0 - b_0) + (a_1 - b_1)x + (a_2 - b_2)x^2 + (a_3 - b_3)x^3 + \dots + (a_n - b_n)x^n > 0 \quad (3)$$

განტოლების საბალანსო წერტილის პოვნა, ანუ დროის მომენტის, როდესაც ხარჯები გაუთანაბრდება შემოსავალს, ე.ი.  $f_1(x) = f_2(x)$ , ამ მომენტის დასადგენად ხელსაყრელია შემოვიღოთ აღნიშვნა:

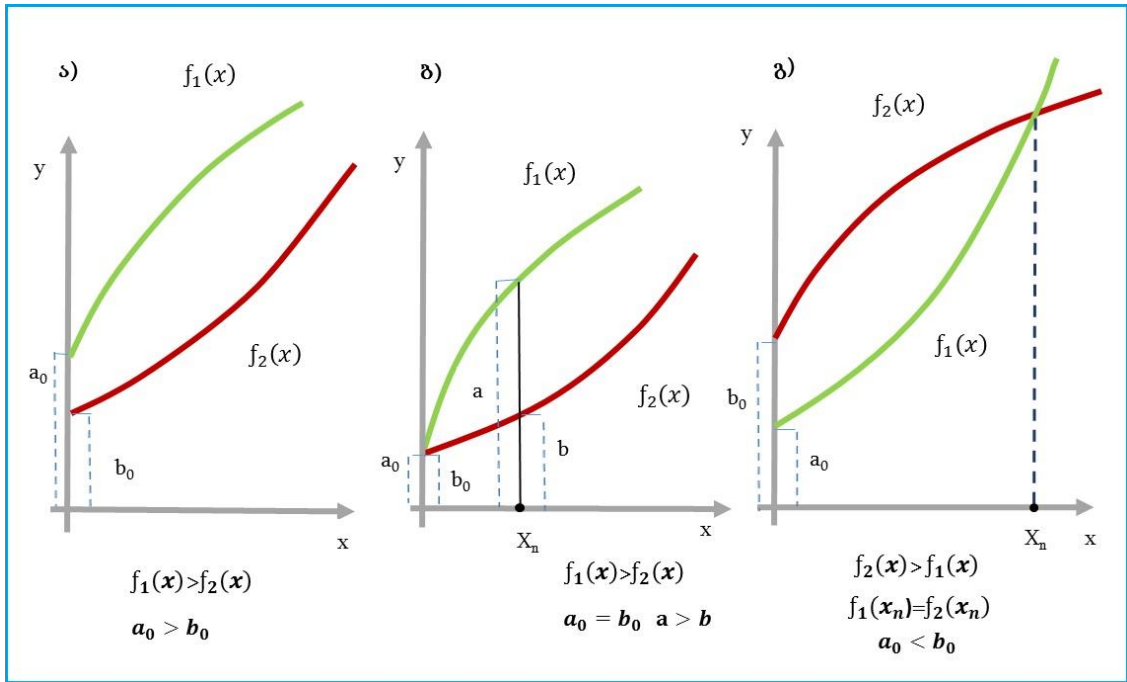
$$a_n - b_n = m; \quad a_3 - b_3 = a; \quad a_2 - b_2 = b; \quad a_1 - b_1 = c; \quad a_0 - b_0 = d$$

მაშინ მივიღებთ განტოლებას:

$$d + cx + bx^2 + ax^3 + \dots + mx^n = 0. \quad (4)$$

სატრანსპორტო პროცესის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი შემოსავლების და ხარჯების მრუდებს, რომლებიც აღიწერება  $f_2(x)$  და  $f_1(x)$  ფუნქციებით შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა სახე და ერთმანეთის მიმართ სხვადასხვა განლაგება (ნახ. 33):





**ნახ.33. ხარჯებისა და შემოსავლების მრუდებით აღწერილი სისტემის მდგომარეობა**

როგორც ნახ.33-დან ჩანს, სისტემის მდგომარეობის ვარიანტი ა) გვიჩვენებს, რომ სისტემა მომგებიანია მართვის საწყისი ეტაპიდანვე, ვინაიდან  $x$  არგუმენტის განსაზღვრის არედან ნებისმიერი  $x_n$ -სათვის შემოსავლებისა და ხარჯების აღმწერი მრუდებისთვის სრულდება პირობა:  $f_1(x) > f_2(x)$ , ამასთან  $a_0 > b_0$ , სადაც  $f_1(x_0) = a_0$  და  $f_2(x_0) = b_0$ .

**ვარიანტი ბ)** გვიჩვენებს, რომ სისტემა საწყის ეტაპზე დაბალანსებული იყო ანუ  $f_1(x_0) = f_2(x_0)$   $a_0 = b_0$ , ხოლო შემდეგ  $x$  არგუმენტის ნებისმიერი  $x_n$  მნიშვნელობისთვის სრულდება პირობა  $f_1(x_n) = f_2(x_n)$ , ე.ი. სისტემა გახდა მომგებიანი, მაშასადამე  $a - b > 0$ , სადაც  $a = f_1(x_n)$  და  $b = f_2(x_n)$ .

**ვარიანტი გ)** გვიჩვენებს, რომ სისტემა საწყის ეტაპზე წამგებიანი იყო  $a_0 < b_0$  და არგუმენტის  $x < x_n$  მნიშვნელობისთვის ადგილი აქვს პირობას:  $f_2(x) > f_1(x)$ , ხოლო არგუმენტის  $x_n$  მნიშვნელობისას დაბალანსდა, ე.ი.  $f_2(x) = f_1(x)$  და შემდგომ კი გადაიქცა მომგებიანად.

ა) შემთხვევა: პროცესი მომგებიანია, ვინაიდან თავიდანვე შემოსავლები აჭარბებს ხარჯებს. ჩვენი მიზანია შევინარჩუნოთ  $f_1(x) > f_2(x)$  პირობა და ვესწრაფოდეთ  $a - b$  სხვაობა იყოს დადებითი და ზრდადი.

ბ) შემთხვევა: ათვლის საწყის პერიოდში პროცესი დაბალანსებულია, ანუ ხარჯები და შემოსავლები თანატოლია. ჩვენი მიზანია, უზრუნველყოთ  $a > b$  ამასთან  $a_0 - b_0 > 0$  პირობებიც და შემდგომ  $a - b$  სხვაობის დადებითად ზრდადობა.

გ) შემთხვევა: პროცესი წამგებიანია, მისი ხარჯები აჭარბებს შემოსავლებს არგუმენტის  $x = x_n$  მნიშვნელობამდე. ჩვენი მიზანია ჯერ მოვახდინოთ სისტემის დაბალანსება, რაც მიიღწევა  $a_0$ -ის გაზრდით და  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , კოეფიციენტების ზრდადი ხასიათის შენარჩუნებით  $b_0$ -ის შემცირება და  $b_1, b_2, \dots, b_n$  კოეფიციენტების სიდიდეების შემცირების ტენდენციის შემდგომი უზრუნველყოფით. დაბალანსების შემდგომ კი უზრუნველვყოფთ პირობის შენარჩუნებას  $f_1(x) > f_2(x)$ .  $f_1(x) > f_2(x)$  უტოლობა იქნება უზრუნველყოფილი თუ:

ა) შემოსავლების მრუდს დაემატება გარკვეული „ $m_1$ “ სიდიდე. მისი კონკრეტული მნიშვნელობა შეიძლება იყოს შეკვეთილი ხელისუფლების საკანონმდებლო და აღმასრულებელი ორგანოების მიერ ამ დავალების შესრულება შესაძლებელია ფისკალური დატვირთვის დონისა და მომსახურების ფასების რეგულირებით, ანუ გვექნება

$$f_1(x) = a_0 + m_1 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n$$

ბ) ასევე ხარჯების შემცირება „ $m_2$ “ სიდიდით

$$f_2(x) = b_0 - m_2 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \dots + b_nx^n$$

“ $m_2$ “ კონკრეტული მნიშვნელობა შეიძლება იყოს ხელისუფლების ორგანოების მიერ შეკვეთილი. შეკვეთის შესრულებისთვის უპირველეს ყოვლისა აუცილებელია გადაზიდვების თვითღირებულების შემცირება, რაც შესაძლებელია ტვირთებისა და მგზავრების გადაადგილების პროცესის რაციონალური ორგანიზებით და ეფექტური სატრანსპორტო საშუალებით

პარკის დაკომპლექტებით, აგრეთვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის რაოდენობრივი და თვისობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესებით. ამისთვის მიზანშეწონილია რიგი ეფექტური ღონისძიებების განხორციელება:

ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე გამოყოფილი ხარჯების ოპტიმიზაცია, პროცენტიანი საგარეო სესხების ნაცვლად შიდა ეკონომიკური რესურსების გამოყენება. მაგ. ფასიანი ქაღალდების ემისია; უკეთესია შემთხვევა, თუ ხარჯებისა და შემოსავლების წრფეები იქნება პარალელური ანუ ტენდენციას  $a_1 = b_1$ ;  $a_2 = b_2$ ;  $a_3 = b_3$  ექნება მდგრადი სახე. იდეალურია შემთხვევა თუ წრფეებს ექნება ზრდადი განსხვავება გამოხატული  $f_1(x) > f_2(x)$  მდგრადი ტენდენციით:  $a_0 > b_0$ ;  $a_1 > b_1$ ;  $a_2 > b_2$ ;  $a_3 > b_3$  წინასწარ განსაზღვრული სამთავრობო ორგანოების მიერ დაგეგმილი და პროგნოზირებული სიდიდეებით:  $a_0 - b_0 \geq c_0$ ;  $a_1 - b_1 \geq c_1$ ;  $a_2 - b_2 \geq c_2$ ;  $a_3 - b_3 \geq c_3$ .

კომპიუტერული პროგრამა იძლევა საშუალებას მოავახდინოთ პროცესში მონაწილე ყველა ფაქტორის ვარირება და კომპონენტების სიდიდეთა ცვლილებით მივაღწიოთ დასახულ მიზანს. მიზანშეწონილია პროცესზე მომქმედი სოციალური, ტექნიკური და ეკონომიკური ხასიათის არარეგულირებადი ფაქტორების მნიშვნელობები და რაოდენობა დავიყვანოთ მინიმუმამდე [62].

სატრანსპორტო პროცესის მომგებიანობა დამოკიდებულია ტვირთებისა და მგზავრების გადაადგილების რაციონალურ ორგანიზებაზე (მართვაზე). რაციონალურობის კრიტერიუმებია - პროცესის მიმდინარეობა კომუნიკაციებზე უსაფრთხოდ, კომფორტულად და ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში სატრანსპორტო საშუალებების მიერ დროისა და ენერჯის მინიმალური დანახარჯებით.

ტვირთებისა და მგზავრების გადაადგილების პროცესი თუ კარგად ორგანიზებულია, მაშინ იგი მომგებიანია. ასეთ პირობებში მიღებული მოგება შესრულებული სატრანსპორტო სამუშაოს პროპორციულია და რაც მეტია შესრულება მით მეტია მოგება. თუ პროცესი წამგებიანია, იგი სხვადასხვა წყაროებიდან დოტაციას მოითხოვს. აუცილებელია გარკვეულ

პერიოდში ძალისხმევათა კომპლექსის განხორციელება, რათა პროცესი დაბალანსდეს და შემდეგში მომგებიანი გახდეს. თუ ამ ღონისძიებათა კომპლექსის განხორციელების დრო არ არის და ამ დროს მოგების მიღებაზე გაცილებით მნიშვნელოვანია ტვირთების ან მგზავრთა გადაადგილება, ასეთი სიტუაცია ფორსმაჟორულია. იგი გამოწვეულია არარეგულირებადი და არაკონტროლირებადი ფაქტორების ზემოქმედებით მაგ: საომარი მოქმედებები ან ბუნების არაპროგნოზირებადი და გადაულახავი ძალები. ასეთ შემთხვევებში გადაადგილება უნდა განხორციელდეს მიუხედავად მიმდინარე მომენტში უარყოფითი ეკონომიკური ეფექტისა.

ჩვეულებრივ სიტუაციაში მგზავრები და ტვირთის მფლობელები ცნობილი კრიტერიუმების (უსაფრთხოება, ეკონომიურობა, ეკოლოგიურობა) მათთვის მისაღები შეხამებით ირჩევენ ტრანსპორტის სახეობას. არჩევანი პირდაპირაა დამოკიდებული გადაადგილების პროცესის ოპტიმალურ ორგანიზებაზე. ოპტიმალურობის კრიტერიუმია ფაქტორთა რეგულირებადობისა და კონტროლირებადობის ჯამური მაჩვენებელი.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ აუცილებელია მიზეზშედეგობრივი კავშირების შესახებ მაქსიმალური ინფორმაციის მიღება და ფაქტორების უდიდესი ნაწილი უნდა იყოს რეგულირებადი და კონტროლირებადი. არარეგულირებადი და არაკონტროლირებადი ფაქტორების გავლენა მინიმუმამდე უნდა იყოს დასული. შესაბამისად, მგზავრი თუ ტვირთის მფლობელი ამ ფაქტორების რაოდენობრივ განაწილებაზე ანუ მათი ბალანსის მიხედვით აკეთებს არჩევანს (ცხრილი 23).

**ცხრილი 23**

**გადაადგილებაზე მოქმედი ფაქტორების ბალანსი და ტრანსპორტის სახეობის შერჩევა**

| ფაქტორების ბალანსი | არჩევანის შეფასება | ფაქტორების ბალანსი | არჩევანის შეფასება          |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| $A \gg B \gg C$    | საუკეთესო          | $A+B=C$            | საეჭვო                      |
| $A > B > C$        | კარგი              | $A+B < C$          | მისაღები მხოლოდ ფორსმაჟორში |
| $A+B > C$          | მისაღები           | $A+B \ll C$        | მიუღებელი                   |

#### 2.4.6 სატრანსპორტო პროცესების მართვის განტოლებათა ამოხსნა

ამ განტოლებათა ამოსახსნელად საჭიროა წინასწარ განსაზღვრული გვექონდეს პოლინომის ხარისხის მნიშვნელობა.

სატრანსპორტო პროცესების მათემატიკური მოდელირების შესაძლებლობათა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხარჯებსა და შემოსავლებზე მოქმედი კონტროლირებადი, მაგრამ არარეგულირებადი ფაქტორების დროში ცვალებადობის კანონზომიერებები საკმაო სიზუსტით შეიძლება აისახოს მესამე ან მეოთხე ხარისხის პოლინომებით.

თეორიულად ხარჯების ან შემოსავლების აღმწერი პოლინომი შეიძლება იყოს მეხუთე ან მეტი ხარისხის. განტოლების ამოხსნა ანუ ხარჯებისა და შემოსავლების საბალანსო წერტილების პოვნა ანუ ხარჯებისა და შემოსავლების საბალანსო წერტილის ზუსტი ანალიტიკური დადგენა შესაძლებელია თუ  $n < 5$ , თუ  $n > 5$ , მაშინ მიზანშეწონილი შეიძლება გახდეს რიცხვითი ან გრაფიკული ექსტრაპოლაციის მეთოდებით სარგებლობა. ეს უკანასკნელი ამოხსნის სიზუსტეზე მოახდენს გარკვეულ ზეგავლენას. ცდომილებამ შეიძლება შეადგინოს 3-5 წელი, რაც პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად მნიშვნელოვანი ხარვეზია. აქედან გამომდინარე ჩვენს შემთხვევაში მათემატიკური მოდელირების ძირითადი ამოცანის გადასაწყვეტად მიზანშეწონილია განტოლებათა ამოხსნის შედარებითი ზუსტი ანალიზური ხერხის შერჩევა.

მესამე ხარისხის განტოლებების ამოხსნისათვის ჩვენ ვიყენებთ XVIII საუკუნის იტალიელი მათემატიკოსის ჯ.კარდანოს ხერხს [63,64,65], მეოთხე ხარისხის განტოლებების ამოხსნის ხერხი შემოთავაზებულია მისი მოწაფის ლ. ფერარის მიერ. მეოთხე და მეხუთე ხარისხის განტოლებების ამოხსნაზე მუშაობდნენ ასევე ცნობილი იტალიელი და ფრანგი მათემატიკოსები, რუფინი და აბელი, რომელთა ერთობლივი, აბელ-რუფინის თეორიის მიხედვით [63] დამტკიცებულია, რომ თუ  $n < 5$  განტოლების ამოხსნა მათემატიკური ოპერაციებით რადიკალებში შეუძლებელია. ასეთ შემთხვევებში მიზანშეწონილია ი.ნიუტონის მიერ შემუშავებული რიცხვითი

მეთოდების გამოყენება. რუფინისა და ახელის დასკვნები ეფუძნებოდა ჟ.ლაგრანჟის იდეას განტოლების ფესვების გადაადგილების შესახებ. ეს იდეები შემდეგ განავითარა ე.გალუამ, რომლის ნაშრომებზეა დაყრდნობილი თანამედროვე აბსტრაქტული ალგებრის ძირითადი მტკიცებულებანი [63]. ქვემოთ მოყვანილია განტოლებების ამოხსნის ჩვენს მიერ გამოყენებული ხერხები:

განვიხილოთ  $n$  ხარისხის განტოლება, რომლის მარცხენა მხარე  $n \in N(n \geq 2)$  ხარისხის პოლინომია. განვიხილოთ კერძო შემთხვევები, დავუშვათ, რომ  $n = 3$ , მაშინ მივიღებთ კუბურ ანუ მესამე ხარისხის განტოლებას:

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0, \quad (5)$$

სადაც  $a, b, c, d$  - კოეფიციენტებია (ნამდვილი რიცხვები);  $x$  - ცვლადი.

(5) კუბური განტოლების ამოხსნის **პირველი ხერხი**: დავშალოთ (5) განტოლების მარცხენა მხარე მამრავლებად, ეს შესაძლებელია, თუ თავისუფალი წევრის გამყოფებს შორის მოიძებნება ისეთი, რომელიც (5) განტოლებას დააკმაყოფილებს, მაშინ

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = a(x - \alpha)(x - \beta)(x - \gamma)$$

და მაშინ განტოლების ამოხსნათა სიმრავლე იქნება  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ . საკმარისია ვიპოვოთ დაშლა  $ax^3 + bx^2 + cx + d = a(x - \alpha)(x^2 + mx + n)$ , ე.ი. მოვახერხოთ წრფივი გამოსვლის გამოყოფა, მაშინ ერთი ამონახსნი იქნება  $x = \alpha$ , ხოლო დანარჩენ ორს ვიპოვოთ  $x^2 + mx + n = 0$  განტოლებებიდან.

**მეორე ხერხი.** თუ პირველი ხერხით ვერ მოხერხდა (5) კუბური განტოლების ამოხსნა, მაშინ საჭიროა გამოვიყენოთ ჯ.კარდანოს მეთოდი, ე.ი. (5) განტოლება დავიყვანოთ ე.წ. დაყვანილ კუბურ განტოლებაზე. ამ მიზნით ვისარგებლოთ შემდეგი ჩასმით:

$$x = y - \frac{b}{3a}, \quad (6)$$

$$\text{მივიღებთ: } y^3 + py + q = 0, \quad (7)$$

$$\text{სადაც } P = \frac{c}{a} - \frac{b^2}{3a^2}, \quad q = \frac{2b^3}{3a^3} - \frac{bc}{3a^2} + \frac{d}{a}.$$

რადგან (5) განტოლების კოეფიციენტები ნამდვილი რიცხვებია, ამიტომ განტოლების ამონახსნების პოვნისას ძირითად როლს ასრულებს  $Q = \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}$  გამოსახულების ნიშანი, რადგან კარდანოს ფორმულაში  $Q$  მოთავსებულია კვადრატული ფესვის ქვეშ.

შევნიშნოთ, რომ  $Q$ -ს ნიშანს აქვს (7) კუბური განტოლების  $D$  დისკრიმინანტის საპირისპირო ნიშანი, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$D = -4P^3 - 27q^3 = 108\left(\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}\right) = -108Q.$$

როგორც ცნობილია, ჯ.კარდანოს მიხედვით (7) განტოლების ფესვები ჩაიწერება შემდეგი სახით:  $y_1 = A + B$ ,  $y_{2,3} = \frac{A+B}{2} \pm i\frac{A-B}{2}$ ,

(8)

$$\text{სადაც, } A = \sqrt{-\frac{q}{2} + \sqrt{Q}}, \quad B = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{Q}}. \quad (9)$$

(7) განტოლების ფესვების გამოკვლევის მიზნით გამოვიყენებთ  $D$  დისკრიმინანტის ნიშანს. განვიხილოთ სამი შემთხვევა:

1. ვთქვათ  $D < 0$ . ამ შემთხვევაში (7) განტოლებას აქვს ერთი ნამდვილი და ორი შეუღლებული კომპლექსური ფესვი;

2. ვთქვათ  $D = 0$ . ამ შემთხვევაში  $A = \sqrt[3]{-\frac{q}{2}}$   $B = \sqrt[3]{-\frac{q}{2}}$

მაშასადამე ჯ.კარდანოს (8) ფორმულების თანახმად (7) განტოლების სამივე ფესვი ნამდვილი, ნამდვილი რიცხვია, ამასთან ორი მათგანი ერთმანეთის ტოლია;

3. ვთქვათ  $D > 0$ . ამ შემთხვევაში კარდანოს ფორმულაში კვადრატული ფესვის ქვეშ მოთავსებული  $Q < 0$  ნამდვილი რიცხვია. ამიტომ კუბურ რადიკალის ქვეშ მოთავსებულია შეუღლებული კომპლექსური რიცხვები და საბოლოოდ მივიღებთ, რომ (7) განტოლებას აქვს სამი ნამდვილი ამონახსნი.

ცხადია (7) განტოლების ნაპოვნი  $y_1, y_2, y_3$  ფესვები უნდა შევიტანოთ (6) -ში და ვიპოვოთ (5) საძიებელ ფესვთა  $\{x_1, x_2, x_3\}$  სიმრავლეს.

საილუსტრაციოდ განვიხილოთ მაგალითები:

1. ამოვხსნათ განტოლება:  $x^3 + 3x^2 - 3x - 14 = 0$ .

ამოხსნა: ვისარგებლოთ (6) ჩასმით, გვექნება  $x = y - 1$ . ამ ჩასმით მივიღებთ დაყვანილ კუბურ განტოლებას:  $y^3 - 6y - 9 = 0$ . აქ  $p = -6, q = -9$ , ამიტომ

$$Q = \frac{q^2}{2} + \frac{p^3}{27} \geq \frac{49}{4} > 0, \text{ ე.ი. დაყვანილ კუბურ განტოლებას აქვს ერთი}$$

ნამდვილი და ორი შეუღლებულ კომპლექსური ფესვი მართლაც. (9)-ის

თანახმად  $A = \sqrt[3]{\frac{9}{2} + \frac{7}{2}} = 2, B = \sqrt[3]{\frac{9}{2} - \frac{7}{2}} = 1$ . ამიტომ (8)-ის თანახმად:  $y_1 = 3,$

$$y_2 = -\frac{3}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}, y_3 = -\frac{3}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ მოცემული

განტოლების ფესვები (6) -ის თანახმად იქნება:

$$x = 2; x_2 = -\frac{5}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}; x_3 = -\frac{5}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

2. ამოვხსნათ განტოლება  $x^3 - 12x + 16 = 0$ .

ამოხსნა:  $p = -12, q = 16$ , ამიტომ  $Q = \frac{p^2}{4} + \frac{p^3}{27} = \frac{256}{4} - \frac{12^3}{27} = 0$ .

$$A = B = \sqrt[3]{\frac{q}{2}} = \sqrt[3]{-8} = -2, \text{ ამიტომ } x_1 = A + B = -4. x_2 = x_3 = 2.$$

3. ამოვხსნათ განტოლება  $x^3 - 19x + 30 = 0$ . აქ  $p = -19, q = 30$ , ამიტომ

$$Q = \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} = -\frac{784}{27} < 0.$$

ამრიგად, თუ დავრჩებით ნამდვილ რიცხვთა სიმრავლეებში, კარდანოს ფორმულა ამ განტოლების ამოსახსნელად მიუღებელია, მიუხედავად იმისა, რომ მისი ფესვები ნამდვილი რიცხვებია: 2, 3 და -5. მაშასადამე უნდა გამოგვეყენებინა კუბური განტოლების ამოხსნის I ხერხი. მართლაც შევამოწმოთ თავისუფალი წევრის 30-ის გამყოფებს  $\{\pm 1; \pm 2; \pm 3; \pm 5; \pm 10; \pm 15; \pm 30\}$  შორის რომელი აკმაყოფილებს მოცემულ განტოლებას. შემოწმებით დადგინდა, რომ  $x = 2$  აკმაყოფილებს, ამიტომ გვექნება:



$$(x^3 - 19x + 30) : (x - 2) = x^2 + 2x - 15,$$

მაშასადამე  $x^3 - 19x + 30 = (x - 2)(x - 3)(x + 5) = 0,$

საიდანაც  $x_1 = 2, x_2 = 3, x_3 = -5.$

თუ  $n$  ხარისხის განტოლებაში დავუშვებთ, რომ  $n = 4$ , მაშინ მივიღებთ მეოთხე ხარისხის შემდეგ განტოლებას:

$$ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0, \quad a \neq 0, \quad (10)$$

სადაც  $a, b, c, d, e$  - ნამდვილი რიცხვებია;  $x$  - ცვლადი.

განვიხილოთ (10) განტოლების ამოხსნის ხერხები:

**პირველი ხერხი.** შემოვიღოთ შემდეგი ჩასმა:

$$x = y - \frac{b}{4a}, \quad (11)$$

მაშინ (10) დაიყვანება არასრულ (დაყვანილ) მეოთხე ხარისხის შემდეგ განტოლებებზე.

$$y^4 + py^2 + qy + r = 0, \quad (12)$$

სადაც  $p = -\frac{3b^2}{8a^2} + \frac{c}{a},$  (13)

$$q = \frac{b^3}{8a^3} - \frac{bc}{2a^2} + \frac{d}{a}, \quad (14)$$

$$r = -\frac{3b^4}{256a^4} + \frac{b^2c}{16a^3} - \frac{bd}{4a^2} + \frac{e}{a}. \quad (15)$$

(12) განტოლების ამოსახსნელად უნდა შევადგინოთ მისი რეზოლვენტური კუბური განტოლება, რომლებსაც აქვთ სახე:

$$Z^3 + 3pZ^2 + (p^2 - 4Z) \cdot Z^2 - q^2 = 0. \quad (16)$$

(12) განტოლების ამონახსნები დამოკიდებულია (16) განტოლების ფესვებზე, რომელთა საპოვნელად მოვახდინოთ ჩასმა  $Z = u - \frac{2p}{3}$ , მივიღებთ

ე.წ. დაყვანილ კუბურ განტოლებას, შემდეგი სახით:  $u^3 + p_1u + q_1 = 0,$  (17)

სადაც  $P_1 = -(\frac{p^2}{3} + 4r), \quad q_1 = \frac{8rp}{3} - \frac{2p^3}{27} - q^2.$

(17) განტოლების ამოსახსნელად გამოვიყენოთ კარდანოს (8) ფორმულები. მივიღებთ ამონახსნთა  $\{u_1, u_2, u_3\}$  სიმრავლეს. ამ ფესვების

$Z_k = x_k - \frac{2p}{3}$ , ( $k = 1, 2, 3$ ) ტოლობაში შემდეგ მივიღებთ (16) რეზოლვენტური განტოლების  $Z_1, Z_2$  და  $Z_3$  ამონახსნებს.

(16) რეზოლვენტური  $Z_1, Z_2$  და  $Z_3$  ფესვების საშუალების გამოთვლა

(12) განტოლების ფესვები, შემდეგი ფორმულებით:

$$y_1 = \frac{1}{2}(\sqrt{Z_1} + \sqrt{Z_2} + \sqrt{Z_3}), \quad y_2 = \frac{1}{2}(\sqrt{Z_1} - \sqrt{Z_2} - \sqrt{Z_3}),$$

$$y_3 = \frac{1}{2}(-\sqrt{Z_1} + \sqrt{Z_2} + \sqrt{Z_3}), \quad y_4 = \frac{1}{2}(\sqrt{Z_1} - \sqrt{Z_2} + \sqrt{Z_3}).$$

ამასთან გავითვალისწინოთ, რომ  $\sqrt{Z_1}, \sqrt{Z_2}, \sqrt{Z_3}$  რადიკალების წინ ნიშანი აიღება იმ პირობის, რომ შესრულდეს ტოლობა:

$$\sqrt{Z_1} \cdot \sqrt{Z_2} \cdot \sqrt{Z_3} = -q$$

$$y_1, y_2, y_3 \text{ და } y_4 - \text{ის უშუალოდ ჩასმით } x_k = y_k - \frac{b}{4a} \quad (k = 1, 2, 3, 4)$$

ტოლობაში, მივიღებთ (10) განტოლების ამონახსნებს.

**მეორე ხერხი.** თუ მოხერხდება დავშალოთ (12) განტოლების მარცხენა მხარის მრავალწევრი წრფივ მამრავლებად:

$$ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + c = a(x - \alpha)(x - \beta)(x - \gamma)(x - y),$$

$$ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + c = 0,$$

მაშინ, განტოლების ამონახსნები იქნება  $x = \alpha$ ,  $x = \beta$ ,  $x = \gamma$ ,  $x = y$ .

საკმარისია მე-4 ხარისხის განტოლების მარცხენა მხარე დავშალოთ ორი კვადრატული სამწევრის ნამრავლის სახით: მაშინ (10) განტოლების ამოხსნა დაიყვანება ორი კვადრატული განტოლების ამოხსნაზე.

მართლაც, (10)-ის (12)-ზე დაყვანის შემდეგ (12) განტოლება გარდავექმნათ იგიურად დამხმარე  $l$  პარამეტრის დახმარებით:

$$y^4 + py^2 + qy + r = (y^2 + \frac{p}{2} + l)^2 + qy + r - \frac{p^2}{4} - l^2 - 2ly^2 - pl \text{ ანუ}$$

$$(y^2 + \frac{p}{2} + l)^2 - \left[ 2ly^2 - qy + (l^2 + pl - r + \frac{p^2}{4}) \right] = 0. \quad (18)$$

ახლა  $l$  ისე შევარჩიოთ, რომ კვადრატულ ფრჩხილებში მოთავსებული მრავალწევრი წარმოადგენდეს სრულ კვადრატს. ამისათვის მას უნდა ჰქონდეს ორი ჯერადი ფესვი, ე.ი. ადგილი უნდა ქონდეს ტოლობას:

$$q^2 - 4 \cdot 2l \cdot (l^2 + pl - r + \frac{p^2}{4}) = 0, \quad (19)$$

(19) განტოლება წარმოადგენს  $l$ -ის მიმართ კუბურ განტოლებას. მას შეიძლება ჰქონდეს სამი ფესვი. ვთქვათ, ერთ-ერთი მათგანია  $m$  და ის კარდანოს ფორმულებით გამოისახება რადიკალებით. ამ შემთხვევაში (18) განტოლების კუბურ ფრჩხილებში მოთავსებულ მრავალწევრს აქვს ჯერადი ფესვი, რომელიც  $-\frac{q}{4m}$ -ის ტოლია, ამიტომ (18) განტოლება მიიღებს

$$(y^2 + \frac{p}{2} + m)^2 - 2m(y - \frac{q}{4m})^2 = 0.$$

შემდეგ სახეს:

ამ განტოლების მამრავლებად დაშლის შედეგად მივიღებთ ორ კვადრატულ განტოლებას:

$$y^2 - \sqrt{2m}y + (\frac{p}{2} + m + \frac{q}{2\sqrt{2m}}) = 0,$$

$$y^2 - \sqrt{2m}y + (\frac{p}{2} + m + \frac{q}{2\sqrt{2m}}) = 0. \quad (20)$$

ამრიგად, (12) განტოლებიდან (20) განტოლებამდე ჩვენ მივედით იგიური გარდაქმნების გზით. მაშასადამე, (20) განტოლების ფესვები აგრეთვე იქნება (12) განტოლების ფესვებიც. ადვილი დასაანახია, რომ (10) განტოლების ფესვები მიიღება (11) ფორმულაში მიღებული ფესვების ჩასმით.

მაგალითი 4. ამოვხსნათ მე-4 ხარისხის განტოლება

$$x^4 - 25x^2 + 60x - 36 = 0.$$

ამოხსნა. ამ განტოლების კუბურ რეზოლვენტს აქვს შემდეგი სახე:

$$Z^3 - 50Z^2 + 769Z - 3600 = 0.$$

ზემოთ მოყვანილი მიმდევრობით მივიღეთ ამ განტოლების ამონახსნები:  $Z_1 = 9, Z_2 = 16, Z_3 = 25;$

იმისთვის, რომ  $\sqrt{Z_1} \cdot \sqrt{Z_2} \cdot \sqrt{Z_3} = -60$ , საჭიროა ყველა ფესვის წინ ნიშანი ავიღოთ უარყოფითი. ე.ი.  $\sqrt{Z_1} = -3, \sqrt{Z_2} = -4, \sqrt{Z_3} = -5.$

აქედან მივიღებთ მოცემული, ამოსავალი განტოლების ფესვებს:

$$x_1 = 1; x_2 = 2; x_3 = 3; x_4 = -6.$$

შენიშვნა 1. თუ (10) განტოლებაში  $b = d = 0$ , მაშნ მიიღება ე.წ. ბიკვადრატული განტოლება:  $ax^4 + cx^2 + e = 0$ , რომლის ამოხსნა მარტივია  $t = x^2$  ჩასმით.

შენიშვნა 2. თუ  $x^4 + rx^3 + Sx^2 + tx + 4 = 0$  განტოლების კოეფიციენტები აკმაყოფილებენ პირობას:  $r^3 + 8t = 4rS$ , მაშინ მე-4 ხარისხის განტოლება შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$\text{თუ } x^4 + rx^3 + Sx^2 + tx + u = (x^2 + \frac{rx}{2})^2 + (S - \frac{r^2}{4}) \cdot (x^2 + \frac{rx}{2}) + 4 = 0$$

ეს უკანასკნელი  $(x^2 + \frac{rx}{2})$  გამოსახულების მიმართ წარმოადგენს კვადრატულ განტოლებას. თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას  $(x^2 + \frac{rx}{2}) = y$ , მივიღებთ:

$$y^2 + (S - \frac{r^2}{4})y + u = 0,$$

ამ განტოლების ფესვების საშუალებით ვიპოვით მოცემული განტოლების ფესვებსაც.

შენიშვნა 3. (10) განტოლების დადებით ფესვთა რაოდენობა (მათი ჯერადობის ჩათვლით) არ აღემატება განტოლების მარცხენა მხარის მრავალწევრის კოეფიციენტთა მიმდევრობის ნიშანთა ცვლილების რიცხვს და შეიძლება განსხვავდებოდეს მისგან მხოლოდ ლუწი რიცხვით. დეკანტის წესის თანახმად თუ  $n$  - ური ხარისხის  $f(x) = 0$  განტოლებას აქვს მხოლოდ ნამდვილი ფესვები, მაშინ მისი დადებითი ფესვთა რაოდენობა  $a, a_1, \dots, a_n$  კოეფიციენტთა მიმდევრობაში ნიშანთა ცვლილების რაოდენობის ტოლია.

მაგალითად,  $x^4 + 2x^3 - x^2 + 5x - 1 = 0$  განტოლების კოეფიციენტებს აქვთ ნიშნები:  $++-+-$ , ე.ი კოეფიციენტთა მიმდევრობაში ნიშანი იცვლება სამჯერ. დეკარტის წესის თანახმად, ამ განტოლებას აქვს ან სამი ან ერთი დადებითი ფესვი. თუ განტოლების ყველა ფესვი ნამდვილია, მაშინ მას აქვს სამი დადებითი ფესვი.

### 3. დასკვნა

1. დასაბუთებულ იქნა, რომ საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი გზების რეაბილიტაციისა და რეკონსტრუქციის პროექტებში აუცილებელია საპროექტო ვარიანტების ტექნიკურეკონომიკურ შედარების ნაწილში ევროპული ძირითადად ვაკე რელიეფისათვის განკუთვნილი მეთოდების მაგიერ გამოვიყენოთ საქართველოს ბუნებრივი პირობებისადმი, კერძოდ, მთაგორიანი რელიეფისადმი მისადაგებული მეთოდები. საერთაშორისო HDM სისტემის ქართული ვარიანტი უნდა ითვალისწინებდეს ქვეყნის საგზაო ქსელის თავისებურებებს და საქართველოს ავტოპარკის არსებულ და პერსპექტიულ მდგომარეობას. ასეთ შემთხვევებში იგი გამოსადეგი იქნება სამხრეთ კავკასიის რეგიონისა და ანალოგიური რელიეფის და ბუნებრივი პირობების მქონე სხვა ქვეყნებისათვის.

2. მიზანშეწონილია, რომ თანამედროვე პირობებში საავტომობილო გზის ყველაზე უფრო რთული მონაკვეთის გამტარუნარიანობა უზრუნველყოფდეს მოძრაობის კომფორტულობის CF1 და CF2 დონეს. CF3 დონის მიღწევა მშენებლობის დამთავრების შემდეგ, მეათე წლის პერსპექტიული ინტენსივობით დაუშვებელია. ასეთ დონეს იგი უნდა აღწევდეს, მხოლოდ მეოცე წლისათვის. CF4 დონე დაუშვებელია თანამედროვე საავტომობილო გზებისათვის.

3. შემუშავებულ და სრულყოფილ იქნა სახმელეთო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტების კლასიფიკაცია ხიფათიანობის მიხედვით სარკინიგზო და საავტომობილო ტრანსპორტისთვის.

4. ავტოპარკისა და საგზაო მოძრაობის ინტენსიობის ზრდის ტემპების ანალიზის საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ პროგნოზირებად მომავალში საქართველოს ავტოსაგზაო ქსელის დაპროექტების პროცესში პირველ პლანზე უნდა იყოს სატრანსპორტო ნაკადების უსაფრთხო გადაადგილება და ავტომობილებზე მოქმედი მოძრაობის წინააღმდეგობისა და სხვა

მექანიკური ძალების მინიმუმამდე დაყვანა, რაც უზრუნველყოფს გადაადგილების ეკონომიურ ეფექტურობას.

5. დადგენილია, რომ საქართველოს საგზაო ქსელის განვითარებისთვის პრიორიტეტულია ავტომაგისტრალების ქსელის შექმნა გზაჯვარედინის პრინციპით დასავლეთ აღმოსავლეთისა და ჩრდილოეთ-სამხრეთის მიმართულებებით. პირველ რიგში ხაშური-ზესტაფონის მონაკვეთი და ვაზიანი-ბაკურციხე-ლაგოდეხი, შემდგომ ავტომაგისტრალებით ნატახტარი-ჟინვალის, თბილისი-სადახლოს და თბილისი-წითელი ხიდის მიმართულებაზე საავტომობილო მაგისტრალებით სატრანსპორტო კავშირების უზრუნველყოფა; პარალელურად უნდა მოხდეს მაღალმთიანი რეგიონების ხევი, პირიქითა ხევსურეთი, თუშეთი და სვანეთის დანარჩენ საქართველოს დამაკავშირებელი გვირაბების აშენება; იმერეთის, სამეგრელოს, რაჭის, აჭარის და გურიის მაღალმთიან რაიონების საგზაო ქსელის მოდერნიზაცია.

6. ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ საქართველოსათვის ტიპიური ბუნებრივი ლანდშაფტებისათვის სატრანსპორტო თვალსაზრისით მაგისტრალური გზებით მაღალი ქედების გადაკვეთისას მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ გვირაბები პორტალების ნიშნულით ალპური ზონის საზღვრებს ქვემოთ. საქართველოსთვის ეს შეადგენს 1800მ სიმაღლეზე ნაკლებს ზღვის დონიდან (გაადვილებულია გვირაბის პორტალებთან მისასვლელი მონაკვეთების ექსპლუატაცია ზამთრის პირობებში).

7. დასაბუთებულ იქნა საქართველოს მთიან პირობებში „ჩრდილოეთ“, „სამხრეთ“ და რადიალური მიმართულებით ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მოწყობის მიზანშეწონილობა, რეგიონალური თავისებურებების, საზღვრისპირა მაღალმთიან რეგიონებში ქვეყნის თავდაცვისუნარიანობის გაზრდის, ბალნეოლოგიურ-კლიმატური რესურსებისა და მინერალური წყლების რაციონალური გამოყენების, ცენტრალურ რეგიონებთან მთელი წლის განმავლობაში შეუფერხებელი კავშირის გათვალისწინებით,

ნებისმიერ კლიმატურ პირობებში მოძრაობის უწყვეტობის, უსაფრთხოებისა და კომფორტულობის უზრუნველყოფით.

8. შემოთავაზებულია კავკასიონის ქედის მიუვალ მწვერვალებთან (უშბა, უშგული, მწინვარწვერი, ჩხალთა და სხვა) ტურისტული მიზნით ეგრეთწოდებული „კბილანიანი რკინიგზის“ მოწყობა ციცაბო ქანობზე.

9. შემუშავებულ იქნა საქართველოს მთიანი პირობებისათვის ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მოწყობის ძირითადი ტექნიკური პარამეტრები (ლიანდაგის კონსტრუქციული მოწყობის, დაპროექტებისა და მოვლა-შენახვის ძირითადი ნორმები), მათ შორის ლიანდის რამდენიმე სიგანისათვის (1067 მმ, 1000 მმ, 750 მმ , 912 მმ).

10. გაანგარიშებით დასაბუთებულია P50 ტიპის ნაძველარი რელსების (მაქსიმალური 20მმ-იანი დაყვანილი ცვეთით) გამოყენების შესაძლებლობა ვიწროლიანდიან რკინიგზებზე მოძრავი შემადგენლობიდან რელსზე გადაცემული 140 კნ დატვირთვების შემთხვევაშიც კი.

11. დადგენილ იქნა ვიწროლიანდიანი რკინიგზების მშენებლობის ეკონომიკური უპირატესობა დაბალი კატეგორიის მაგარსაფარიანი საავტომობილო გზების მშენებლობასთან შედარებით და 1 კმ-ზე შეადგინა 4509 835 ლარი, ანუ 35 %-ით უფრო იაფი.

12. დადგენილ იქნა, რომ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფუნქციონირებაზე მომქმედი ბუნებრივი და ტექნოგენური ფაქტორები. რეგულირების და კონტროლის განხორციელება შესაძლებელია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაპროექტების სრული ციკლის შესრულებით: ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება, კონსტრუირება და ანგარიში. რეგულირებისა და კონტროლირების მექანიზმის საფუძველია საკანონმდებლო და ნორმატულ-ტექნიკური ბაზა.

13. დადგენილ იქნა, რომ რეგულირებადი და კონტროლირებადი ფაქტორების ფუნქციონირება პრაქტიკისთვის საკმაო სიზუსტით შეიძლება აღიწეროს მათემატიკური განტოლებებით, სადაც ყოველ არგუმენტს ერთი ფუნქციური მნიშვნელობა გააჩნია. კონტროლირებადი, მაგრამ

არარეგულირებადი ფაქტორების ფუნქციონირების აღწერა შეიძლება მრავალწევრა პოლინომის სახით. სადაც ყოველ არგუმენტს რამდენიმე პასუხი აქვს. მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების დადგენა შესაძლებელია მხოლოდ გარკვეული მიახლოებით, მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის მეთოდების გამოყენებით. არარეგულირებად და არაკონტროლირებად ფაქტორებს შორის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის დადგენა შეუძლებელია, შესაძლოა მხოლოდ სისტემის ფუნქციონირების შედეგად მიღებული პარამეტრის მომხდარი ფაქტის შემდეგ დაფიქსირება.

14. შემუშავებულია სატრანსპორტო პროცესის მართვის მათემატიკური მოდელი, რომელიც ეფუძნება დარგის შემოსავლებსა და ხარჯებს შორის ბალანსის განტოლებას, წარმოდგენილი მრუდწიროვანი მრავალწევრა პოლინომის სახით, რაც საშუალებას იძლევა ხარჯებისა და შემოსავლებისგან მსაზღვრელი ფაქტორების ვარირებით ოპტიმალურად წარიმართოს სატრანსპორტო პროცესი.



## გამოყენებული ლიტერატურა

1. კ. მჭედლიშვილი. საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურა, განვითარების შედეგები და პერსპექტივები//ბიზნეს ინჟინერინგი. N2(3), 2012წ. გვ.69. . .79.
2. კ.მჭედლიშვილი, ა.ბურდულაძე და სხვ. საავტომობილო გზები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 2009. – 255 გვ.
3. К.Мчедlishვილი Автотранспортнаяинфраструктура. Проблемы переходного периода// вестник транспорта. N9 Москва, изд. Дороги. 2005. С. 37...41.
4. К. Мчедlishვილი Учет особенностей автотранспортной инфраструктуры при формирований автомобильного парка // Сб. Трудов Грузинского автомобильно-дорожного института N3, Тбилиси. 2007. С. 100...105.
5. В. Демидов. Магистрალი пяти измерении. М.: Знание, 1973. 157 с.
6. Нормативы НИИАТ Автомобильные системы узлы и материалы, нормативы НИИАТ М.: 1994. 115с.
7. კ. მჭედლიშვილი, ა.ბურდულაძე და სხვ. საავტომობილო გზების დაპროექტების საფუძვლები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 2016.- 325გვ.
8. В. Бабков Дорожные условия и безопасность движения. М.:Транспорт. 1978. 287с.
9. Н. Lorentz Trassierung und Gestaltung. Munchen 1987. 478p.
10. World economic forum Executive Opinion Survey. Chapter 1.3, Global competitiveness Report 2016-2017.
11. ზ.გაბედავა, ნ.რურუა, კ.მჭედლიშვილი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტების სერტიფიცირებისა და ლიცენზირების საკითხები // “მშენებლობა”, *ISSN 1512-3936* თბილისი. 2015, #2(37). –გვ.161-164.
12. <http://www.georoad.ge/> საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტამენტის ოფიციალური ვებ-გვერდი

13. კ. მჭედლიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, მ.ფოლადაშვილი. ვიზუალური ინფორმაციის ელექტრონული ჩანაცვლება საავტომობილო გზების დაპროექტებაში // ბიზნეს-ინჟინერინგი, N3 თბილისი 2013. გვ.156. .158.
14. კ.მჭედლიშვილი, მ. ელიზბარაშვილი, პ.ელიზბარაშვილი. ტრანსპორტის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ჩამოყალიბების საკითხისათვის// „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“. N2 (33) 2015. თბილისი. გვ.195. .199.
15. საქართველოს ეროვნული სტანდარტი სსტ GZEBI 2004 „საავტომობილო გზები“ საერთო სარგებლობის გეომეტრიული და სტრუქტურული მოთხოვნები. სტანდარტებისა ტექნიკური რეგლამენტებისა და მეტროლოგიის ეროვნული სააგენტო. თბილისი. 2009. - 53 გვ.
16. К. Мчедlishvili и др. Оценка проектных решения по безопасности движения для автомобильных дорог в равнинной, пересеченной и горной местности. Методические рекомендации. Союздорнии. Москва. 1982. 35 с.
17. <http://railway.ge/> სს „საქართველოს რკინიგზის“ ოფიციალური ვებგვერდი
18. კ. მჭედლიშვილი ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზები საქართველოს მაღალმთიანი რეგიონებისათვის // მაკრო-მიკრო ეკონომიკა, თბილისი, 1999, გვ.40. .42.
19. მ.მოისწრაფიშვილი საქართველოში ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზების ქსელის განვითარება და ნორმატიულ-ტექნიკური ბაზის შექმნის საკითხები // მეცნიერება და ტექნოლოგიები, თბილისი, 2003, N4-6. გვ.54. .56.
20. <https://realt.onliner.by/2014/09/08/bahn> Топ-5 самых необычных железных дорог Швейцарии: как столетие назад инженеры покорили Альпы
21. ზ.გაბედავა, ნ.რურუა, კ.მჭედლიშვილი. ლიანდაგის ზედა ნაშენის ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტების ტექნიკური პარამეტრების შერჩევა ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზებისათვის საქართველოს პირობების გათვალისწინებით // “ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა”, ISSN 1512-3537. თბილისი. 2017, #1(38). –გვ.154-163
22. [http://sinref.ru/000\\_uchebniki/04410\\_leso\\_proizvodstvo/013\\_suhoputni\\_tran\\_sport\\_lesa\\_alabiev\\_1990/086.htm](http://sinref.ru/000_uchebniki/04410_leso_proizvodstvo/013_suhoputni_tran_sport_lesa_alabiev_1990/086.htm) Особенности

проектирования, строительства и эксплуатации узкоколейных железных дорог

23. <http://solar-kitten.livejournal.com/238194.html> Грузия. ужд "Боржоми - Бакуриани"
24. ზ.გაბედავა, ნ.რურუა, კ.მჭედლიშვილი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების პერსპექტივები // "მშენებლობა", *ISSN 1512-3936* თბილისი. 2016, #4(43). –გვ.116-118.
25. Е. Чудаков Боковая устойчивость автомобиля при торможении. М.: Машгиз 1925. 125 с.
26. Т. Двали, В. Махалдиани Механическая тяга в горной местности. М.: Наука 1970. 280 с.
27. Руне Эльвик, Анне Боргеч и др. Справочник по безопасности дорожного движения, Перевод с новрежского М.: МАДТИ. 2001. 754 с.
28. K. Mtchedlishvili. Les particularites de lasecusite de circulation dans les pays d'Afrique de west // Reculie des travaux scientifiques d'universite de Conakry 1988, p 150. . .154.
29. К. Мchedlishvili, Г. Арчвадзе. Совершенствование расчета эксплуатационных расходов автомобилей с учетом конкретных дорожных условия // Транспорт, Тбилиси, 2008. N3-4(31-32). С. 33...35.
30. К. Мchedlishvili, Г. Арчвадзе. Расчет транспортных расходов с учетом конкретных условия эксплуатации автомобилей // Транспорт и машиностроение. Тбилиси. 2009. N2 (14). С. 162...168.
31. К. Мchedlishvili, Т. Курашвили. Современные критерии оценки аварийности на автомобильных дорогах // Транспорт. N3-4(31-32).Тбилиси.2008. С. 22...24.
32. საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტამენტი. საქართველოს საავტომობილო გზები, დღევანდელი დღე და პერსპექტივა/ საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტამენტის ანგარიში, თბილისი, 2016.
33. Robert Laftony Guide pratique mondiale. Paris 1999. E. Robert Laffont. 199p.
34. УКТП Транспорт США. Экономический анализ. М.: Транспорт. 1996. 248 с.

35. К. Мchedlishvili, Г.Арчвадзе. Э. Гегешидзе. Некоторые проблемы финансового и материального обеспечения единой транспортной системы Грузии // Proc. of materials 1st international scientific- practical conference modern management: problems, hypotheses, researches. Batumi 2015. p 118. . 121
36. კ. მჭედლიშვილი. საქართველოს საავტომობილო გზები // „24 საათი“, 15.05.2009. გვ. 6
37. თ. კუპატაძე ამიერკავკასიის რკინიგზის გავწვითარების ძირითადი ეტაპები. თბილისი 2004. - 585 გვ.
38. К. Мchedlishvili, Г. Чкоидзе Расчет суммарных дорожных сопротивлении на дорогах в горной местности для технико-экономического обоснования проективных решения // Транспорт N1(57-58). 2015. Тбилиси. С. 20...24.
39. К. Мchedlishvili, Г. Чкоидзе Экологичность необходимый критерии выбора проектного варианта автомобильной дороги // Транспорт N3-4(59-60) 2015. Тбилиси. С. 33...36.
40. ზ.გაბედავა, ნ.რურუა, კ.მჭედლიშვილი საქართველოს ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების ამოცანები // “მშენებლობა”, *ISSN 1512-3936* თბილისი. 2016, #4(43). –გვ.133-139.
41. Д. Мишкинис и др. Адаптация моделей НДМ к парку транспортных средств // Наука и техника в дорожной отрасли. N4, 2004. М.:изд. Дороги. С. 6...9.
42. <http://ru.knowledgr.com/19337959/> Узкоколейные железные дороги в Австрии
43. <http://ru.knowledgr.com/19357638> Узкоколейные железные дороги в южной америке
44. ნ.რურუა რკინიგზის ლიანდაგის კონსტრუქცია და ტექნიკური მომსახურება. “პოლიგრაფისტი” - თბილისი, 2012. – 507 გვ.
45. საქართველოს მშენებლობის შემფასებელთა კავშირი სამშენებლო რესურსების ფასების კრებული. 2016 წლის მეორე კვარტალი
46. კ. მჭედლიშვილი, ლ. იმნაიშვილი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ოპტიმიზაცია // ტრანსპორტი, თბილისი, 2001, N2. გვ.22. . .26.

47. К. Мchedlishvili, Т. Курашвили. Использование показательной функции для управления фискальной политикой на автомобильном транспорте // Труды ГТУ, Тбилиси, 2005, N2 (256), С.181...185.
48. К. Мchedlishvili, Н. Курбанов Оптимизация процесса развития автомобильной и автотранспортной инфраструктуры // Ученые записки АЗТУ N3 раздел транспорт, связь, энергетика. Баку, 2007, С.53...59.
49. А. Левченко, В. Лернер и др. Организация освоения подземного пространства. М.: ТМП 2002.402 с.
50. ზ.გაბედავა, ნ.რურუა, კ.მჭედლიშვილი სატრანსპორტო პროცესის ეკონომიკური ეფექტურობის ზოგიერთი ამოცანის ამოხსნა კარდანოსა და ფერარის განტოლებებით // "ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა", ISSN 1512-3537. თბილისი. 2017, #1(38). გვ.164-173.
51. сб. трудов ИКТП Развитие сети автомобильных дорог сб. трудов ИКТП. М.: Транспорт 1971. 143 с.
52. Яковлева Т.Г., Шульга В.Я., Амелин С.В. и др.; Под ред. Амелина С.В. и Яковлевой Т.Г. Основы устройства и расчётов железнодорожного пути. М.: Транспорт, 1990. 367 с.
53. МПС РСФСР Строительно-технические нормы. Железные дороги колеи 1520 мм.СТНЦ-01-95. М.: Транспорт, 1995.62 с.
54. С.А. Трескинский Дороги в Горной местности. М.: Транспорт. 1999. 274с.
55. Л. Братчев Горные дороги. М.:ГТИ 1937. 269 с.
56. კ. მჭედლიშვილი, დ.გულუა. საგზაო ფონდის ფუნქციონირების მათემატიკური მოდელი // იურიდიული აზრი. თბილისი. 2000, გვ.28.
57. კ. მჭედლიშვილი. საქართველოს საგზაო ფონდის განვითარების ძირითადი მიმართულებები / სამეცნიერო ტექნიკური ანგარიში. საქართველოს საავტომობილო გზების დეპარტამენტი, თბილისი. 2003. გვ. 103.
58. კ. მჭედლიშვილი, მ.ნადარეიშვილი, გ. ლაფერაშვილი. ავტომობილთა სამოქალაქო პასუხისმგებლობის სავალდებულო დაზღვევის ფუნქციონირების მათემატიკური მოდელი // შსს შრომების კრებული, თბილისი. 1999, გვ.247. . .255

59. К. Мchedlishvili, А. Мchedlishvili, Б. Чумбуридзе. Использование рынка ценных бумаг для финансирования автодорожной отрасли в странах южного кавказа // Сб. трудов Грузинского автомобильно-дорожного института. Тбилиси. 2007. №3, С. 278...280.
60. К. Мchedlishvili, Н. Курбанов. Некоторые особенности финансирования дорожной отрасли в регионе южного кавказа // Ученые записки АзТУ №3. раздел транспорт, связь, энергетика. Баку, 2007. С. 79...84.
61. К. Мchedlishvili, Н. Курбанов. Использование внутренних финансовых ресурсов для развития сети магистральных дорог южного кавказа // Ученые записки АзТУ №3, раздел экономика информатика, Баку. 2007. С. 92...97.
62. ზ.გაბედავა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფინანსური უზრუნველყოფის მექანიზმები // ბიზნეს-ინჟინერინგი”, *ISSN 1512-0538*. [www.business-engineering.bpengi.com](http://www.business-engineering.bpengi.com) თბილისი. 2017, №1-2. გვ. 152-155.
63. Корн Г, Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука. 1987. 47 с.
64. К. Мchedlishvili, Г. Тодუა, Т. Курашвили. Расчет оптимального уровня автомобилизации с помощью уравнений Кардано // Сб. трудов ГТУ. Тбилиси. 2006. №1 (459). С. 81...85.
65. Харафас Д.Н. Системы и моделирование. М.: Мир, 1997. 175 с.